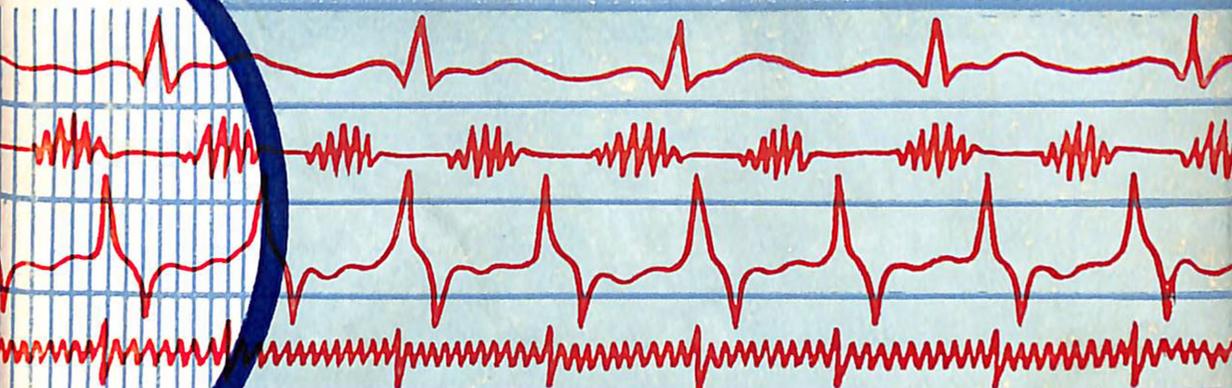
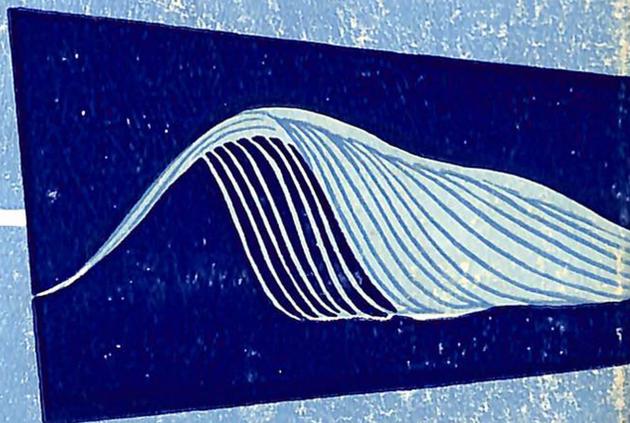


612.6
A234



Двигательная активность и старение



АКАДЕМИЯ МЕДИЦИНСКИХ НАУК СССР
ИНСТИТУТ ГЕРОНТОЛОГИИ
ВСЕСОЮЗНОЕ И КИЕВСКОЕ ОБЩЕСТВО
ГЕРОНТОЛОГОВ И ГЕРИАТРОВ

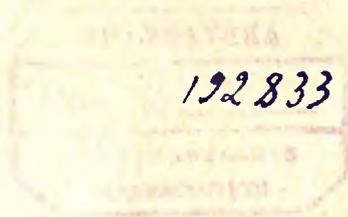
612.6

Δ 234

ДВИГАТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ И СТАРЕНИЕ

МАТЕРИАЛЫ
МЕЖДУНАРОДНОГО СИМПОЗИУМА

Киев, 16—19 апреля 1968 г.



Киев — 1969

п.к.

Участники симпозиума (слева направо)

Первый ряд — проф. В. Т. Стоябин (СССР), канд. мед. наук Г. А. Буткевич (СССР), канд. мед. наук Е. А. Пирогова (СССР), канд. мед. наук Р. Б. Абрамова (СССР), доц. Л. О. Фийк (СССР), Р. Н. Ракитина (СССР), проф. С. Е. Штрауценберг (ГДР), действ. чл. АМН СССР проф. Д. Ф. Чеботарев (СССР), проф. Н. В. Мураов (СССР), проф. Н. А. Аршавский (СССР), проф. В. В. Фролькис (СССР), доктор Н. Астранд (Швеция), проф. П. О. Астранд (Швеция), докт. мед. наук О. В. Коркушко (СССР); второй ряд — доц. Д. Ф. Дежин (СССР), мл. н. сотр. В. Н. Бугаев (СССР), проф. М. Дж. Карвонен (Финляндия), доц. В. К. Сергеев (СССР), доц. Г. Вели (ГДР), проф. В. Н. Максимова (СССР), проф. Р. Е. Мотылянская (СССР), канд. мед. наук С. Ф. Голловченко (СССР), проф. А. Н. Левкова (СССР), доктор мед.

наук А. Я. Миц (СССР), проф. Г. Н. Красносельский (СССР), мл. н. сотр. Э. Г. Янчико (СССР), канд. биол. наук З. Б. Миронюк (СССР), П. Г. Соколов (СССР), мл. н. сотр. В. А. Боер (СССР); третий ряд — З. М. Немайлова (СССР), Р. Ф. Бахтиева (СССР), Н. В. Мугафян (СССР), Ш. Ш. Гасанов (СССР), К. Вишневская-Раишковая (Польша), канд. мед. наук К. Г. Саркисов (СССР), проф. А. Э. Колчинская (СССР), канд. мед. наук Р. П. Белоног (СССР), Н. В. Рашидов (СССР), В. А. Кузьменко (СССР), проф. П. М. Яблоновский (СССР), проф. П. Д. Марчук (СССР), канд. мед. наук В. Н. Артамонова (СССР), доц. Н. Н. Палинов (СССР), Г. К. Червилья (СССР), Э. С. Глуzman (СССР), В. Н. Джемало (СССР), канд. биол. наук К. Т. Соколов (СССР), В. Н. Мирочов (СССР), канд. пед. наук П. П. Дощенко (СССР).



Симпозиум
«МЫШЕЧНАЯ
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ
И ФУНКЦИИ
ОРГАНИЗМА
ПРИ СТАРЕНИИ»

16—19 апреля
1968 г., Киев

ACADEMY OF MEDICAL SCIENCES
INSTITUTE OF GERONTOLOGY OF THE USSR

ALL-UNION AND KIEV-CITY
GERONTOLOGICAL SOCIETY

MOTOR ACTIVITY AND AGING

Kiev — 1969

Ответственный редактор
профессор *И. В. Муравов*

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Профессор *И. А. Аршавский*, профессор *Г. И. Красносельский*, профессор *В. Н. Максимова*, профессор *Н. Б. Маньковский*, профессор *В. В. Фролькис*, действ. член АМН СССР, профессор *Д. Ф. Чеботарев*, профессор *И. М. Яблоновский*, канд. мед. наук *Е. А. Пирогова* (отв. секретарь).

БФ33847 Подписано к печати 28/VII 1969 г. Зак. 1583. Формат 60×90^{1/16}. Физ. печ. лист 23,75. Усл. печ. лист 23,75. Учетн.-изд. лист 23,55. Бум. тип. № 1. Тираж 5000.
Цена 1 руб 80 коп

4-я военная типография.

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО

Изучение вопросов двигательной активности в проблеме геронтологии и гериатрии имеет большую историю. Еще Х. Гуфеланд и И. И. Мечников рассматривали систематическую мышечную деятельность как одно из важнейших условий здоровой и длительной жизни. Важное значение физическим упражнениям как средству борьбы с преждевременным старением придавал А. А. Богомолец.

Большой интерес геронтологов к двигательной активности не случаен. Мышечная деятельность является не только наиболее сильным, но и самым естественным стимулятором физиологических функций организма. Однако, закономерность обращения специалистов, разрабатывающих проблему старения и борьбы за активное творческое долголетие, к вопросам влияния двигательной активности на стареющий организм определяется не только этим.

Здоровье, работоспособность и особенности старения организма человека во многом зависят от образа его жизни. Если учесть при этом, как резко уменьшаются физические усилия в труде и быту современных людей, то становится ясно, что по мере научно-технического прогресса потребность в мышечной деятельности для организма значительно возрастает. Признание этого положения, однако, не только не решает, но, напротив, выдвигает целый комплекс вопросов физиологического обоснования рационального двигательного режима человека на разных этапах его индивидуальной эволюции.

Все сказанное выше определяет исключительный интерес, который приобретает в наши дни изучение влияния мышечной деятельности на стареющий организм с целью отыскания путей и методов стимуляции его функций. Разработка этого направления в нашей стране осуществляется не только систематическими исследованиями института геронтологии АМН СССР, но и деятельностью целого ряда других, тесно связанных с ним, научных учреждений.

Настоящему симпозиуму предшествовал в нашей стране целый ряд творческих дискуссий, на которых обсуждались геронтологические аспекты физической культуры (конференция «Двигательный режим и старение» — Киев, 1960 год; симпозиум «Образ жизни и старение человека» — Киев, 1965 год;

симпозиум «Активный двигательный режим людей среднего и пожилого возраста» — Пятигорск, 1966 год; конференция «Физическая культура и долголетие» — Баку, 1967 год).

Проводимые в СССР исследования тесно связаны с работами, ведущимися в этом направлении за рубежом. К настоящему времени исследователями собран в этом направлении большой фактический материал, высказан ряд интересных, хотя и противоречивых положений, сделаны некоторые обобщения, углубляющие представления о значении мышечной деятельности для стареющего организма.

В связи с вышеизложенным, особый интерес для дальнейшего изучения вопросов двигательной активности приобретает дискуссия, в которой могли бы быть критически обсуждены результаты многочисленных работ, подведены итоги всему тому ценному, что сделано советскими и зарубежными исследователями в этом направлении и намечены перспективы дальнейших творческих поисков.

Все это объясняет мотивы, заставившие нас организовать Международный симпозиум, в котором принимают участие ведущие ученые Советского Союза и зарубежных стран. Мы рады приветствовать в качестве участников симпозиума специалистов нашей страны, а также ученых, прибывших к нам из Болгарии, Германской Демократической Республики, Польской Народной Республики, Финляндии и Швеции.

В качестве основы для творческих дискуссий мы избрали наиболее важные кардинальные вопросы проблемы: общие закономерности влияния мышечной деятельности на стареющий организм; возрастные особенности реакций организма при физических нагрузках; влияние гипокинезии на стареющий организм; двигательная активность и профессиональная деятельность стареющего организма; влияние физической тренировки на стареющий организм и роль физических упражнений в функциональной диагностике людей пожилого и старческого возраста.

Международный симпозиум, таким образом, призван всесторонне рассмотреть одно из наиболее актуальных направлений геронтологии. Можно не сомневаться в том, что дискуссии на предстоящих заседаниях будут плодотворными. Залогом этого является не только состав участников симпозиума, представляющих в своем лице современный уровень науки, но и цель, которая всех нас объединяет — стремление использовать знания в области мышечной деятельности для укрепления здоровья, повышения работоспособности и продления активного, творческого долголетия человека.

Д. Ф. ЧЕБОТАРЕВ

Действительный член АМН СССР, профессор

Институт геронтологии АМН СССР, Киев

**1. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ
ВЛИЯНИЯ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
НА СТАРЕЮЩИЙ ОРГАНИЗМ**

ДВИГАТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ В РЕГУЛИРОВАНИИ ФУНКЦИЙ ОРГАНИЗМА ПРИ СТАРЕНИИ

И. В. МУРАВОВ

Институт геронтологии АМН СССР, Киев

«Движение, как таковое, может по своему действию заменить любое средство, но все лечебные средства мира не могут заменить действие движения», — утверждал выдающийся клиницист XVIII века Тиссо. Поразительно, но факт — эти слова, в которых звучит наивная и страстная вера в могущество лечебного действия движений, приобретают особую достоверность именно в наше время.

Нет необходимости специально обосновывать это: возникновение и широчайшее распространение лечебной физкультуры как эффективного средства терапии подавляющего большинства заболеваний, расширение возрастного диапазона применения средств физической культуры от младенческого возраста до глубокой старости, широкое внедрение занятий физическими упражнениями в труд и повседневный быт убедительно доказывают увеличивающуюся роль мышечной деятельности в жизни современного человека.

Если отдать себе отчет в том, что этот процесс происходит в условиях бурных, поистине эпохальных успехов хирургии, лекарственной терапии и других методов лечения, то поневоле приходится задуматься о его причинах.

Фактический материал, полученный коллективом сотрудников лаборатории физиологии двигательного режима института геронтологии АМН СССР, позволяет понять причины возрастающего значения двигательной активности и вместе с тем оценить возможности и конкретные пути использования мышечной деятельности как эффективного средства укрепления здоровья, повышения работоспособности и достижения активного долголетия.

Результаты исследований позволяют, прежде всего, ответить на вопрос: с чем связана растущая роль движений как средства лечения и профилактики заболеваний, как одного из условий долгой и деятельной жизни?

I. Недостаток двигательной активности и старение

Проведенные нами экспериментальные исследования и клинические наблюдения свидетельствуют о том, что возрастающее значение двигательной активности как эффективного лечебно-профилактического средства связано с увеличением в наши дни потребности организма в мышечной деятельности.

Непосредственной причиной возрастающей потребности организма в мышечной деятельности является ограничение его двигательной активности — гипокинезия, вызванная условиями жизнедеятельности, всем образом жизни человека. Если потребность в движениях не удовлетворяется, то в организме развиваются глубокие нарушения функции и структуры целого ряда органов, регуляции обмена веществ и энергии.

Эти изменения видны прежде всего в состоянии перво-мышечного аппарата. Определяя в эксперименте на животных время плавания с грузом, равным $1/15$ веса тела, мы смогли отметить значительное снижение мышечной работоспособности. Связанный — как показали микроскопические исследования — с атрофическими и деструктивными изменениями скелетных мышц, этот факт является далеко не центральным во влиянии гипокинезии на стареющий организм.

Основную роль в развивающихся изменениях играют нарушения функции и структуры внутренних органов и, в особенности, сердечно-сосудистой системы. Проведенные нами исследования обнаружили (И. В. Муравов, 1965, 1968) нарушения кровообращения в системе коронарных сосудов — венозный стаз, лимфоидно-клеточную инфильтрацию ткани миокарда. Существенные нарушения отмечаются также в легких и печени. Все эти данные позволяют утверждать — основной мишенью влияния гипокинезии является не только двигательный аппарат, но и внутренние органы. Именно в этом заключается принципиальная особенность эволюции наших взглядов: от описанной на заре развития общей патологии «атрофии от бездействия» отдельного органа — до представления о комплексе глубоких нарушений во всем организме, вызванном гипокинезией.

Только с этой точки зрения становится понятным наиболее важный результат влияния ограниченного двигательного режима — резкое сокращение продолжительности жизни в условиях гипокинезии. Показательно, что особенно пагубное воздействие оказывает ограничение двигательной активности на постаревший организм (рис. 1). Анализ возрастных особенностей влияния гипокинезии содержит статья нашего сотрудника В. А. Босра в настоящем сборнике.

Важно подчеркнуть, что преждевременная гибель животных в условиях гипокинезии — лишь финал длительного процесса, который в течение известного периода времени не проявляется в заметных изменениях. Однако сказывается на всем уровне течения физиологических процессов. Используя принцип оценки возрастных особенностей нейро-гуморальной регуляции (В. В. Фролькис, 1963 и др.), мы смогли показать, что в усло-

Влияние гипокинезии на физическое развитие, мышечную работоспособность и продолжительность жизни белых крыс ($M \pm m$)

Группы	Вес, г		Периметр плеча, мм		Мышечная работоспособность (плавание), сек.		Длительность жизни с начала опыта дни	
	до опыта	через 2 мес.	до опыта	через 2 мес.	до опыта	через 2 мес.		
Опытная	293,6 $\pm 9,3$	205,8 $\pm 13,6$	36,6 $\pm 0,3$	36,4 $\pm 0,5$	302,2 $\pm 19,5$	69,1 $\pm 10,5$	82,2 $\pm 3,5$	
Контрольная	292,8 $\pm 14,1$	312,4 $\pm 13,8$	36,8 $\pm 0,9$	36,6 $\pm 1,1$	304,1 $\pm 30,9$	379,7 $\pm 57,6$	529,0 $\pm 45,0$	
Коэффициент достов. различий	T	0,05	5,50	0,21	0,17	0,05	5,50	9,89
	P	>0,1	<0,001	>0,1	>0,1	>0,1	<0,001	<0,001

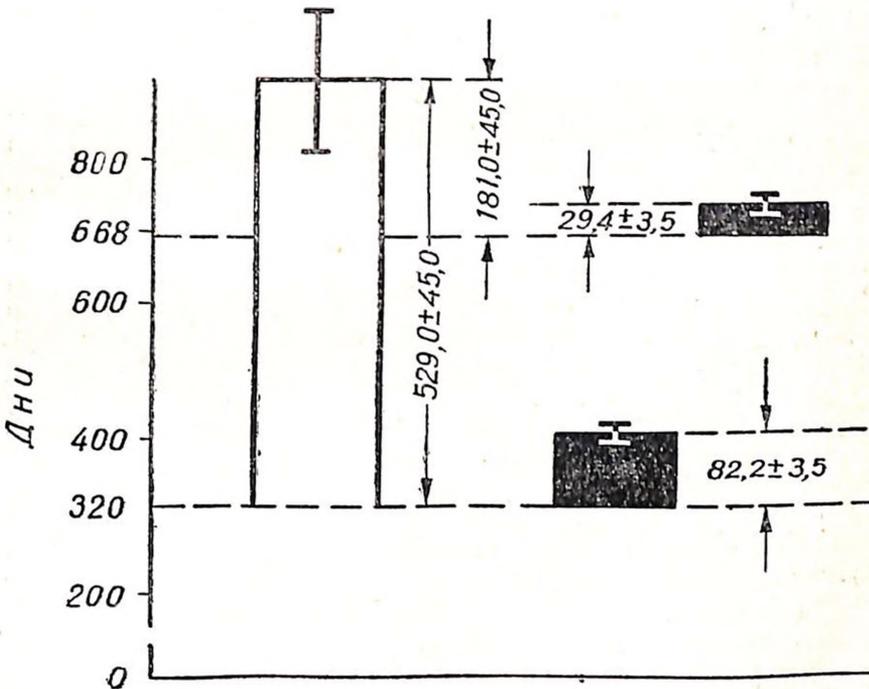


Рис. 1. Влияние гипокинезии на продолжительность жизни белых крыс.

Белым столбиком обозначена длительность жизни половозрелых (10,5 мес.) крыс контрольной группы; черными — крысы, подвергнутых в разные возрастные периоды воздействию гипокинезии.

виях гипокинезии ускоряется формирование «старческого» механизма регуляции функционального состояния тканей, который характеризуется повышением чувствительности к гуморальным и снижением чувствительности их к нервным раздражителям.

Таким образом, полученный нами фактический материал указывает на то, что значительное сокращение двигательной активности приводит к развитию целого ряда нарушений и, в конечном счете, к наступлению преждевременного старения.

Несомненно, условия гипокинезии неестественны для организма животных и человека. Однако важно подчеркнуть два аспекта изучения, которые делают ее важной для широкого круга проблем двигательной деятельности и всего образа жизни человека.

Во-первых, условия гипокинезии наиболее ярко обнаруживают значение мышечной деятельности как источника мощных стимулирующих влияний, которые необходимы для жизнедеятельности организма и нормального развития возрастных изменений.

Во-вторых, изучение гипокинезии в наши дни — далеко не чистая теория. Есть серьезные основания считать, что гипокинезия пронизывает весь образ жизни современного человека, причем влияние этого фактора в ходе научно-технического прогресса резко возрастает.

Вот несколько фактов. Усиливающиеся темпы развития техники, бурный рост энерговооруженности труда «вытесняют» физические усилия из жизни современного человека. О масштабах этого вытеснения можно судить по косвенному показателю — мировой выработке электроэнергии в XX веке, увеличившейся с 9 млрд. квт/ч в 1890 г. до 950 в 1954 г. и до 1800—1900 млрд. квт/ч в 1960 г. Это и приводит к тому, что за последние сто лет доля мышечных усилий во всей вырабатываемой человечеством энергии сократилась с 94% до 1% (А. И. Берг, 1964).

Конечно, нельзя говорить о прямой зависимости между количеством используемой человеком «извне» энергии и степенью испытываемой им гипокинезии — достижения технической мысли далеко не сводятся к замене одних источников энергии другими. Однако, хотя все больше расширяется объем используемой человечеством энергии, удельный вес мышечной деятельности в нем с каждым годом сокращается.

Действительно, физиологический анализ труда позволяет обнаружить, что через всю историю производства проходит тенденция переносить деятельность с крупных мышечных групп на мелкие (Г. Мюнстерберг, 1923). В перспективе к этому пути ограничения двигательной деятельности добавятся еще один: создание манипулирующих устройств типа экзоскелетона и шагающих машин, разгружающих опорно-двигательный аппарат человека и одновременно увеличивающих за счет посторонних источников энергии силу его мышц (Е. П. Коструб, Ф. В. Романов, 1968). Такие механизмы позволяют человеку уже сегодня без особых затрат энергии поднимать и переносить груз в 450—680 кг; разрабатываемые же устройства позволяют поднимать одной рукой груз весом в 1 тонну.

Уже сейчас ясно, что физическая активность в условиях современного производства является фактором, благоприятно влияющим на здоровье и трудоспособность. Именно у людей умственного труда ведущие клиницисты технически развитых

стран отмечают широкое распространение целого ряда заболеваний, проявляющихся главным образом в нарушениях деятельности сердечно-сосудистой системы и связанных с недостатком движений (М. Hochrein und I. Schleicher, 1955, 1960; Н. Kraus, В. Р. Hirschland and K. Hirschhorn, 1956; W. Raab, 1958; E. A. Morris and M. D. Crawford, 1958; E. A. Müller, 1958; И. В. Давыдовский, Л. А. Гулина, 1961; Г. Х. Шахбазян, 1965; и др.). Представления о своеобразном «защитном» действии физической активности, противостоящей развитию распространенных заболеваний органов кровообращения — коронарного и церебрального атеросклероза, гипертонической болезни и инфаркта миокарда (Н. Н. Кипшидзе, 1958; W. Raab, 1959; Н. W. Knipping und and., 1960; W. Hollmann, 1961, 1964; Н. Mellerowicz, 1961; Л. И. Медведь, 1964; И. А. Рывкин, 1964; Э. Э. Кристер, 1964; К. М. Шерстнев и др., E. Jokl, 1964; Е. И. Стеженская, 1965; И. М. Ганджа, 1966; и др.) подтверждают значение дефицита движений как фактора важнейшей по удельному весу и значению патологии.

II. Восполнение дефицита движений или средство направленного воздействия?

Возникает вопрос: сводится ли вся проблема к необходимости восполнить двигательную недостаточность, «дефицит» физических усилий, вытесняемых всем ходом научно-технического прогресса? Следует подчеркнуть — именно такой взгляд на систему средств и методов физической культуры, используемых с лечебно-профилактическими целями, является общераспространенным.

Результаты проведенных нами исследований (И. В. Муравов, 1965, 1966) позволяют прийти к противоположному выводу: значение мышечной деятельности и занятий физическими упражнениями далеко не сводится к компенсации «дефицита» движений, возникающего в условиях современной производственной деятельности и всего образа жизни. Мышечная деятельность является средством направленного воздействия, регулирования функциональных систем организма.

Выяснение этой возможности, приобретающей исключительное значение для стимуляции функций стареющего организма, связано с изучением динамической структуры двигательного акта. К настоящему времени в физиологии мышечной деятельности утвердилось представление о том, что реакции кровообращения и дыхания, сдвиги обмена веществ и энергии находятся в прямой пропорциональной зависимости от интенсивности выполняемой за единицу времени нагрузки, иначе говоря — от мощности работы. Обоснованная многочисленными исследованиями, выполненными в лабораториях ряда стран (A. Krogh und J. Lindhard, 1912, 1917; A. Means und L. Newburg, 1915; J. Lindhard, 1915; N. Boothby, 1915; G. Liljestrand und J. Lindhard, 1920; G. Liljestrand und N. Stenström,

1920; К. Х. Кекчев, 1931; E. Christensen, 1932; M. Boigey, 1933; Г. П. Конради, А. Д. Слоним, В. С. Фарфель, 1934; А. Н. Крестовников, 1937; 1939; J. Vargcroft, 1937; В. Б. Либрман, 1939, Н. В. Зимкин, А. В. Коробков и Я. Б. Лехтман, 1953; G. Lehmann, 1953; J. Rutenfranz, 1960; и др.), эта зависимость рассматривается по существу как единственная форма взаимосвязи между особенностями физической нагрузки и сдвигами вегетативных функций.

Результаты проведенных нами исследований (И. В. Муравов, 1958, 1960; К. Т. Соколов, 1964; Е. А. Пирогова, 1965, 1966), подтвердив эту зависимость для лиц разной тренированности и возраста, вместе с тем, показали, что вышеуказанное «правило интенсивности» оказывается действительным лишь для тех форм мышечной деятельности, которые связаны с неизменным двигательным стереотипом. Напротив, изменение динамической структуры двигательного акта приводит к таким сдвигам вегетативных функций, которые совершенно не укладываются в общезвестную зависимость.

Исследования, проведенные З. Б. Мироновой и нами (И. В. Муравов, 1963, 1965, 1966; З. Б. Миронова, 1965, 1967), показали, что каждому физическому упражнению, отличающемуся от другого по топографии и последовательности включения мышечных групп, а также по характеру развиваемых ими усилий, соответствует своеобразное, присущее только ему одному соотношение реакций кровообращения и дыхания, сдвигов обмена веществ и энергии. Это позволяет говорить о качественно отличном влиянии на организм (своеобразном «функциональном профиле») каждого из видов мышечной деятельности, каждого из сотен тысяч известных физических упражнений.

Особенный интерес приобретает то обстоятельство, что, видоизменяя определенным образом структуру двигательного акта, удается вызвать изменения в одной какой-либо функции. Так, вовлечение в деятельность дополнительных мышечных групп при выполнении приседаний сопровождается снижением пристога частоты сердечных сокращений и укорочением времени восстановления этого сдвига, тогда как величина и длительность реакций артериального давления изменяются едва ощутимо. Напротив, изменение характера выполнения движений (наклоны туловища) за счет включения элементов пружинности в двигательный акт, совершенно не влияя на изменения деятельности сердца, резко сказывается на сдвигах артериального давления (рис. 2). Показательно, что эти, резко выраженные и противоположные по своей направленности, изменения формируются при практически неизменных сдвигах газообмена (табл. 2).

Приведенный фактический материал свидетельствует о том, что динамическая структура двигательного акта является фактором регулирования, средством направленного, избирательного

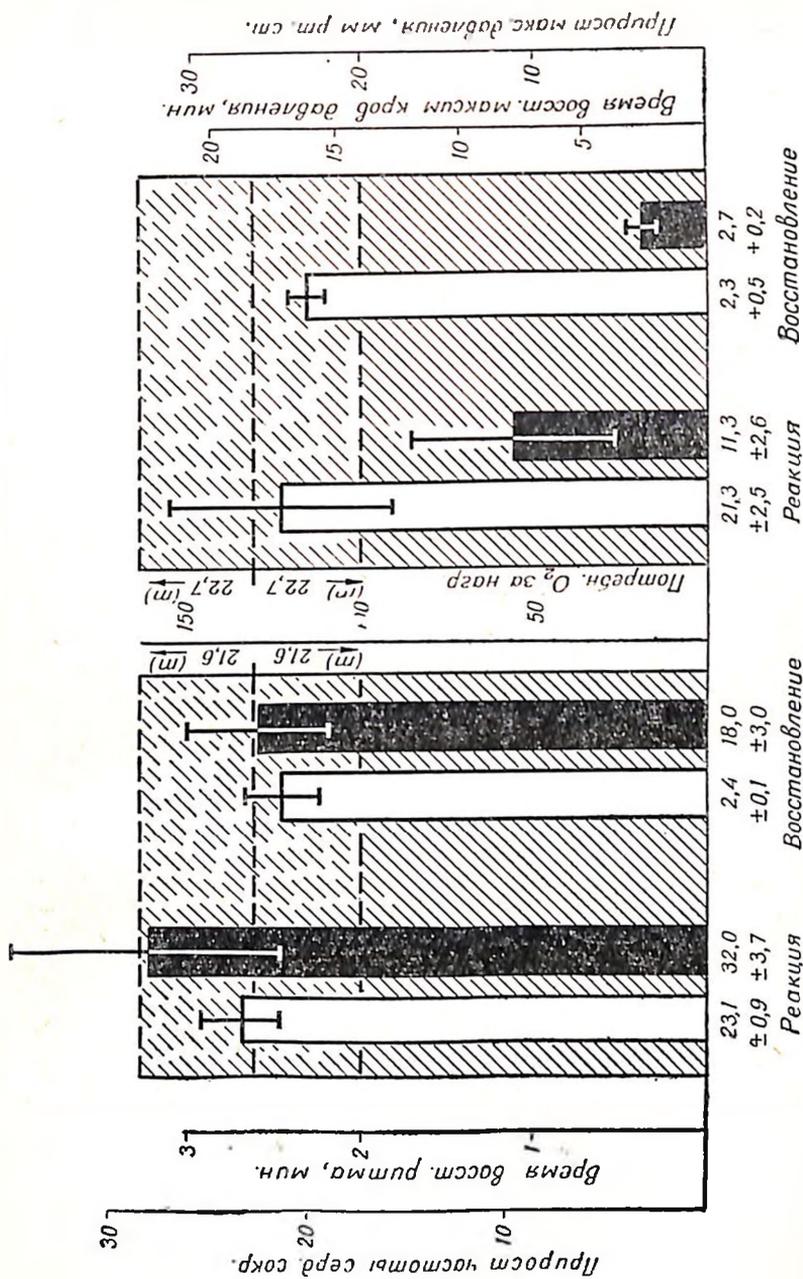


Рис. 2. Соотношение между уровнем потребления кислорода и реакциями сердечно-сосудистой системы при двух физических нагрузках — обычных (слева) и т. н. «пружинящих» (справа) наклонах у женщин 50—59 лет. Заштрихованными прямоугольниками изображен прирост потребления кислорода; белыми столбиками — величина реакции и длительность восстановления ритма сердечных сокращений; черными — максимального кровяного давления.

Соотношение различных показателей реакций сердечно-сосудистой системы и газообмена женщин 50—59 лет при разных вариантах изменения структуры двигательного акта ($M \pm m$)

Характер изменения структуры движения	Вид упражнений	Показатель	Прирост числа сердечных сокращений		Артериальное давление		Прирост потребления кислорода за нагрузку, мл
			за нагрузку и восстановление	за 15 мин. восстановительного периода	прирост максимального давления мм рт. ст.	время восстановления, мин.	
Включение дополнительных мышечных групп	Простые приседания	M	87,7	50,3	41,3	10,1	189,2
		$\pm m$	8,5	0,6	6,4	1,5	41,2
	«Круглые» приседания	M	31,9	0,5	25,1	5,5	200,6
		$\pm m$	8,5	7,1	3,9	1,1	46,6
Изменение характера выполнения упражнений	Коэффициенты достоверности различий	T	4,63	7,01	2,15	2,46	0,18
		P	<0,001	<0,001	<0,05	<0,05	>0,10
	Обычные наклоны	M	10,95	-11,61	32,0	18,0	129,6
		$\pm m$	13,4	13,2	3,7	3,0	21,0
Пружинящие наклоны	M	8,17	-13,12	11,25	2,67	146,7	
	$\pm m$	11,9	10,9	2,6	0,2	16,4	
Коэффициенты достоверности различий	T	0,16	0,09	4,62	5,43	0,63	
	P	>0,10	>0,10	<0,001	<0,001	>0,10	

рательного влияния на функции организма. Следует при этом иметь в виду два существенных обстоятельства.

Во-первых, хотя регулирующая роль мышечной деятельности реализует свое влияние, естественно, в процессе выполнения упражнений, однако связанные со структурой двигательного акта изменения могут именно в это время не проявляться, четко обнаруживаясь в восстановительном периоде (табл. 3).

Как видно из табл. 3, изменение характера выполнения упражнений за счет включения элементов пружинности сказывается на деятельности сердца лишь у женщин 17—26 лет, причем только в восстановительном периоде.

Во-вторых, отсутствие сдвигов одной или нескольких функций, регистрирующееся при изменении какого-либо из параметров двигательного акта, во все не означает, что организм вообще не испытывает влияния регуляторного фактора. Если судить

по изменению частоты сердечных сокращений, включение элементов пружинности не оказывает влияния на организм женщин 50—59 лет (табл. 3). Такой вывод, однако, был бы совершенно неверным — результатом изменения характера движения являются резко выраженные преобразования реакций артериального давления, отмеченные в тех же исследованиях (рис. 2).

Это положение в полной мере относится и к таким общим показателям функционального состояния организма как газообмен и частота сердечных сокращений, сдвиги которых при изменении структуры движения могут оставаться практически одинаковыми, тогда как реакции других показателей в этих условиях резко изменяются.

Таблица 3

Прирост числа сердечных сокращений при выполнении наклонов туловища разного типа у женщин разного возраста ($M \pm m$)

Возраст	Особенности наклонов	В период		
		нагрузки	восстановления	нагрузки и восстановления
17—26 лет	Обычные	34,4 $\pm 3,5$	12,0 $\pm 9,2$	46,4 $\pm 11,4$
	Пружинящие	33,3 $\pm 2,3$	-38,0 $\pm 12,5$	4,8 $\pm 13,5$
	Коэффициенты достоверности различий	T 0,28 P >0,1	3,22 <0,01	2,90 <0,01
50—59 лет	Обычные	23,1 $\pm 0,9$	-11,6 $\pm 13,2$	10,9 $\pm 13,4$
	Пружинящие	21,3 $\pm 2,5$	-13,1 $\pm 10,9$	8,2 $\pm 11,9$
	Коэффициенты достоверности различий	T 0,69 P >0,1	0,09 >0,1	0,16 >0,1

Результаты проведенных в нашей лаборатории исследований указывают на то, что вопреки распространенным представлениям (E. Hansen, 1931; H. A. Арнольди, 1940; R. R. Seyers, 1942; D. Durand, C. Saunier, 1959; J. S. Maritz and oth., 1961; и др.) ни потребление организмом кислорода, ни величина гемодинамических реакций не возрастают пропорционально массе работающих мышц, если при этом изменяется структура движения.

Качественное своеобразие реакций сердечно-сосудистой и дыхательной систем при упражнениях различной внешней структуры может быть понятно как результат формирования различных по своему характеру рефлекторных влияний с двигательного аппарата на вегетативные функции (моторно-висцеральные рефлексы — М. Р. Могендович, 1957, 1962). В свете современных представлений о регионарности реакций как принципе регуляции кровообращения в организме, полученные нами факты указывают на то, что двигательный аппарат нельзя рассматривать как «мышечный массив», являющийся источником совершенно равноценных, изменяющихся лишь с переменной интенсивности физической нагрузки, влияний на деятельность внутренних органов. Напротив, моторно-висцеральные рефлексы, возникающие при включении различных мышечных групп, весьма существенно специализированы.

Причин своеобразной «избирательности» рефлекторных влияний с двигательного аппарата может быть несколько. Нашими прежними исследованиями (И. В. Муравов, 1965, 1966; З. Б. Миронова, 1966, 1967), было показано, что существенное значение среди них принадлежит взаимодействию моторно-висцеральных рефлексов. По-видимому, не столько специфичность отдельных проприоцептивных рефлексогенных зон, сколько взаимодействие рефлекторных влияний с двигательного аппарата определяет особенности формирования вегетативных сдвигов определенного типа. Среди различных вариантов этих реакций особенного внимания заслуживает связанное с изменением структуры двигательного акта снижение величины и длительности восстановления сдвигов кровообращения и дыхания, которое отмечается в определенных условиях несмотря на увеличение механической работы (табл. 2, рис. 2). Принципиальная возможность такого типа реакций заставляет пересмотреть сложившиеся взгляды на влияние мышечной деятельности. Как видно из приведенных фактов, представление о сущности вегетативных изменений, происходящих в организме при мышечной деятельности как о нагрузке («физическая нагрузка») или о напряжении («функциональное напряжение») не исчерпывает всего многообразия отмечающихся в этих условиях явлений.

Что может дать для практики выяснение роли структуры двигательного акта как фактора регулирования функциональных систем организма? Нам представляется, что очень много. Если сейчас со знанием дела мы можем влиять физическими упражнениями лишь на двигательную функцию, которая, будучи предельно «обнаженной», легко контролируется, то знание основных закономерностей регулирующего влияния мышечной деятельности позволит целенаправленно и эффективно

влиять как на функциональные возможности двигательного аппарата, так и на состояние внутренних органов. Конкретные доказательства этой возможности позволяют по-новому оценить воздействие физической тренировки на функции организма.

III. Физическая тренировка и функциональная эволюция организма

Уже тот факт, что отдельной физической нагрузке, связанной с определенной топографией включающихся мышц и характером развиваемых усилий, свойственна четко выраженная специфичность функциональных изменений, заставляет задуматься над вопросом: соответствует ли в полной мере действительности представление о том, что воздействие целых систем физических нагрузок — тренировочных режимов — приводит к самой общей и совершенно недифференцированной стимуляции функций организма?

Еще со времени работ П. Ф. Лесгафта (1912), М. Wojcey (1923), McKenzie (1924) и F. Vainbridge (1927), в физиологии мышечной деятельности установилось представление об общестимулирующем влиянии физической тренировки на функциональное состояние внутренних органов и, прежде всего, сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Этот взгляд явился в известной степени результатом накопления данных о том, что ни одна система организма не остается незатронутой под влиянием занятий физическими упражнениями. Такое представление совершенно обосновано большим количеством фактов, однако ни один из них не указывает на то, что эффект физической тренировки реализуется в совершенно недифференцированных воздействиях на деятельность внутренних органов.

Полученные нами результаты свидетельствуют о противоположном и позволяют считать, что каждой из систем физической тренировки присуща определенная специфичность влияния на вегетативные функции организма.

Так, К. Т. Соколову, при исследовании двух экспериментальных видов тренировки, один из которых был связан с динамической работой дельтовидных мышц, а другой — с их статическими усилиями, удалось установить качественную разницу во влиянии этих различных воздействий на сдвиги легочной вентиляции и газообмена у людей 60—69 лет (рис. 3). Как видно из приведенного рисунка, суммарное увеличение легочной вентиляции во время односторонней стандартной нагрузки и в течение пяти минут отдыха (избыток ЛВ) под влиянием повторного выполнения динамических упражнений обнаруживает снижение (T различий равно 2,38; $P < 0,05$).

Влияние статических усилий проявляется в противоположном (T равно 2,87; $P < 0,02$) сдвиге этого показателя. Противоположны по направлению и еще более значительно выражены также изменения кислородного долга. Вместе с тем, пока-

затели функционального состояния сердечно-сосудистой системы не обнаруживают существенных различий, которые находились бы в зависимости от характера применяющихся воздействий. Обнаруживаемая специфичность влияния различных методов физической тренировки, как свидетельствуют исследования, проведенные в последние годы в нашей лаборатории, не ограничивается дыханием и газообменом. Функция сердечно-сосудистой системы также подчиняется этой зависимости.

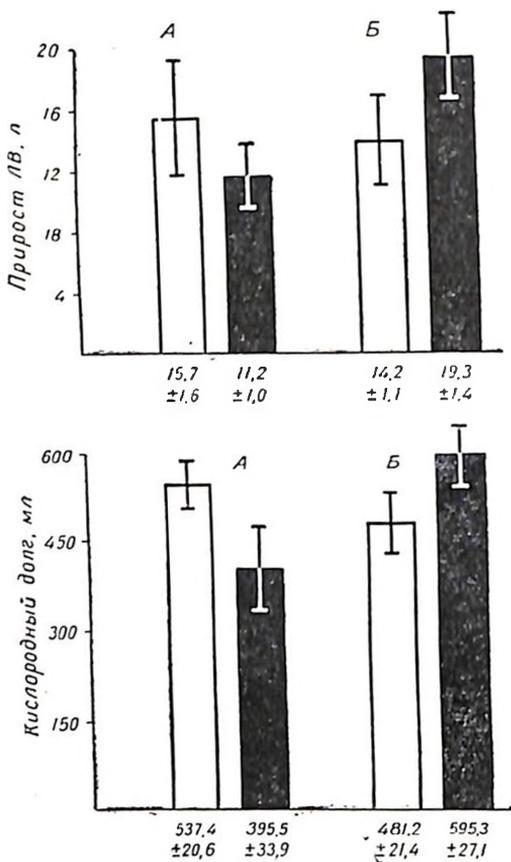


Рис. 3. Влияние различных видов тренировки мужчин 60—69 лет на изменения легочной вентиляции и потребления кислорода в условиях выполнения стандартной физической нагрузки.

А — тренировка с динамическими нагрузками;
Б — со статическими нагрузками.

экономизация сдвигов ритма сердечных сокращений (с $22,7 \pm 3,7\%$ до тренировки до $15,9 \pm 3,1\%$ после шести месяцев занятий). Напротив, у испытуемых, подвергшихся воздействию специальной тренировки в статических усилиях, наблюдается увеличение амплитуды прироста ритма сердечной деятельности (с $25,9 \pm 2,8$ до $36,6 \pm 3,1$ уд. в мин.).

Эти противоположные по своему направлению изменения

Так, исследования изменений деятельности сердечно-сосудистой системы у людей 60—69 лет под влиянием двух различных систем физической тренировки — занятий физическими упражнениями в группах здоровья и тренировки в статических усилиях, проводимой в лабораторных условиях — позволили установить существенную разницу, которая наиболее четко проявляется в условиях выполнения стандартной нагрузки.

При этом у людей, занимавшихся различными физическими упражнениями в группах здоровья, отмечается

здоровья, отмечается

происходят при сходе ряда других сдвигов кровообращения и дыхания у исследуемых, занимавшихся физическими упражнениями по различным методикам. Так, несмотря на некоторые количественные отличия, направление изменений мышечной работоспособности, а также степени расхождения между фактической и должной длительностью электрической систолы сердца, показателей артериального давления, легочной вентиляции и потребления кислорода сохраняется одинаковым.

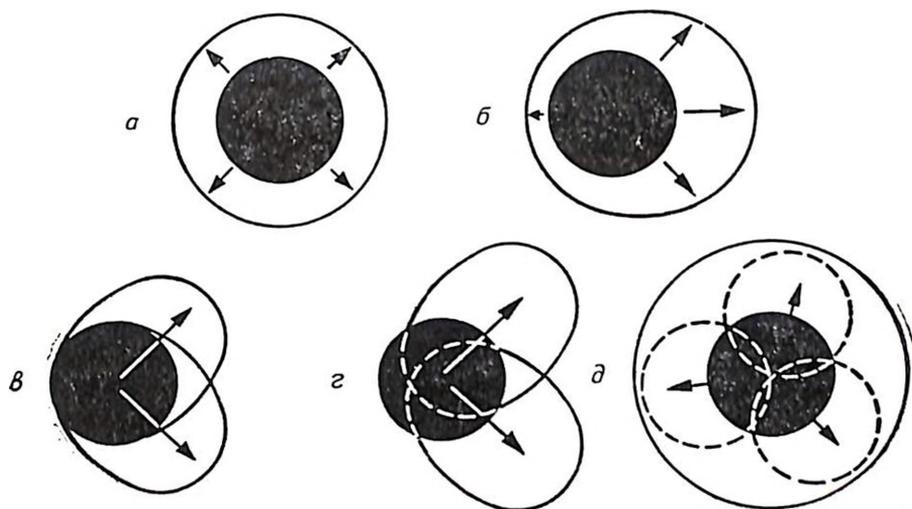


Рис. 4. Схематическое изображение влияния физической тренировки на функции организма.

Таким образом, достигающееся под влиянием физической тренировки, улучшение адаптации организма к мышечной деятельности может проявляться в различных по направлению изменениях реакций функциональных систем. Схематически влияние физической тренировки на стареющий организм может быть представлено следующим образом (рис. 4).

Воздействие физической тренировки, связанной — в ее элементарных формах — с овладением каким-либо двигательным навыком и совершенствованием его приводит не к равномерному (рис. 4а) расширению двигательных и вегетативных реакций организма, а к преимущественному развитию определенных возможностей организма (рис. 4 б, в). Более того, достигающееся в процессе тренировки улучшение адаптации организма к одним воздействиям нередко сопровождается снижением возможностей приспособления к другим. Достижение нового качественного состояния в ходе физической тренировки может осуществляться не только за счет приобрете-

ния новых функциональных возможностей, но и за счет утраты некоторых прежних (рис. 4 г).

Вот конкретные доказательства такой возможности. В исследованиях, проведенных нами совместно с И. Г. Соколовой и Э. Г. Яненко, изучались различные показатели двигательной функции у 37 практически здоровых мужчин 60—69 лет до и после восьминедельной физической тренировки. Были применены две различные методики занятий: одна с преимущественным использованием упражнений силового характера и другая, в которой основное место занимали упражнения типа «на выносливость». Результаты исследований показали, что под влиянием этих разных видов физической тренировки отмечаются неравномерные, а в ряде случаев и противоположные изменения различных сторон двигательной функции (табл. 4).

Так, конечным результатом влияния обеих систем тренировки является повышение мышечной работоспособности, регистрирующееся в условиях часовой работы на кистевом эргографе. Это находит свое отражение в увеличении количества работы, выполняемой при записи одной эргограммы и повышении плотности работы за счет относительного уменьшения времени, расходуемого на отдых. Обращает на себя внимание, однако, тот факт, что влияние тренировки «на силу» приводит к резкому повышению мышечной работоспособности (коэффициент достоверности различий $T=6,21$) при незначительно — и весьма равномерно — выраженной стимуляции восстанавливающего действия отдыха, силы мышц кисти и показателей плотности работы. Вместе с тем, влияние этого типа тренировок совершенно не сказывается ($T = 0,08$) на показателях статической выносливости мышц кисти.

Воздействие другой системы физической тренировки — типа «на выносливость» — проявляется в значительно более выраженном повышении плотности работы ($T=3,17$) и коррелирующем со сдвигом этого показателя изменении мышечной работоспособности. Тем более неожиданным в такой ситуации является снижение восстанавливающего действия отдыха, зарегистрированное при работе тех же групп мышц, которые обнаруживают значительное повышение мышечной работоспособности. Аналогичный по существу эффект отмечается и при работе других мышечных групп — достоверное увеличение статической выносливости мышц кисти сопровождается снижением средней величины развиваемых ими максимальных усилий. Этот факт можно отметить в условиях работы как на рутном, так и на обычном — пружинном — динамометре.

Таким образом, как видно из приведенных фактов, наиболее общий результат влияния физической тренировки — увеличение мышечной работоспособности — оказывается связанным с рядом неоднородных и изменяющихся в противополож-

Влияние различных видов физической тренировки на некоторые показатели двигательной функции людей 60—69 лет ($M \pm m$)

Вид тренировки	Период исследования	Мышечная работоспособность, кгМ	Восстанавливающее действие отдыха, %	Сила мышц кисти, кг		Максимальное статическое усилие мышц кисти, м.к. рт. ст.	Статическая выносливость ссж.	Плотность работы, %
				левой	правой			
Тренировка «на силу»	до	517,2 ±27,5	77,0 ±7,3	36,20 ±1,97	40,27 ±1,75	453,3 ±24,4	60,60 ±4,70	45,5 ±5,1
	после	1111,8 ±91,6	100,6 ±15,1	40,47 ±1,57	43,47 ±1,67	488,7 ±21,5	60,93 ±6,62	55,9 ±4,2
Коэффициенты достоверности различий	T	6,21	1,41	1,69	1,32	1,09	0,08	1,58
	P	<0,001	>0,1	>0,1	>0,1	>0,1	>0,1	>0,1
Тренировка «на выносливость»	до	603,2 ±53,3	83,3 ±8,9	32,91 ±2,03	36,54 ±1,89	417,2 ±16,3	57,61 ±5,67	49,2 ±4,4
	после	975,6 ±84,3	65,2 ±7,2	31,55 ±1,62	34,50 ±1,69	415,6 ±18,0	77,0 ±6,47	71,8 ±5,6
Коэффициенты достоверности различий	T	3,73	1,58	0,52	0,80	0,07	2,25	3,17
	P	<0,002	>0,1	>0,1	>0,1	>0,1	<0,05	<0,01

ных направлениях сдвигов различных сторон двигательной функции. Под влиянием разных типов физической тренировки отмечается не только количественно, но и качественно разный эффект, причем улучшение адаптации к условиям мышечной деятельности осуществляется за счет приобретения одних и утраты других двигательных возможностей. Формирующийся эффект характеризуется не расширением двигательных качеств в разные стороны (рис. 4 б), а смещением диапазона реактивности в различных направлениях (рис. 4 г).

С этой точки зрения представляется возможным объяснить также и достигающееся в ходе тренировки развитие различных двигательных качеств без признаков «утраты» каких бы то ни было функциональных возможностей. Хорошо известно, что такой эффект отмечается в условиях разносторонней тренировки, то есть при использовании ряда различных видов занятий физическими упражнениями. Каждый из них способствует специализации (за счет как приобретения, так и «утраты») лишь в определенном направлении, и расширение функциональных возможностей организма будет тем более полным, чем разнообразнее тренирующие воздействия (рис. 4 д).

Определенная специализация изменений, развивающихся под влиянием физической тренировки, свойственна не только двигательной функции, но — как можно судить из приведенных в начале этого раздела данных — также и деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем. В оценке этих фактов следует учитывать, что все они получены не в условиях далекого от жизни экспериментирования, а, напротив, в процессе реальных занятий физическими упражнениями людей пожилого возраста.

Развиваемые представления находятся в соответствии с многочисленными фактами и наблюдениями. Так, еще В. Гориневский и Вер. Гориневская (1935) отметили, что тренировка по одному какому-либо виду не дает подготовки к другому, и если человек, тренируемый в поднимании тяжестей, начинает заниматься бегом, то он должен пройти все этапы тренировки, свойственные новым условиям. В литературе можно найти совершенно четкие указания и на то, что присущая различным видам спорта специфика влияния на организм приводит к таким изменениям, которые ограничивают приспособительные возможности в других видах спорта. Это действительно не только для функциональных (М. И. Майсурдзе, 1960; Р. Е. Мотылянская, 1964; и др.), но и для структурных изменений (К. А. Ивкина, Е. Л. Супряга, 1967; и др.).

Таким образом, приводимый фактический материал не только указывает на принципиальную возможность «смещения» реактивности организма под влиянием тренировки, но и демонстрирует конкретное осуществление этой возможности, причем в самых естественных условиях.

Три существенных для медико-биологической оценки особенности физической тренировки: направленность воздействия, качественно отличные эффекты разных методов ее и способность не только расширять, но и «смещать» диапазон функциональных возможностей организма — позволяют рассматривать влияние систематических занятий физическими упражнениями в плане общих закономерностей эволюции организма.

«Без понимания законов эволюции,— писал А. Н. Северцов (1939),— мы не можем понять и законов индивидуального развития, законов жизни». На примере одного из самых распространенных жизненных явлений — физической тренировки — можно убедиться в глубокой справедливости этого положения.

Разработка вопросов направленной тренировки функций организма приобретает особенный интерес для геронтологии. Положение об общей физической подготовке как основе спортивной специализации (Н. В. Зимкин, 1956; Н. Н. Яковлев и др., 1960; А. В. Коробков, 1962; С. П. Летунов, 1962; Л. П. Матвеев, 1962; А. Гандельсман, К. Смирнов, 1963; и др.), обеспечивающее гармоническое развитие, укрепление здоровья и высокие спортивные достижения молодежи не может быть перенесено без крупных коррективов в практику работы с людьми пожилого и старческого возраста. Причиной этому являются не только существенные особенности функционального состояния организма, но и, прежде всего, направленность занятий физическими упражнениями не на высокий уровень специализации двигательной функции, а на повышение «прочности» слабых звеньев регуляции функций внутренних органов, «отказ» которых в условиях реальной жизнедеятельности приводит к преждевременному старению и смерти.

IV. Активный отдых и регулирование процессов функционального восстановления

Возможность использования мышечной деятельности не только для общей стимуляции, но, главным образом, для направленного воздействия на отдельные функции и системы приобретает исключительное значение для стареющего организма. Это значение определяется неравномерностью снижения с возрастом функциональных возможностей отдельных органов (И. И. Мечников, 1908, 1913; A. Lorand, 1910; E. Korschelt, 1922; M. Bürger, 1957; F. Bourliere, 1958; V. Kopenchevsky, 1960; Д. Ф. Чеботарев, 1963, 1965; М. И. Хвиливицкая, 1963; Н. Б. Маньковский, А. Я. Минц, 1965; и др.), которое в свою очередь связано с тем, что в ходе старения различные звенья механизма нейро-гуморальной регуляции подвергаются сложным, неоднородным изменениям (В. В. Фролькис, 1962, 1965).

Приведенные выше факты обосновывают в конечном счете вывод о возможности регулирования реакций организма в условиях возможной мышечной деятельности. Результаты наших исследований (И. В. Муравов, 1963, 1965; Э. Г. Булич, Л. С. Глузман, 1964; Ф. Т. Ткачев, 1964, 1965; Э. Г. Яненко, 1965; Л. С. Глузман, 1965, 1966; В. И. Миронов, 1966, 1967) указывают на возможность использования мышечной деятельности для регулирования также течения функционального восстановления вне периода двигательной деятельности, о возможности управления процессом отдыха.

Эта возможность связана с работой И. М. Сеченова (1903), показавшего, что восстановление работоспособности утомленных мышц оказывается более полноценным в том случае, если оно происходит не в условиях полного покоя, а сочетается с деятельностью других, неутомленных мышц. Установленный факт получил название феномена Сеченова или явления активного отдыха.

Повышение эффективности отдыха для стареющего организма в такой же степени важная, как и трудная проблема — хорошо известно, что применение даже сильнодействующих фармакологических средств для стимуляции восстановительных процессов после напряженной деятельности оказывается практически безуспешным (Г. В. Фольборт и А. В. Семернина, 1938, 1940). Тем большее значение приобретает возможность использования феномена Сеченова для улучшения функционального состояния организма людей пожилого и старческого возраста.

Приведенные в нашей лаборатории исследования свидетельствуют о том, что влияние активного отдыха, не ограничиваясь восстановлением мышечной работоспособности, приводит к глубокой перестройке регуляции кровообращения и дыхания. В ходе этой перестройки значительно повышаются приспособительные возможности стареющего организма, возрастает его адаптация к физическим нагрузкам, повышается «прочность» регулируемых систем.

Наиболее ярко это проявляется в факте, который мы назвали «эффектом погашения» вегетативных реакций, — включение дополнительной деятельности неутомленных мышц приводит не к повышению величины и длительности гемодинамических и респираторных реакций, а к их снижению (рис. 5).

Возникает парадокс — увеличение механической работы, выполняемой организмом, сопровождается развитием более экономных и быстрее восстанавливающихся реакций кровообращения и дыхания. Механизм снижения вегетативных сдвигов при работе, выполняемой на фоне активного отдыха, может быть понят при учете общих закономерностей рефлекторной регуляции функций организма и, в частности, развиваемой М. Р. Могаендовичем (1941, 1957, 1962) концепции моторно-висцеральных рефлексов. При таком подходе представляется возможным провести известную аналогию между влиянием активного отдыха и случаями рефлекторной реакции в условиях воздействия нескольких раздражителей (S. Cooper, D. E. Denny-Brown and C. Sherrington, 1926; и др.).

Очевидно, при взаимодействии нескольких мышечных групп существенная роль в развитии вегетативных реакций принадлежит центральному звену моторно-висцеральных рефлексов. Поступающие с различных рецептивных полей возбуждения могут по-разному, в зависимости от силы действующих раздражителей и исходного состояния центральных нейронов, их лабильности, изменять функциональное состояние сосудодвигательного и дыхательного центров, что в свою очередь, проявляется в реакциях кровообращения и дыхания при выполнении физических нагрузок.

Силе раздражителя — интенсивности активирующей мышечной деятельности — принадлежит существенная роль в механизме развития реакций сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Это доказывает зависимость между интенсивностью дополнительной деятельности неутомленных мышц и направленностью функциональных изменений гемодинамики и дыхания в условиях реализации феномена Сеченова.

Легкая активирующая деятельность неутомленных мышц не сопровождается (или сопровождается едва заметным) «эффектом погашения» вегетативных реакций. С увеличением нагрузки на мышцы, работающие в периоде активного отдыха,

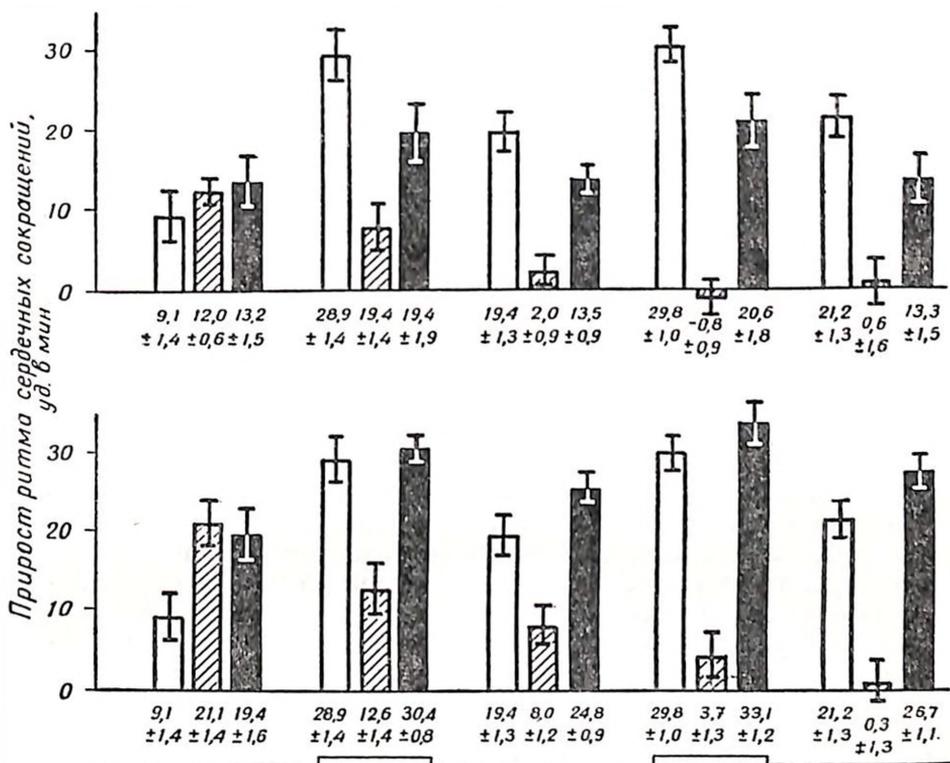


Рис. 5. Изменения частоты сердечных сокращений при изолированной работе мышц сгибателей правой и левой руки, а также при их сочетанной деятельности в условиях активного отдыха у людей 60—69 лет.

Вверху — развитие «эффекта погашения» реакций за счет включения активирующей работы левой руки без отягощения, внизу — «отрицательная фаза» феномена Сеченова, достигающаяся увеличением нагрузки на левую руку до 1 кг. Белыми столбиками изображены реакции, зарегистрированные в условиях изолированной работы правой (основной работающей) руки; заштрихованными — в условиях изолированного влияния активирующей деятельности левой руки. Черные столбики — реакции при сочетанной работе рук в условиях активного отдыха. Подъемами линии внизу отмечены периоды выполнения стандартных нагрузок.

«эффект погашения» проявляется более четко. Дальнейшее повышение интенсивности активирующей деятельности приводит к переходу этого типа реакций в противоположный, характеризующийся увеличением сдвигов по сравнению с тем уровнем их, который присущ работе в условиях пассивного отдыха.

Приведенные выше факты указывают на роль интенсивности деятельности, включающейся в периоде отдыха. Не меньшее значение имеет структура двигательного акта, лежащего в основе активирующей деятельности. Полученные нами результаты свидетельствуют о том, что видоизменяя тонографию и характер мышечных усилий, развиваемых в процессе активирующей деятельности, можно в известной степени избирательно изменить функциональное состояние утомленного организма (рис. 6).

Анализ фактического материала, собранного нашим коллективом в этом направлении (Э. Г. Булич, 1964; Л. С. Глузман, 1966; И. В. Муравов, 1964, 1965; Ф. Т. Ткачев, 1965, 1966; Э. Г. Яненко, 1967, 1968) позволяет рассматривать динамическую структуру движения как фактор регулирования функций организма как в процессе деятельности, так и в условиях функционального восстановления.

Среди различных факторов, определяющих количественную выраженность и направленность функциональных сдвигов при активизации отдыха, существенная роль принадлежит исходному состоянию организма, степени его утомления в ходе предшествующей работы. Наибольший эффект достигается включением активирующей деятельности в начальных стадиях развития утомления, когда субъективно усталость еще не ощущается. Как свидетельствуют данные нашего сотрудника Л. С. Глузмана, исследовавшего развитие феномена Сеченова в условиях многократно повторяющихся работ, эффективность оптимальных форм активирующей деятельности по мере развития утомления заметно (почти вдвое) снижается. Напротив, восстанавливающее действие крайне легкой (с грузом 5 кг) дополнительной деятельности, которая вначале не оказывает стимулирующего влияния на работоспособность утомленных мышц (T различий 1,87; $P > 0,05$), в процессе систематически повторяющихся нагрузок резко возрастает (табл. 5), повышая эффективность отдыха с $32,9 \pm 0,76\%$ до $58,1 \pm 1,30\%$ (T различий 16,68; $P < 0,001$).

Полученные факты указывают на относительность понятия об оптимуме активирующих воздействий. Как видно из приведенных данных, в процессе длительной многочасовой работы оптимум интенсивности упражнений активного отдыха смещается с больших нагрузок (11 кг) к меньшим (5 кг).

Ведущее значение в механизме описанного смещения оптимума эффективности активирующих воздействий принадлежит меняющемуся в процессе трудовой деятельности функциональному состоянию нервных центров (С. А. Косилов, 1958, 1965; З. М. Золина, 1955, 1960; и др.). Ранее нами (И. В. Муравов, 1955, 1958) была показана роль этого фактора в изменениях восстанавливающего действия отдыха. Очевидно, сдвиги лабильности нейронов двигательных центров, развитие в них торможения сказываются на взаимоотношении процессов утомления и восстановления в двигательном аппарате, изменяя динамику развития сеченовского эффекта активного отдыха.

Установленная зависимость имеет непосредственное отношение к практике проведения производственной гимнастики, причем в условиях работы как с преимущественно физически-

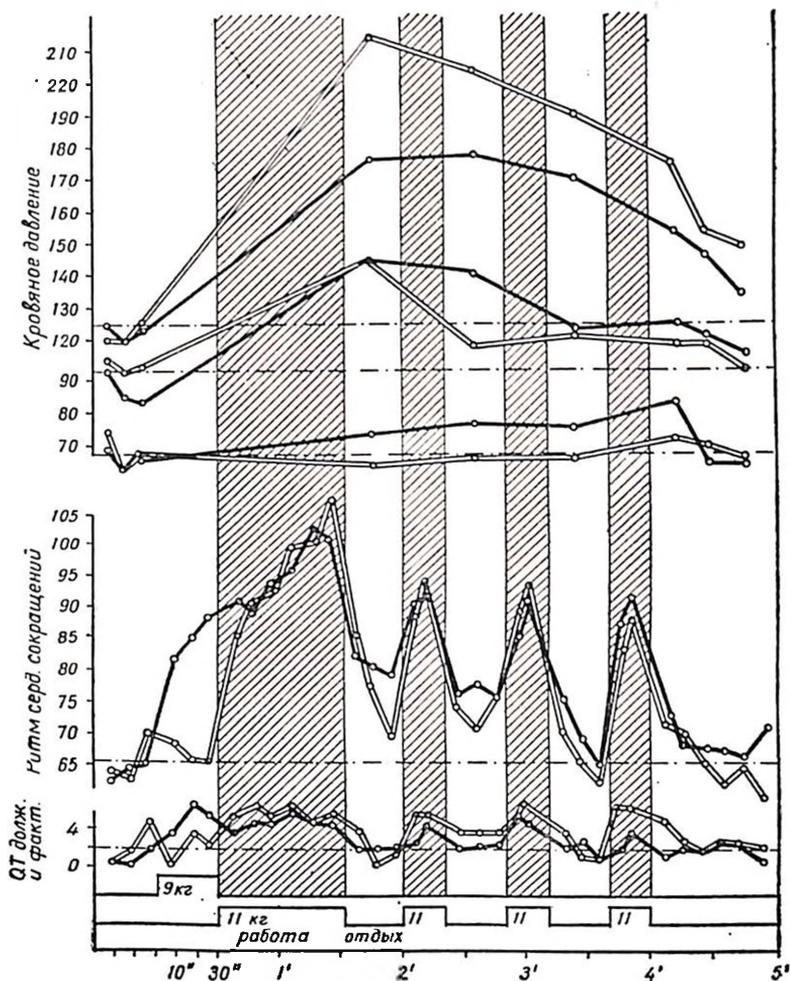


Рис. 6. Резко выраженное влияние активного отдыха на реакции кровяного давления при незначительных изменениях ритма сердечной деятельности.

Белыми линиями обозначены реакции, зарегистрированные в условиях работы мышц сгибателей кисти после пассивного отдыха; черными — то же после активного отдыха. Штриховкой выделены периоды выполнения стандартных нагрузок.

ми напряжениями, так и с преобладанием психической деятельности. Результаты исследований, проведенных в условиях производства, свидетельствуют о целесообразности изменения интенсивности упражнений, включающихся в физкультурные паузы первой и второй половин рабочего дня.

Восстанавливающее действие пассивного и различных видов активного отдыха в процессе многократно повторяющихся работ, % ($M \pm m$)

Вид отдыха	Перерывы отдыха									
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
Пассивный	46,5	46,3	44,4	43,2	41,7	40,1	38,1	36,0	33,7	32,9
	$\pm 0,9$	$\pm 2,0$	$\pm 0,8$	$\pm 0,9$	$\pm 0,8$	$\pm 0,7$	$\pm 0,9$	$\pm 0,7$	$\pm 0,8$	$\pm 0,8$
Активный; дополнительная деятельность, с 5 кг	49,7	48,6	48,2	48,6	48,6	49,5	51,9	53,1	56,4	58,1
	$\pm 1,5$	$\pm 0,9$	$\pm 0,9$	$\pm 0,8$	$\pm 1,1$	$\pm 1,1$	$\pm 1,1$	$\pm 0,9$	$\pm 1,1$	$\pm 1,3$
Активный; дополнительная деятельность, с 17 кг	60,6	59,8	58,8	57,4	54,8	50,6	46,8	43,2	38,8	37,5
	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$	$\pm 1,2$	$\pm 1,0$	$\pm 1,2$	$\pm 0,5$	$\pm 1,1$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$	$\pm 1,1$

Так, при изучении изменений работоспособности операторов Киевского мотоциклетного завода по числу стандартных операций (возведение в степень трехзначных и суммирование шестизначных чисел), было установлено, что хорошо подобранная — с учетом особенностей трудового процесса, возраста и физической подготовленности работающих — физкультурная пауза перестает быть оптимальной во вторую половину рабочего дня. Осуществленное Л. С. Глузманом на основании модельных исследований снижение величин нагрузки вдвое приводит к значительному повышению работоспособности операторов (табл. 6).

Таблица 6

Динамика работоспособности операторов вычислительных машин во вторую половину рабочего дня в процессе труда без регламентированных перерывов и с включением различных физкультурных пауз, % по отношению к работоспособности первого часа ($M \pm m$)

Вид отдыха	Шестой час работы — до физкультурпаузы	Часы после физкультурпаузы	
		седьмой	восьмой
Без регламентированного отдыха	77,49 $\pm 0,82$	75,08 $\pm 0,78$	72,42 $\pm 0,81$
С физкультурпаузами постоянной интенсивности	78,30 $\pm 0,87$	80,26 $\pm 1,19$	78,45 $\pm 1,34$
С физкультурпаузами снижающей интенсивности	78,30 $\pm 0,87$	85,88 $\pm 1,37$	80,75 $\pm 0,93$

Особенное значение такой подход приобретает при организации активного отдыха для людей среднего и пожилого возраста. Физиологический анализ изменений мышечной работоспособности в условиях реализации феномена Сеченова свидетельствует о том, что при одинаковом диапазоне сдвигов у людей пожилого возраста отмечается снижение амплитуды стимулирующего эффекта по сравнению с показателями молодых людей и увеличение амплитуды угнетающего влияния (табл. 7). Поэтому «передозировка» интенсивности активизирующих воздействий, а также применение их в условиях углубляющегося утомления чрезвычайно легко приводят к развитию «отрицательной фазы» феномена Сеченова у людей пожилого возраста (И. В. Муравов, Э. Г. Булич, Л. С. Глузман, Ф. Т. Ткачев, 1965).

В качестве меры, предотвращающей в условиях практики утрату активным отдыхом своего восстанавливающего влияния, наряду со строгим дозированием интенсивности дополнительной деятельности, следует рекомендовать ранее — до первых признаков утомления — назначение активизирующих воздействий. Исследования нашего сотрудника Ф. Т. Ткачева

Не менее важно то, что в условиях «профилактического» активного отдыха значительно улучшается приспособление сердечно-сосудистой и дыхательной систем к условиям предстоящей деятельности (Ф. Т. Ткачев, 1965, 1966), благодаря чему облегчается преодоление формирующегося с возрастом своеобразного «барьера адаптации» в начальном периоде деятельности.

У. Активный отдых и анализаторная функция мышц

Трудно переоценить прикладное значение исследований в области активного отдыха. Уже сейчас ясно, что только за счет практического использования результатов этих исследований может быть значительно повышена работоспособность людей разного возраста в процессе производственного труда. Однако проблема активного отдыха далеко еще не находится на той стадии изучения, когда можно ограничиться одним только внедрением в практику достигнутых результатов. Необходимость углубленного изучения сеченовского эффекта в наши дни становится особенно настоятельной — достаточно учесть, что, несмотря на крупные успехи в разработке проблемы активного отдыха, достигнутые в последние годы, ряд важнейших сторон механизма этого явления все еще остается невыясненным.

Прежде всего это касается изучения влияния активного отдыха на анализаторные функции организма. Основным направлением в разработке проблемы активного отдыха до сего времени остается исследование изменений мышечной работоспособности. На этом пути были выяснены важные закономерности, позволяющие повысить двигательную «отдачу» организма. Значение этого аспекта исключительно велико, однако следует иметь в виду возможность и другого — исследования влияния активного отдыха на афферентную сферу, на способность организма человека к восприятию информации. Этот подход совершенно не используется в разработке проблемы активного отдыха, хотя роль мышцы, как органа чувств, а не только эффектора, общепризнана.

Изучение анализаторной функции организма в условиях активного отдыха, а также самого феномена Сеченова как одной из форм взаимодействия афферентных систем имеет далеко не только теоретический интерес. Трудоспособность человека, его творческие возможности в условиях современного производства во многом определяются способностью воспринимать резко увеличивающийся и поступающий по многочисленным экстеро- и проприоцептивным «каналам» объем информации. Если учесть при этом происходящее в ходе научно-технического прогресса вытеснение физических напряжений при возрастающих запросах к точности, координации и скорости двигательных реакций, то станет ясно, как важно исследование возможностей направить сеченовский эффект активного отдыха на расширение объема воспринимаемой информации.

Проведенные нами исследования не только доказывают правомерность такой постановки вопроса, но дают фактические основания для того, чтобы рассматривать проприоцепцию как важнейшее звено в механизме изменений двигательной

функции при активном отдыхе. Вот доказательства этого положения. Нашему сотруднику В. И. Миронову с помощью сконструированного им кинематометра для регистрации уровня восприятия мышечных усилий и движений кисти удалось показать, что при реализации сеченовского эффекта наиболее выраженные изменения наступают не в показателях работоспособности, а в параметрах, характеризующих проприоцепцию (рис. 8).

Так, включение активирующей деятельности неутомленных мышц приводит у людей 60—69 лет к повышению количества выполненной работы с $29,6 \pm 2,0$ до $38,0 \pm 2,5$ кгм (коэффициент достоверности различий T равен 2,68; $P < 0,02$). В тех же условиях величина суммарной ошибки в оценке мышечных усилий, регистрируемых на протяжении нескольких периодов работы, уменьшается с $30,9 \pm 4,7$ до $15,8 \pm 1,7$ кг (T различий 3,03; $P < 0,01$). Еще резче выражено улучшение восприятия движения утомленных мышц — величина суммарной ошибки при графическом воспроизведении половины амплитуды движения снижается с $64,0 \pm 4,3$ до $36,6 \pm 3,0$ мм ($T = 5,24$; $P < 0,001$).

Как видно из приведенных данных, мышечная работоспособность под влиянием активного отдыха повышается всего на $\frac{1}{4}$, тогда как уровень проприоцептивной чувствительности, определяющей способность дифференцировать величину мышечных усилий, в этих условиях улучшается вдвое.

Обнаруженные факты можно было бы расценить лишь как проявление большей «чувствительности» афферентной функции мышц к развитию феномена Сеченова по сравнению с показателями их эфферентации, если бы не существенное обстоятельство: нередко изменения мышечно-суставной рецепции являются единственным проявлением влияния активного отдыха на двигательную функцию.

В свете полученных фактов становится понятным значение феномена Сеченова как воздействия, в котором афферентные влияния не только пускают в ход механизм многообразных функциональных сдвигов, но и сами становятся «мишенью» развивающихся изменений. В настоящее время хорошо известна роль проприоцептивного контроля, осуществляющегося в ходе мышечной деятельности (А. Ф. Самойлов, 1930; Н. А. Бернштейн, 1947, 1966; П. К. Анохин, 1949, 1958; и др.), как важнейшего условия полноценной двигательной функции. Это позволяет понять механизм повышения проприоцептивной чувствительности под влиянием активного отдыха как результат улучшения саморегуляции мышц на этапе обратной информации рефлекторного кольца.

Сейчас уже представляется возможным точно локализовать путь, по которому реализуются влияния, повышающие анализаторную функцию мышцы при развитии эффекта ак-

ПАССИВНЫЙ ОТДЫХ АКТИВНЫЙ ОТДЫХ

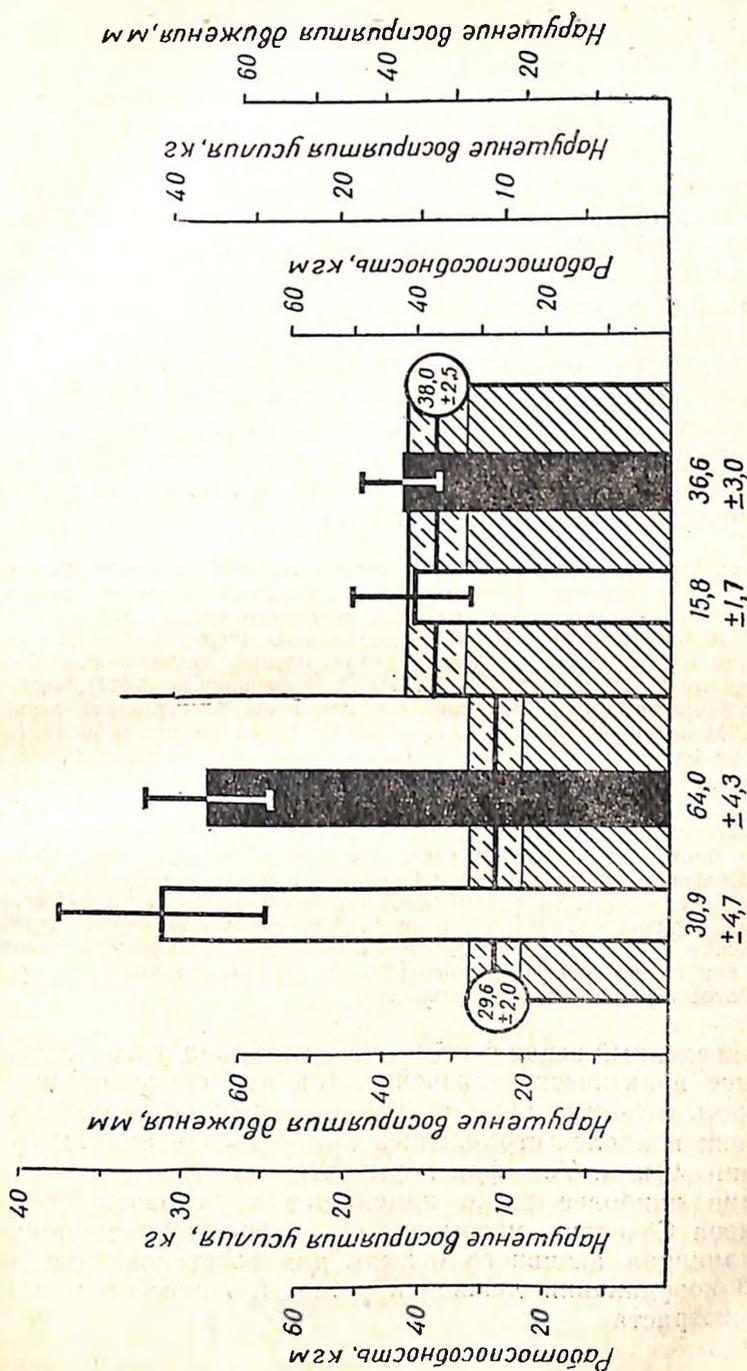


Рис. 8. Соотношение между изменениями мышечной работоспособности и показателями анализаторной функции мышц у мужчин 60—69 лет.

Заштрихованными прямоугольниками изображены показатели мышечной работоспособности. Белыми столбиками — ошибки в дифференцировании точности прилагаемых усилий; черными — точности движений после пассивного (слева) и активного (справа) отдыха.

тивного отдыха. Таким путем, по-видимому, является гамма-эфферентная система — тонкие нервные волокна, идущие через передние спинномозговые корешки к рецепторам мышц — веретенам интрафузальных мышечных волокон. Функция гамма-эфферентной системы, как показали исследования Р. Гранита (1957), заключается в настройке мышечных рецепторов на определенный уровень возбудимости.

Включение потока проприоцептивных импульсов в процессе активирующей деятельности, влияя на функциональное состояние двигательных нервных центров, изменяет характер эфферентной иннервации утомленных мышц. Существенным звеном формирующихся изменений, наряду с прямыми воздействиями на сократительные элементы мышцы, являются влияния, идущие от двигательных нейронов спинного мозга по гамма-эфферентному пути к рецепторам мышц. Подобно адаптационно-трофическим импульсам, эти влияния улучшают анализаторную деятельность утомленных мышц и тем самым обеспечивают лучшее приспособление двигательной функции к текущим потребностям организма.

Развиваемые представления об изменении афферентации как существенном звене возникновения и развития феномена Сеченова позволяют объяснить как благоприятное влияние активного отдыха на умственную работоспособность, так и факт моментального (через 1—2 сек.) снятия утомления в результате включения активирующей деятельности. Описанный впервые С. П. Нарикашвили и Ш. А. Чахнашвили (1947), этот факт не укладывается в существующие представления о механизме активного отдыха. Мгновенное развитие феномена Сеченова не может быть ни результатом «растормаживания» утомленных нервных центров (в этом случае эффект его развивался бы мгновенно, однако сопровождался бы более глубоким истощением, чего нет в действительности), ни следствием усиления восстановительных процессов в результате углубляющегося в этих нервных центрах торможения (развитие такого процесса требует значительно большего времени, причем сразу же после активирующего воздействия работоспособность оказывалась бы не повышенной, а сниженной). Напротив, признание ведущей роли рефлекторных изменений, развертывающихся в афферентных структурах двигательного аппарата позволяет понять как быстроту сеченовского эффекта, так и истинное восстановление работоспособности в этих условиях.

Приведенный выше фактический материал имеет непосредственное практическое значение, так как обосновывает возможность использования активного отдыха с целью восстановления наиболее страдающей при старении анализаторной функции мышц. Тот факт, что эта сторона двигательной функции наиболее резко изменяется в условиях развития феномена Сеченова, указывает на перспективность применения принципа активного отдыха для восстановления нарушений координации движений у людей пожилого и старческого возраста.

VI. Направленное влияние мышечной деятельности и функциональная диагностика

Основной вывод настоящей работы сводится к представлению о мышечной деятельности как о воздействии, которое, вызывая количественно и качественно отличные изменения функциональных систем, является средством направленного влияния на организм. Это влияние свойственно как физической тренировке, так и принципиально иному пути использования мышечной деятельности — активному отдыху — и проявляется в неоднозначных сдвигах функционального состояния организма.

Развиваемое положение, помимо своего значения для организации двигательного режима, представляет непосредственный практический интерес для функциональной диагностики, одним из основных средств которой являются физические нагрузки. Отметим три наиболее важных обстоятельства.

Первое из них касается диагностической ценности функциональных проб с дозированными физическими нагрузками и связано с вопросом, насколько тот или иной двигательный тест и регистрируемые в процессе его применения реакции кровообращения и дыхания отражают общее состояние организма. Весь фактический материал, приведенный в предыдущих разделах, свидетельствует о том, что при всем многообразии связей, обеспечивающих интеграцию физиологических процессов в организме, каждый отдельный тест отражает лишь одну из сторон функциональных изменений.

Суждение обо всем организме на основании результатов такого исследования может в большей или меньшей степени — в зависимости от того, насколько близок примененный вид физической нагрузки к характеру оцениваемого воздействия (например, определенного вида физической тренировки), — совпадать с основным направлением изменений, происходящих в организме. Однако, как бы ни было близко это совпадение, каждый из применяемых тестов позволяет характеризовать лишь одну (пусть и наиболее важную в конкретной ситуации) сторону сложных и неоднозначных изменений всего организма.

В том, что это так, убеждают факты. Описывая влияние физической тренировки на людей 60—69 лет, мы привели выше данные (табл. 4), позволяющие по ряду показателей оценить воздействие ее на двигательную функцию. Как видно из этих данных, попытки характеризовать влияние каждого из видов физической тренировки по отдельно взятым показателям приводят к весьма противоречивым выводам. Так, мышечная работоспособность, статическая выносливость и плотность работы обнаруживают значительное улучшение под

влиянием тренировки «на выносливость», тогда как сила мышц кисти совершенно не меняется, а такой существенный показатель как уровень восстанавливающего действия отдыха при этом заметно снижается.

Аналогичные по существу результаты отмечены в другой серии исследований. Изучение влияния динамической и статической форм физической тренировки, проводимой в лабораторных условиях, на реакции сердечно-сосудистой и дыхательной систем людей 60—69 лет позволило выявить значительное своеобразие изменений дыхания и газообмена, связанное с характером мышечных усилий (рис. 3). Показательно, вместе с тем, что реакции сердечно-сосудистой системы при этом не обнаруживают существенных особенностей. Эти данные находятся в соответствии с нашими прежними наблюдениями (И. В. Муравов, Е. А. Пирогова, К. Т. Соколов, Э. Г. Сабитова, 1965), характеризующими у людей пожилого возраста значительные изменения дыхательной системы под влиянием занятий физическими упражнениями в группах здоровья при отсутствии заметных сдвигов у них в деятельности органов кровообращения.

Возникает вопрос: как расценить возникшую ситуацию? Означает ли она, что диагностическая ценность динамометрии кисти и методики изучения восстанавливающего действия отдыха для исследования влияния примененного нами конкретного вида физической тренировки ниже, чем других методов? Нет, и лучшим доказательством этого служат данные, регистрируемые при помощи этих же методов в условиях тренировки «на силу».

В равной степени нет оснований говорить о большей диагностической ценности показателей дыхания и газообмена, чем реакций сердечно-сосудистой системы,—каждый из регистрируемых параметров достаточно объективно отражает развивающиеся изменения. Отмеченные факты указывают на то, что влияние физической тренировки может проявляться в изменении какой-либо одной из сторон функционального состояния организма, тогда как другие могут при этом оставаться в той или иной степени «незатронутыми». Это создает реальную возможность несоответствия между направлением отдельных тренирующих воздействий и используемых с диагностическими целями тестов. Чем более специальный характер имеет тренировка, тем значительнее может быть указанное несоответствие (рис. 9) и тем более важен правильный выбор функциональной пробы. Напротив, влияние тренировки, преследующей цель общего физического развития и, в соответствии с этим, обеспечивающей стимуляцию различных двигательных качеств и функциональных возможностей организма, может быть достаточно верно оценено при помощи одной из распространенных проб, без специального выбора тестов.

Указанная закономерность присуща не только влиянию физической тренировки, но и активному отдыху. На это указывают как приведенные выше (рис. 6) факты, свидетельствующие о возможности избирательного влияния сеченовского эффекта на отдельные звенья регуляции сердечно-сосуди-

стой системы, так и данные, характеризующие изменения «внутри» самой двигательной функции.

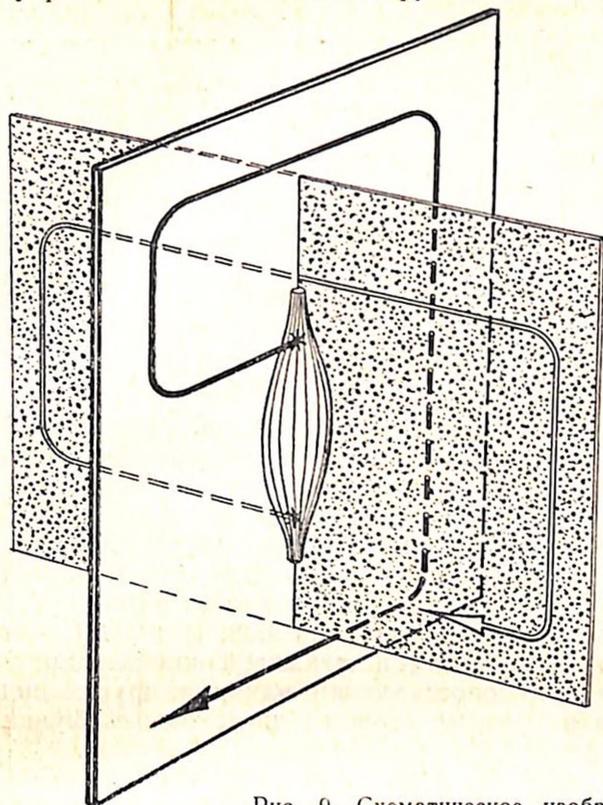


Рис. 9. Схематическое изображение возможного несовпадения между направлениями тренирующих воздействий и применяющихся с диагностической целью физических нагрузок.

Э. Г. Яненко удалось показать возможность неоднозначных сдвигов мышечной работоспособности и теснейшим образом связанных с ними энергетических затрат под влиянием активного отдыха, а В. И. Миронов установил, что двигательная и чувствительная стороны моторики в условиях воздействия определенных активизирующих влияний могут изменяться по-разному. Конкретный фактический материал, обосновывающий этот вывод, изложен в статье Э. Г. Яненко и В. И. Миронова в настоящем сборнике.

Вот еще один факт, обнаруженный Л. С. Глузманом при изучении изменений работоспособности, силы и времени двигательной реакции сгибателей кисти под влиянием различных форм реализации феномена Сеченова (табл. 9).

Как видно из приведенных результатов, если судить об активизирующих воздействиях по их влиянию на восстановление мышечной силы, то наиболее эффективным среди них следует

Влияние различных активизирующих воздействий на функциональное состояние мышц сгибателей правой кисти ($M \pm m$)

Вид отдыха		Восстанавливающее действие отдыха, %	Мышечная сила, %	Время двигательной реакции, %
Пассивный		$45,7 \pm 1,1$	$80,4 \pm 1,9$	$112,7 \pm 2,5$
Активный; работа левой руки с грузом	9 кг	$54,4 \pm 1,3$	$89,9 \pm 2,4$	$107,1 \pm 2,0$
	19 кг	$38,9 \pm 1,3$	$105,0 \pm 2,7$	$102,2 \pm 2,4$
Активный; работа правой ноги с грузом	40 кг	$51,4 \pm 1,3$	$87,8 \pm 2,5$	$116,1 \pm 2,2$
	80 кг	$40,7 \pm 1,2$	$83,6 \pm 3,3$	$100,2 \pm 2,1$

признать работу симметричных мышц другой руки с грузом 19 кг. Действительно, это влияние обеспечивает повышение мышечной силы до уровня, более высокого, чем исходный (c $80,4 \pm 1,9$ до $105,0 \pm 2,7\%$; T различий 7,48; $P < 0,001$) и значительно (c $112,7 \pm 2,5$ до $102,2 \pm 2,4$; T равно 2,68; $P < 0,02$) укорачивает время двигательной реакции. Однако именно этот вид активизирующей деятельности резко — как ни одной другой — (c $45,7 \pm 1,1$ до $38,9 \pm 1,3\%$; T различий 4,08; $P < 0,002$) — снижает восстанавливающее действие отдыха. Такие же парадоксы отмечаются и при сопоставлении влияния других видов активного отдыха на разные стороны двигательной функции утомленных мышц.

Приведенные факты указывают на относительность представления о диагностической ценности функциональных проб с физическими нагрузками. При достаточном инструментальном оснащении «ценность» той или иной пробы всецело зависит от того, насколько соответствует избранная методика исследования его цели. Из сказанного ясно, что нет плохих проб — есть бесполезные исследования. Каждая проба может дать «все, что она может дать» и это ничуть не меньше, чем то, что дает любая другая проба — все дело лишь в соответствии ее задачам исследования. Вот почему разочарование специалиста по врачебному контролю, обнаруживающего несовпадение реальных — демонстрируемых в практике — возможностей организма с результатами лабораторного исследования, должно заставить его задуматься не о диагностической несостоятельности пробы, а о другом: не искал ли он функциональные возможности «там, где было светлее», вместо того, чтобы искать их там, где следовало.

Отсюда вытекает практически важный вывод: для оценки выявления любых занятий физическими упражнениями на организм важно из всего многообразия изменений выяснить наиболее существенную — ограничивающую возможности приспособления к конкретным запросам жизнедеятельности — сторону регуляции функций. Известно, например, что для оценки влияния активного отдыха в условиях производственной деятельности, могут быть применены самые различные ме-

тоды исследования (С. А. Брандис, З. Д. Горкин, М. Я. Горкин, 1935; Л. О. Фінк та Э. П. Грібов, 1935; Л. С. Осипов и др., 1940; И. В. Муравов, 1955, 1962; М. И. Виноградов, 1958; Б. А. Ашмарин и др., 1958; С. Л. Фейгин и И. В. Ловицкая, 1959; Н. А. Минаева, 1959; В. В. Белинович, 1960; M. Quaas, 1961; И. В. Ловицкая и С. Л. Фейгин, 1962; L. Basan und J. Stöckel, 1965; M. Lohs und M. Quaas, 1968).

Правильное суждение об эффективности активного отдыха позволяет избрать лишь те методы, которые наиболее полно регистрируют изменения «лимитирующей» трудоспособности функции. Поэтому исследование времени двигательных реакций важно оценивать при работе, требующей быстроты и точности; мышечной силы — в условиях труда, связанного с кратковременными, но значительными физическими напряжениями, и мышечной работоспособности (в показателях восстановления нервного действия отдыха) — при работе с преобладанием нервного напряжения в условиях небольших физических нагрузок.

Такой подход позволяет не только оценить, но и значительно повысить эффективность активного отдыха за счет выбора наиболее соответствующих условиям труда и возрасту работающих форм производственной гимнастики.

VII. Некоторые принципы повышения эффективности и оценки влияния занятий физическими упражнениями

Возможность использования физической тренировки для направленного, в известной степени избирательного влияния на функцию стареющего организма заставляет учитывать в практике занятий физическими упражнениями с пожилыми людьми два принципиальных положения.

Во-первых, становится ясно, что дозирование величины физических нагрузок в соответствии с функциональными способностями организма становится недостаточным для обеспечения наиболее эффективного влияния занятий физическими упражнениями. Не только не утрачивая, но — в силу возрастных особенностей реагирования организма, ухудшения адаптации важнейших функциональных систем к условиям физических напряжений — повышая свое значение в гериатрической практике, этот принцип должен сочетаться с другим — определением необходимости в том или ином качественном своеобразии физической тренировки. Целью такого подхода является выяснение не только возможностей, но и потребностей организма в тех или иных видах мышечной деятельности.

Анализ возрастных особенностей реакций на различные физические упражнения, проведенный нашими сотрудниками Г. А. Буткевичем (1964, 1965), Е. А. Пироговой (1967), Р. И. Ракитиной (1965, 1967) и К. Т. Соколовым (1964, 1966), позволил объективно установить, что ухудшающаяся

при старении адаптация организма к условиям мышечной деятельности изменяется неоднозначно. При относительной сохранности приспособительных возможностей к выполнению привычных нагрузок типа «на выносливость», способность к развитию и восстановлению реакций кровообращения, дыхания и газообмена в условиях упражнений «на силу», упражнений с переменной положением тела, сложнокоординированных движений с возрастом резко нарушается. Именно это обстоятельство, на что справедливо указывал В. П. Ильин (1949) заставляло в эмпирически складывающейся практике отказываться от использования многих упражнений этого типа в занятых с пожилыми людьми.

Рассматривая ухудшение адаптации к определенным воздействиям как признак увеличивающейся потребности в стимуляции нарушающихся с возрастом механизмов, мы изучили возможность применения указанных видов физических упражнений в занятиях людей пожилого и старческого возраста. Результаты исследований показали, что при дозированном применении упражнений с переменной положением тела, равно как силовых напряжений и сложнокоординированных движений адаптация важнейших функциональных систем стареющего организма улучшается в большей степени, чем при использовании привычных движений типа «на выносливость». Это позволило выдвинуть положение о постепенной тренировке нарушающихся с возрастом механизмов приспособления в качестве одного из принципов занятий физическими упражнениями в пожилом и старческом возрасте (И. В. Муравов, 1967).

Принцип оценки потребностей в конкретных видах воздействий оказался перспективным и в другом отношении. Известно, что основной особенностью старения является ухудшение приспособления организма к меняющимся условиям (F. Voingtliégé, 1958). Эта особенность настолько резко выражена в начальном периоде занятий физическими упражнениями, что позволяет говорить о своеобразном «барьере адаптации», который формируется с возрастом и мешает стареющему организму приспособиться к условиям мышечной деятельности (рис. 10).

Для преодоления указанного «барьера адаптации», вместо обычной тактики снижения интенсивности упражнений в уроке, мы применили специальное воздействие — основанную на принципе предшествующей реализации феномена Сеченова разминку, которая, улучшая приспособительные возможности организма, позволила значительно увеличить двигательную активность занимающихся и, тем самым, повысить эффективность проводимых занятий. Конкретный материал, характеризующий влияние такого воздействия, получен нашей сотрудницей Р. И. Ракитиной (1966, 1967) и приведен в ее статье в настоящем сборнике.

Для обоснования эффективного двигательного режима, включающего именно те виды мышечной деятельности, в которых стареющий организм испытывает наибольшую потребность, необходимо знать важнейшие особенности его реакций на ряд качественно отличных физических нагрузок. Получаемые при этом данные («функциональный профиль реактивности») позволяют обеспечить наиболее эффективное — направленное воздействие физических упражнений.

Во-вторых, неоднозначность функциональных изменений, происходящих в процессе тренировки, заставляет пересмотреть сложившийся взгляд на физическую работоспособность как на достоверный и наиболее веский критерий развития приспособительных возможностей организма.

Вот фактический материал, служащий основанием для такого вывода. В экспериментальных исследованиях на белых крысах в возрасте 10,5 месяцев одна из групп животных была

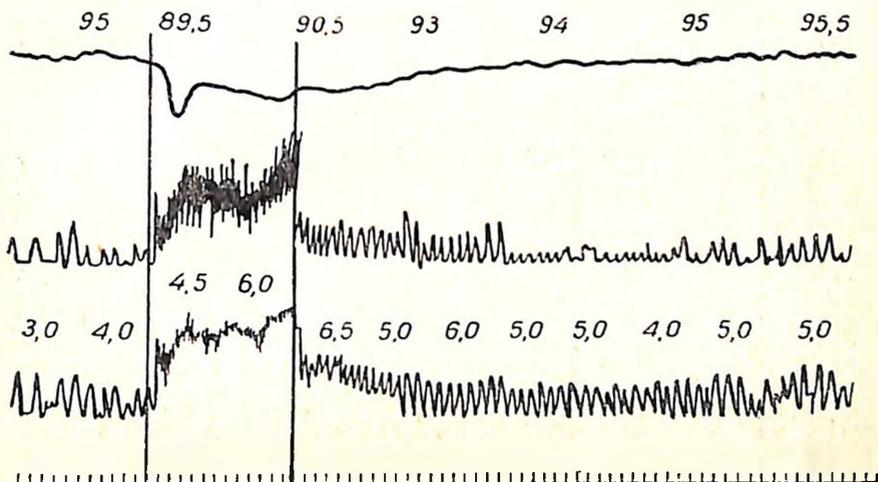


Рис. 10. Нарушение дыхания в начальном периоде физической нагрузки («барьер адаптации»). Исп. К-в, 68 лет.

Обозначения кривых сверху вниз: оксигевограмма, грудное дыхание, отметка времени (5 сек.). Цифры сверху указывают на колебания уровня оксигемоглобина, внизу — на легочную вентиляцию (л. за 30 сек.). Вертикальными линиями выделен период физической нагрузки.

подвергнута систематическим физическим нагрузкам (ежедневный бег в третбане). Исследования показали, что, несмотря на достигающееся под влиянием интенсивной тренировки с возрастающими нагрузками значительное увеличение мышечной работоспособности и улучшение показателей физического развития, длительность жизни подопытных животных резко — в 2,8 раза — сокращается (табл. 10). Гибель животных, как показали морфологические исследования, связана с серьезными нарушениями структуры сердца, печени и легких, развивающимися в результате резко увеличенной двигательной активности.

Не вызывает сомнения, что у экспериментальных животных улучшилась адаптация организма к тем условиям физических напряжений, которые были для них созданы, — на это указывает возросшая мышечная работоспособность, увеличение веса и, особенно развитие конечностей (периметр плеча,

Влияние крайне интенсивного двигательного режима на вес, мышечную работоспособность и продолжительность жизни белых крыс ($M \pm m$)

Группы	Вес, г				Мышечная работоспособность (плавание), сек.				Длительность жизни с начала опыта, дни
	до опыта	через 2 месяца	через 7 месяцев	через 8 месяцев	до опыта	через 2 месяца	через 7 месяцев	через 8 месяцев	
Опытная	292,2	286,0	313,6	313,1	288,0	466,1	839,8	795,0	192,7
	$\pm 13,4$	$\pm 25,9$	$\pm 18,7$	$\pm 16,3$	$\pm 32,3$	$\pm 65,4$	$\pm 87,1$	$\pm 136,2$	$\pm 12,7$
Контрольная	292,8	312,4	251,7	260,5	304,1	379,7	300,3	291,1	529,0
	$\pm 14,1$	$\pm 13,8$	$\pm 16,1$	$\pm 6,8$	$\pm 30,9$	$\pm 57,6$	$\pm 22,3$	$\pm 35,1$	$\pm 45,0$
Коэфф. различий T	0,03	0,90	2,51	2,98	0,36	0,99	6,00	3,58	7,19
P	$>0,1$	$>0,1$	$<0,05$	$<0,01$	$>0,1$	$>0,1$	$<0,001$	$<0,002$	$<0,001$

например, увеличился в экспериментальной группе с $36,3 \pm 0,3$ до $39,3 \pm 0,4$ мм, а в контрольной — снизился с $36,8 \pm 0,9$ до $36,0 \pm 0,3$ мм). Тот факт, что животные под влиянием систематического применения увеличивающихся нагрузок оказываются способными выдерживать бег со скоростью 11,4 м/мин в течение 2—3 и больше часов, тогда как «нетренированные» животные могут выдержать лишь в 10—15 раз меньшую нагрузку, убедительно доказывает, что проведенная тренировка повышает адаптацию организма к жизни в новых условиях, — ухудшая вместе с тем способность полноценного приспособления к «обычным» условиям жизнедеятельности.

Вряд ли следует считать эти результаты проявлением закономерности, действительной лишь для условий лабораторного эксперимента. Практика дает немало примеров несоответствия между показателями работоспособности в специализированных ее проявлениях и функциональным состоянием внутренних органов (С. П. Летунов, 1957; А. В. Коробков, 1959; В. Н. Коваленко, 1959; А. В. Коробков, В. А. Шкурлода, Н. Н. Яковлев, Е. С. Яковлева, 1962; Н. Д. Граевская, Е. В. Куколевская, Я. А. Мельников, 1963; А. Г. Дембо, 1965; А. Г. Дембо, Ж. А. Тесленко и др., 1967).

Полученные нами данные указывают на то, что степень развития двигательной функции не может служить мерой оздоровительного влияния тренировки на организм, и само по себе повышение мышечной работоспособности не гарантирует долгую жизнь. С этой точки зрения одной из важнейших задач функциональной диагностики и врачебного контроля над занимающимися физическими упражнениями является выяснение взаимоотношения между качественными особенностями (направленностью) и интенсивностью (скоростью развития эффекта) тренировочного процесса, с одной стороны, и «прочностью» функциональных систем организма в условиях обычной жизнедеятельности, с другой.

Следует при этом учитывать, что под влиянием занятий физическими упражнениями, наряду с приобретением новых двигательных качеств и функциональных способностей, может происходить, как было показано нами выше, и снижение некоторых прежних форм реактивности. Значение этого снижения для жизнедеятельности организма ничуть не уменьшается от того, что для развития определенных двигательных качеств она может быть безразличным или даже играть положительную роль. Вот почему прогнозирование тренировочного эффекта должно предусматривать всестороннюю оценку развивающихся изменений с тем, чтобы все они обеспечивали не только высокую специализацию двигательной функции, но и — главное — более совершенное приспособление организма ко всей совокупности конкретных условий его жизни. Такой подход позволит в полной мере использовать громадные стимулирующие и лечебно-профилактические возможности занятий физическими упражнениями.

Известно, какую глубокую качественную перестройку организма вызывает в раннем онтогенезе деятельность скелетной мускулатуры (И. А. Аршавский, 1959, 1963; В. Д. Розанова, 1955; С. И. Еникеева, 1955; и др.). Включение ее формирует наиболее интимные и важные механизмы регуляции функций. Практика физической культуры свидетельствует о том что роль мышечной деятельности как средства стимуляции двигательной функции и улучшения регуляции кровообращения и дыхания сохраняется надолго, далеко не ограничиваясь короткими фазами раннего онтогенеза. Фактический материал, полученный в нашей лаборатории показывает, что у людей 90—99 лет и старше такое влияние обнаруживается не в меньшей степени, чем у людей третьего и четвертого десятилетий жизни.

Использование мышечной деятельности не только для общей стимуляции, но, главным образом, для направленного воздействия на отдельные звенья регуляции функций приобретает особое значение для стареющего организма. Расшифровка функционального профиля основных средств и методов физической культуры, а затем и конструирование их с заранее заданными — в соответствии с возможностями и конкретными потребностями — свойствами откроют доступ к формированию таких изменений в организме, которые в полной мере обеспечат гармоническое развитие и здоровье его, станут прочной основой трудоспособности и активного долголетия человека.

ЛИТЕРАТУРА

- Анохин П. К. Внутреннее торможение как проблема физиологии. Медгиз, М., 1958. 132—146. Аршавский И. А. В сб.: Труды третьей научной конференции по возрастной морфологии, физиологии и биохимии. Изд. АПН РСФСР, М., 1959, 212—221; В сб.: Моторно-висцеральные и висцеромоторные рефлекссы, Пермь, 1963, 19—23. Берг А. И. Кибернетика — наука об оптимальном управлении. Изд. «Энергия», М.—Л., 1964. Берштейн Н. А. О построении движений. Медгиз, М., 1947. Булич Е. Г. Материалы XXIV наукової студ. конференції КМІ, Київ, 1964, 71—72. Булич Э. Г., Глузман Л. С. В сб.: Физическая культура в профилактике и лечении заболеваний. Изд. «Здоровье», Киев, 1964, 21—23. Буткевич Г. А. В сб.: Физическая культура в профилактике и лечении заболеваний. Изд. «Здоровье», Киев, 1964, 24—27. Виноградов М. И. Теория и практика физической культуры, т. 16, в. 9, 1958, 770—774. Гандельсман А., Смирнов К. Спорт и здоровье. «ФиС», М., 1963. Глузман Л. С. В сб.: Материалы Всесоюзной научно-методической конференции по производственной гимнастике, М., 1968, 87—89. Гориневский В. и Гориневская Вер. Руководство по физической культуре и врачебному контролю. Биомедгиз, М.—Л., 1935, 119. Граевская Н. Д., Куколевская Е. В., Мельников Я. А. В сб.: Врачебные наблюдения за спортсменами в процессе тренировки, «ФиС», М., 1963, 21—35. Давыдовский И. В., Гулина Л. А. Проблема атеросклероза. Архив патологии, 1, 1961, 3—23. Дембо А. Г. Клиническая медицина, 43, 4, 1965, 3—9. Еникеева С. И. В сб.: Труды второй научной конференции по возрастной морфологии и физиологии. Изд. АПН РСФСР, М., 1955, 219—224.

Зимкин Н. В., Коробков А. В., Лехтман Я. Б. В кн.: Физиологические основы физической культуры и спорта, «ФизС», М., 1953, 36—74. Зимкин Н. В. Физиологическая характеристика силы, быстроты и выносливости, «ФизС», М., 1956. Иакина К. Л., Супряга Е. Л. Теория и практика физической культуры, 4, 1967, 58—60. Кишидзе Н. Н. Бюлл. экспер. биол. и мед., 46, 11, 1958, 32—37. Коваленко В. Н. Вопросы спортивной медицины. Госиздат БССР, Минск, 1959. Конради Г. П., Слоним А. Д., Фарфель В. С. Физиология труда, Биомедгиз, М.—Л., 1934. Коробков А. В. Теория и практика физической культуры, 4, 1962, 21—28. Коробков А. В., Шкурбада В. А., Яковлев Н. Н., Яковлева Е. С. Физическая культура людей разного возраста, «ФизС», М., 1962, 38. Косилов С. А. Вестник АМН СССР, № 8, 1958, 19—27. Крестовников А. Н. Физиология спорта, 1939, 19—20. Лесгафт П. Ф. Руководство по физическому образованию детей школьного возраста, СПб, 1912. Летунов С. П. Электрокардиографические и рентгенокинемографические исследования сердца спортсмена, Медгиз, М., 1957; Теория и практика физической культуры, 4, 1962, 28—38. Майсурадзе М. И. Теория и практика физической культуры, т. 23, в. 11, 1960, 840—842. Матвеев Л. П. Вопросы построения спортивной тренировки, М., 1962. Медведь Л. И. В сб.: Гигиена труда. Изд. «Здоров'я», Киев, 1964, 5—12. Мечников И. И. (1908). Этюды о природе человека, Изд. АН СССР, 1961. Миронова З. Б. В кн.: Актуальные проблемы врачебного контроля и лечебной физкультуры. Изд. «Здоров'я», Киев, 1965, 88—90; В сб.: Физическая культура и здоровье, Изд. «Здоров'я», Киев, 1967, 79—82. Могендович М. Р. Чувствительность внутренних органов (интерорецепция) и хронаксия скелетной мускулатуры, Л., 1941; Моторно-висцеральные и висцеро-моторные рефлексы, Медгиз, М., 1957; Труды пятой научной конференции по возрастной морфологии, физиологии и биохимии, Москва, 1962, 34—37. Мотылянская Р. Е. В сб.: Проблемы юношеского спорта, «ФизС», М., 1961, 141—156. Муравов Г. В. Физиологичний журнал АН УРСР, т. 1, в. 1, 1955, 83—90; Теория и практика физической культуры. № 5, 1964, 31—37; В сб.: Кровообращение и старость. Изд. «Здоров'я», Киев, 1965, 40—53. Муравов Н. В., Булич Э. Г., Глузман Л. С., Ткачев Ф. Т. В сб.: Физическая культура — источник долголетия, «ФизС», М., 1965, 66—78. Муравов И. В., Пирогова Е. А., Соколов К. Т., Сабитова Э. Г. В сб.: Вопросы гернатири, М., 1965, 104—107. Муравов Н. В. В сб.: Физическая культура и здоровье. Изд. «Здоров'я», Киев, 1967, 60—65. Пирогова Е. А. В сб.: Проблемы врачебного контроля и лечебной физкультуры. Изд. «Здоров'я», Киев, 1965, 93—95; В сб.: Физическая культура и здоровье. Изд. «Здоров'я», Киев, 1967, 65—73. Ракитина Р. И. В кн.: Актуальные проблемы врачебного контроля и лечебной физкультуры. Изд. «Здоров'я», 1965, 95—96. Розанова В. Д. В сб.: Труды второй научной конференции по возрастной морфологии и физиологии. Изд. АПН РСФСР, М., 1955, 212—218. Самойлов А. Ф. (1930). Избр. статьи и речи, М.—Л., 1946, 226. Северцов А. Н. Морфологические закономерности эволюции, М.—Л., 1939. Сеченов И. М. (1903—1904). В сб.: Физиология нервной системы, М., т. 3, кн. 1, 1952, 155—156. Соколов К. Т. В сб.: Физическая культура в профилактике и лечении заболеваний. Изд. «Здоров'я», Киев, 1964, 150—153. Стеженская Е. И. В сб.: Кровообращение и старость. Изд. «Здоров'я», Киев, 1965, 166—172. Ткачев Ф. Т. В сб.: Физическая культура в профилактике и лечении заболеваний. Изд. «Здоров'я», Киев, 1964, 182—184. Фейгин С. Л., Ловицкая И. В. Научно-методические вопросы гимнастики на производстве. Изд. «Советская Россия», М., 1959. Фольбогт Г. В. и Семернина А. В. Труды конфер. по проблеме генеза и профилактики преждевременного старения. Изд. АН УССР, Киев, 1940, 199—205. Фролькис В. В. В сб.: Вопросы геронтологии и гернатири. Л., 1962, 54—64. Фролькис В. В. В сб.: Механизмы старения, Госмедиздат УССР, Киев, 1963, 131—150. Хвиливицкая М. И. В сб.: Старость и ее закономерности, Медгиз, Л., 1963, 9—13. Чеботарев Д. Ф. В сб.: Механизмы старения, Госмедиздат УССР, Киев, 1963, 19—27. Шахбазян Г. Х. Врачебное дело, № 9, 1965, 89—94. Яковлев Н. Н., Коробков А. В., Яна-

нис С. В. Физиологические и биохимические основы теории и методики спортивной тренировки, «ФиС», М., 1960. Яценко Э. Г. В сб.: Актуальные проблемы врачебного контроля и лечебной физкультуры. Рефераты докладов IV научно-практической конференции, Киев, 1965, 116—117; В сб.: Физическая культура и здоровье. Изд. «Здоров'я», 1967, 42—46; В сб.: Материалы X Всесоюзной научной конференции по физиологии, морфологии, биомеханике и биохимии мышечной деятельности. М., 1968, т. 3, 181—182. Bainbridge (Бейнбридж Ф. А.). Физиология мышечной деятельности. ГИЗ, М.—Л., 1927. Barcroft J. (Баркрофт Дж.). Основные черты архитектуры физиологических функций. Биомедгиз, М.—Л., 1937. Bassan L und Stöckel J. Archiv für Forstwesen, 14, 10, 1965, 1061—1077. Boigey M. Haniel scientifique d'education physique, Paris, 1933. Boothby W. Amer. Journ. of Physiol., 37, 1915, 383. Bourlière F. Senescence et senilité. J. Doin. et Cie edit., Paris, 1958. Bürger M. Altern und Krankheit, Leipzig, 1957. Christensen E. Arbeitsphysiologie, 5, 1932, 463. Cooper S., Denny-Brown D. E and Sherrington C. S. Proc. Soc., Biol., 100, 1926, 448. Durand D., Saunier C. Poumon et coeur, 15, No. 9, 1959, 909—924. Гранит Р. Электрофизиологическое исследование рецепции, М., 1957. Hansen E. Bethes Handbuch der Physiol., 15, 11, 1931, 835. Hochrein M. und Schleicher I. Unternehmerkrankheit, Stuttgart, 1955. Holmann W. In «Präventive Kardiologie», Berlin, 1961. Jokl E. The scope of exercise in rehabilitation, Publ. Ch. Tomas, Springfield, 1964. Knipping H. W., Bolt W., Valentin H. und Venrath H. Untersuchung und Beurteilung des Herzkranken, Enke—Verl., Stuttgart, 1960. Korenchevsky V. Physiological and Pathological Aging, New York 1960. Korschelt E. Lebensdauer, Altern und Tod, Fischer, Jena, 1922. Kraus H., Hirschland B. P. and Hirschhorn K. Journal of the Amer. Geriatrics society, Mai, 1956, 463—471. Krogh A. und Lindhard J. Journ. Physiol., v. 51, 1917, p. 182. Lehman G. Praktische Arbeitsphysiologie, Georg Thieme Verl., Stuttgart, 1953. Liljestrand G. und Lindhard J. Scand. Arch. Physiol., 39, 1920, 235. Liljestrand G. und Stenström J. Scand. Arch. Physiol., 39, 1920, 207—214. Lindhard J. Pflüg. Arch., 161, 1915, 233. Lohs M. und Quaas M. Int. Z. angew. Physiol., B, 25, 1968, s. 60—65. Lorand A. La Vieillesse, Paris, 1910. McKenzie. Exercise in education and medicin. Philadelphia, 1924. Maritz J. S., Morrison J. E., Peter J., Strudom N. B., Wundham S. H. Ergonomics, 4, No. 2, 1961, p. 97—122. Means A., Newburgh L. Transact. of the Assoc. of Amer., Physiol., 1915, 30. Mellerowicz H. Präventive Kardiologie, Medicus Verl., Berlin—Steglitz, 1961. Morris E. A. and Crawford M. D. Brit. Med. J., 20, 2, 1958, 1485—1496. Müller E. A. Pflüg. Arch., B, 265, H. 5, 1958, 429. Quaas M. Die Förderung der Leistungsfähigkeit während der Arbeit, Akad. Verl., Berlin, 1961. Raab W. Arch. Int. Med., 101, 1958, 194. Rutenfranz J. Int. Z. angew. Physiol., B, 18, 3, 1960, s. 264.

MOTOR ACTIVITY IN THE REGULATION OF THE ORGANISM'S FUNCTIONS DURING AGING

I. V. MURAVOV

*Institute of Gerontology of the Academy of Medical Sciences
of the USSR, Kiev*

Muscular activity, which considerably alters metabolism, energy exchange and the regulation of the activity of the most important functional systems of the aging organism, is at the same time a source of powerful stimulating effect, essential for the normal course of changes with age in the organism.

Profound disturbances of the state of the neuromuscular apparatus and the activity of the internal organs (the heart particularly) develop in hypokinesia, and the formation of the senile mechanism of regulation of the functional state of the tissues is speeded up. The changes accompanying this process lead to premature aging of the organism. The organism becomes particularly sensitive to insufficiency of motion with age.

The increasing need for muscular activity during aging conflicts with the decreasing possibility of utilizing the stimulating effect of this activity. The age-conditioned changes in the functional systems and, particularly, the «adaptation barrier», which hinder the process of adaptation of the aging organism to the conditions of physical exercises, forces us to replace the simple repletion of the «deficit» of motor activity by a qualitatively different way of organizing the motor regimen of people of various age.

One of the ways of effective realization of the therapeutic and prophylactic effect of muscular activity on the aging organism is the utilization of the regulating role of the dynamic structure of the motor action. The dependence between the structure of the motor action and the peculiarities of the reactions of the circulation, respiration and energetics of the organism permits changing, by means of various physical exercises, the correlation of the developing vegetative changes, thus forming to a certain extent the selective effect of muscular activity on one or another function of the organism.

The development of the trained state is not a process of the simple and uniform extension of the motor and functional possibilities of the organism. Improvement of the organism's adaptation to one effect may be attended by a fall in the adaptive capacities to other effects. The unevenness of the changes formed during training, the specificity of its effect on the organism, is a favourable factor and permits regarding physical training as a method of directed functional evolution of the organism.

An essential feature of the aging organism is the retarded restoration of functional changes under conditions of muscular activity, which greatly limits the organism's capacity. A cardinal way of securing adequate restoration in the labour activity and domestic life of elderly and old persons is not the prolongation of rest, but the stimulation of its restorative effect (the Sechenov effect of active recreation).

Under the effect of active recreation, connected with passing over to some other form of activity, there is a change in the regulation of the motor and vegetative functions of the organism. Under conditions of optimal activation of recreation, the «effect of damping» the reactions of the cardiovascular system develops, distinguished by economy of the changes on extending the possible range of its reactivity. This helps to eliminate the limiting link of regulation and, consequently, to extend the functional possibilities of the aging organism.

The entire factual material presented in this article permits regarding muscular activity as a factor in the regulation of the functions of the aging organism. The possibility of utilizing the selective as well as the general stimulating effect of muscular activity permits being guided when prescribing various means and methods of physical culture by the principle of «need» for definite effects, and not merely by considerations of the «possibilities» of using various forms of exercises. The choice of physical exercises in accordance with the organism's need for them, and the dosage of the applied effects in accordance with its possibilities is the effective way of directed application of the stimulating and therapeutic-prophylactic effect of muscular activity.

СКЕЛЕТНАЯ МУСКУЛАТУРА И ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОНТОГЕНЕЗА

И. А. АРШАВСКИЙ

*Институт нормальной и патологической физиологии АМН СССР,
Москва*

Согласно общепринятым представлениям об онтогенезе, организм рассматривается как машина или заведенные часы, пущенные в ход процессом оплодотворения. При своем возникновении организм якобы приобретает некий генетически предопределенный энергетический фонд, время исчерпания которого определяется интенсивностью метаболизма, а тем самым и степенью выраженности деградации или изнашивания составляющих его структур (А. Вейсман, Р. Гертвиг, М. Рубнер, А. Уортин, Г. Селье и др.). Согласно указываемым представлениям, организм, как машина, уже с момента осуществления первых рабочих актов, начинает подвергаться постепенной деградации и изнашиванию. Отсюда известное выражение — «организм при рождении появляется на свет уже сильно постаревшим» (Ч. Майнот). Сказанное относится не только к организму в целом, но и ко всем составным частям его, функционирующим как некие циклически работающие механизмы. В этом смысле постепенное исчерпание неких генетически предопределенных ресурсов обычно трактуется как результат постепенно возрастающей диссипации энергии или, что то же самое — возрастания энтропии.

Данные наших исследований побуждают прийти к противоположному заключению — в процессе онтогенеза энергетические, а тем самым и рабочие возможности организма вначале постепенно повышаются, достигают максимума к взрослому состоянию, после чего, через некоторый период времени, поток положительной энтропии начинает все более и более возрастать. Указанное постепенное возрастание диссипации энергии связано с началом старения организма и достигает максимума в старческом возрасте. Данные исследований нашей лаборатории позволяют прийти к заключению, что существеннейшим негэнтропийным фактором, постепенно увеличивающим энергетические ресурсы организма, а тем самым и его рабочие возможности, являются соответствующие особенности развития скелетной мускулатуры. Существенно обратить внимание на следующее. С точки зрения органной, скелетные мышцы на протяжении всей жизни выполняют одну и ту же функцию, а именно сократительную или, как указывал

А. А. Ухтомский, функцию выработки механической энергии движения и эластического сопротивления деформации. Однако, с точки зрения требований и задач организма в целом, функция скелетных мышц является неоднозначной в различные возрастные периоды.

В настоящей статье обобщаются данные исследований В. Д. Розановой, С. С. Соломатина, С. И. Еникеевой, Т. А. Аджимолаева, Э. И. Аршавской, Б. С. Мусина, В. П. Праздниковой, Л. А. Ли, О. Т. Вахидовой, Д. У. Эрматовой, И. С. Уголбаевой, И. И. Гохблит, М. Н. Ахунди.

В антенатальном периоде специфическая тоническая активность скелетных мышц связана с осуществлением циркуляторной функции, обеспечивающей рост плода. Скелетные мышцы еще не выполняют терморегуляционной функции, так как эмбрион и плод развиваются в условиях теплового равновесия. Они не выполняют еще и антигравитационной функции, так как эмбрион и плод, будучи погруженными в околоплодные воды, развиваются в условиях относительной невесомости. Уже в антенатальном периоде деятельность сердечно-сосудистой и дыхательной систем находится в теснейшей коррелятивной связи и зависимости от особенностей функции скелетных мышц. Скелетная мускулатура в этом периоде характеризуется низкой потенциальной лабильностью и еще крайне ограниченными рабочими резервными возможностями. Частным выражением низкой потенциальной лабильности скелетных мышц в антенатальном периоде является низкий уровень поляризации.

Имеются достаточные основания предполагать, что постоянная тоническая активность скелетных мышц плода осуществляется за счет малочастотных и малоамплитудных локальных потенциалов (ЛП) или так называемых потенциалов концевой пластики (ПКП). J. Diamond a. R. Miledi (1962) обнаружили, что деятельность скелетно-мышечной ткани в антенатальном периоде у крыс осуществляется за счет редких подпороговых деполяризационных сдвигов, являющихся примитивными гомологами миниатюрных ПКП или ЛП взрослого организма. Наряду с постоянной тонической активностью мышцы плода эпизодически осуществляют и другую форму деятельности — обобщенную тоническую активность разгибательного или опистотонического характера. Регистрируемая при этом асинхронно осуществляющаяся активность характеризуется частотой от 20—30 до 50 колебаний в 1 сек. с переменной амплитудой отдельных электрических реакций. Какова их природа, являются ли они локальными или пиковыми? J. Diamond a. R. Miledi (1959) обнаружили, что мембрана скелетно-мышечных волокон плодов крыс характеризуется генерализованной хеморецепцией к ацетилхолину (АХ) на всем своем протяжении. Естественно, при генерализованной хемо-

рецепции мышечные волокна под влиянием импульсов, входящих из нервных центров, могут генерировать лишь ЛП. В этом периоде еще отсутствует соответствующая структурная организация, позволяющая мышечному волокну генерировать потенциалы действия (ПД). Вот почему можно предположить, что и эта форма скелетно-мышечной активности осуществляется за счет ЛП. Как одна, так и другая форма описанной тонической активности предназначена у плода, как только что указывалось, для осуществления циркуляторной функции.

В сердце плода, как показали наши исследования на собаке, может быть определено уже некоторое содержание миоглобина, но лишь в виде следов. В скелетных мышцах миоглобин еще отсутствует. Это, казалось бы, является тем более удивительным, что артериальная кровь плода, по сравнению с тем, что имеет место в постнатальном онтогенезе, характеризуется весьма выраженными признаками гипоксемии: степень насыщения гемоглобина крови кислородом в артериальной крови, питающей область головы и передней части туловища и конечностей, равна 50—60%, а в крови, питающей заднюю часть туловища и конечностей, равна 30% (Дж. Баркрофт, 1946; И. А. Аршавский и Н. Е. Озерецковская, 1943).

Малая степень насыщения крови кислородом сочетается в антенатальном периоде с низкой величиной напряжения его в плазме крови, а именно — в пределах около 40 мм ртутного столба (D. Barron a. G. Meschia, 1954). Мы уже сообщали, что в антенатальном периоде состоянии физиологической гипоксемии сочетается с адренэргическими чертами гомеостаза, что выражается в сравнительно высоком содержании катехоламинов и ацетилхолинэстеразной активности крови (В. Д. Розанова, О. Т. Вахидова, Ли-Сю-Цень, 1965, 1966).

В раннем постнатальном возрасте, до реализации позы стояния, скелетные мышцы начинают осуществлять терморегуляционную функцию и функцию, обеспечивающую рост организма. Высокий уровень потребления кислорода, а тем самым и высокие энергетические затраты, которыми характеризуется организм в раннем возрасте, в основном обеспечиваются также постоянной тонической активностью скелетных мышц. Это в свою очередь обуславливает высокий уровень деятельности дыхательной и сердечно-сосудистой систем. Потенциальная лабильность скелетных мышц и коррелятивно связанных с ними различных систем органов повышается, частным выражением чего для скелетной мускулатуры является увеличение уровня поляризации.

Резервные (рабочие) возможности скелетных мышц, а тем самым и организма в целом, после рождения несколько повышаются по сравнению с предыдущим (антенатальным) периодом, однако, продолжают оставаться еще весьма ограниченными. Говоря о рабочих возможностях в раннем постнаталь-

ном возрасте и в антенатальном периоде, мы естественно не имеем в виду работу с точки зрения классической механики, т. е. такую, какую можно было бы оценить в принятых единицах — килограммометрах. Постоянная тоническая активность скелетных мышц в ante- и постнатальном периодах и терморегуляционной в раннем постнатальном возрасте, осуществляется в основном в изометрическом режиме. Существенно обратить внимание на механизмы, осуществляющие этот изометрический режим сократительной активности

в антенатальном и в раннем постнатальном периодах, своеобразии синаптической структуры в этом возрасте обеспечивает генерализованную холинорецепцию на всем протяжении мембраны мышечного волокна, что, по-видимому, может обуславливать генерацию в разных точках мышечного волокна только лишь потенциалов концевой пластинки или локальных потенциалов. На рис. 1 можно видеть величину мембранного потенциала мышечных волокон икроножной мышцы у щенков раннего постнатального возраста и генерируемых потенциалов в ответ на одиночное раздражение большеберцового нерва. Величина мембранного потенциала в этом возрасте колеблется в среднем в пределах 25—30 мВ, амплитуда генерируемых потенциалов либо меньше, либо совпадает с величиной мембранного потенциала (С. С. Соломатин, 1967). В этом возрасте еще не регистрируется так называемый феномен реверсии, характеризующий потенциал действия у взрослых. Из приведенного естественно понять, почему в раннем постнатальном возрасте еще не может быть осуществлено сокращение такой интенсивности, которая позволила бы организму стать на ноги.

На рис. 2 можно видеть электромиографическое выражение постоянной тонической активности при температуре среды равной 22°, в условиях фокальной регистрации генерируемых

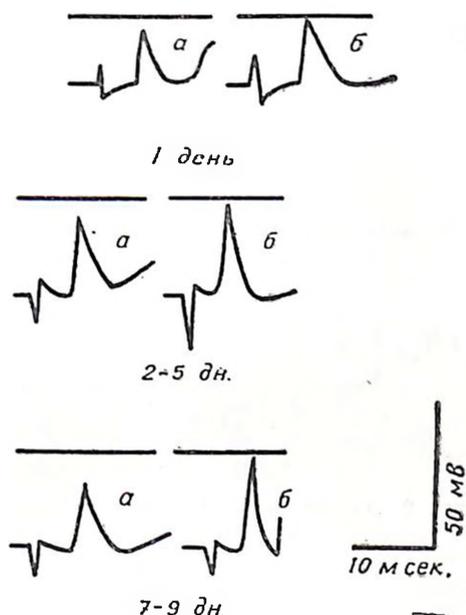


Рис. 1. Мембранные потенциалы и потенциалы действия волокон икроножной мышцы у щенков в первые дни после рождения.

электрических реакций. Термондифференциальная зона у щенков раннего возраста равна $32-34^{\circ}$. Говоря о тонической функции скелетных мышц в качестве источника термогенеза, обеспечивающего состояние гомеотермии, мы, естественно, не игнорируем другой крайне важный источник термогенеза в раннем возрасте, а именно функцию так называемого «бурого» жира (M. D. Dawkins a. D. Hull, 1963, 1964; D. Hull, 1966).

Помимо функции термогенеза, постоянная тоническая активность скелетных мышц является важнейшим фактором

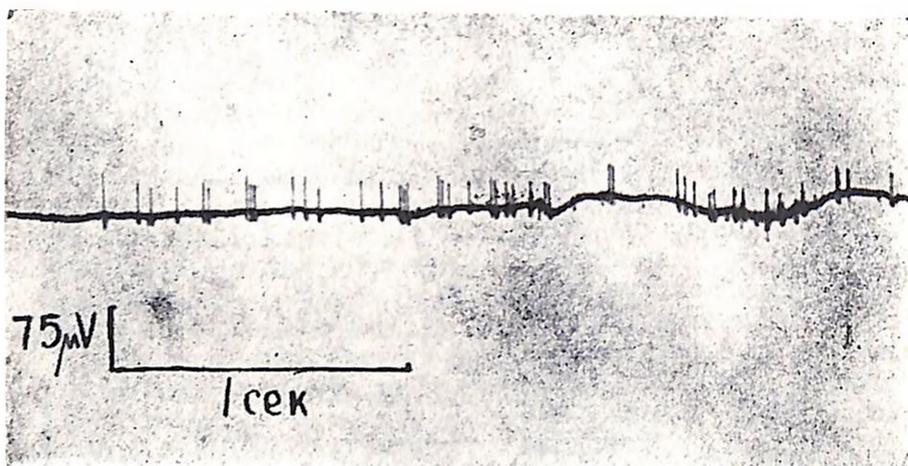


Рис. 2. Электромиографическое выражение постоянной тонической активности скелетных мышц (сгибатели голени) у щенков в раннем постнатальном возрасте. На демонстрируемом рисунке — эмг щенка 4-дневного возраста.

функциональной индукции анаболических процессов в раннем постнатальном возрасте. Они выражаются в росте мышечной ткани, то есть в гипертрофии мышечных волокон и в увеличении суммарного содержания белка в них.

Известно, что у детей самого раннего возраста относительный вес массы, приходящейся на долю скелетной мускулатуры, равен $25-27\%$. У взрослого человека на долю массы скелетных мышц приходится $42-45\%$ веса всего тела. Таким образом, в процессе роста общая масса скелетной мускулатуры за счет гипертрофии отдельных мышечных волокон увеличивается примерно вдвое.

Несколько замечаний об общем содержании белка в тканях скелетной мускулатуры, с которым принято связывать так называемое пластическое обеспечение функции. В раннем постнатальном возрасте у физиологически зрелых щенков общее содержание белка равно в скелетных мышцах $15,3$ г/100 г сырой ткани, в миокарде — $15,5$ г/100 г сырой ткани (рис. 3 А). Физиологически незрелые щенки, основным признаком кото-

рых является несоответствие физиологического возраста календарному, характеризуются состоянием мышечной гипотонии, что, в частности, сказывается в весьма слабо выраженной электромиографической активности. Такие щенки весьма чувствительны и мало устойчивы к снижению температуры среды. У физиологически незрелых щенков общее содержание белка и плотного остатка в тканях скелетных мышц и мио-

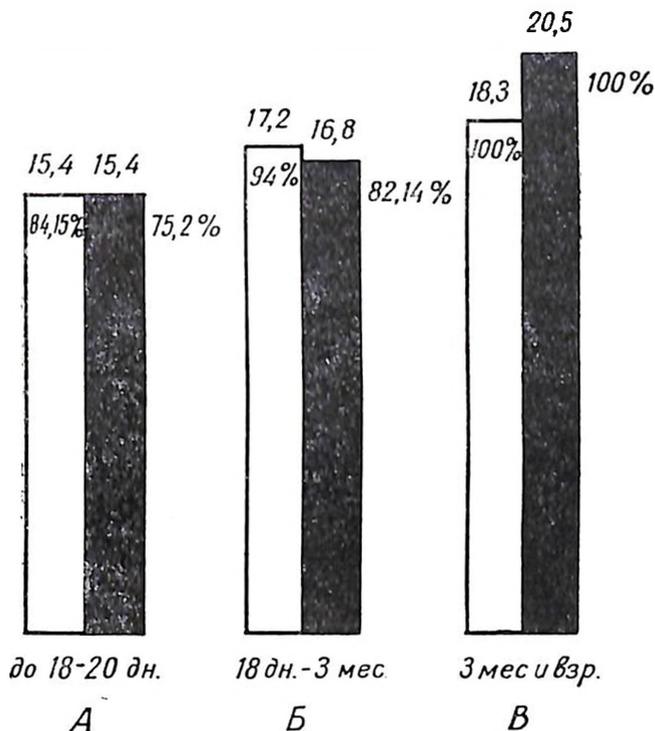


Рис. 3. Содержание суммарного белка в тканях скелетных мышц (черные столбики) и миокарда (белые столбики) у собак в различные возрастные периоды.

карда существенно ниже, чем у физиологически зрелых. (Рис. 4). Физиологически незрелые щенки как бы моложе своих сверстников — физиологически зрелых организмов. Однако, эта «молодость», сочетаемая с признаками физиологической неполноценности, в большей или меньшей степени является скорее минусом, нежели плюсом. Они менее устойчивы к стрессовым раздражениям среды по сравнению со своими сверстниками — физиологически зрелыми организмами.

В этом возрасте высокие энергетические затраты на единицу массы тела, обеспечиваемые постоянной тонической активностью скелетных мышц, сочетаются с высокими показателями естественной частоты дыханий и сокращений сердца.

По сравнению с антенатальным периодом, в раннем постнатальном возрасте степень негэнтропийности, выражаясь языком термодинамики, или степень неравновесности, выражаясь языком Э. С. Бауэра, несколько увеличивается. Вследствие этого повышается, хотя еще и незначительно, потенциальная лабильность скелетно-мышечной, дыхательной и сердечно-сосудистой систем. Однако, поддержание жизни и обеспечение дальнейшего роста организма в этом периоде осуществляется за счет высоких энергетических затрат.

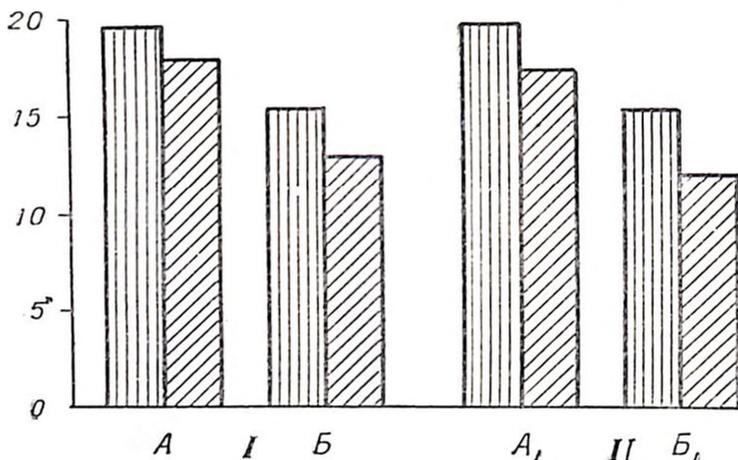


Рис. 4. Содержание суммарного белка (слева) и плотного остатка (справа) у физиологически зрелых щенков (прямая штриховка) и у физиологически незрелых щенков (косая штриховка) в раннем постнатальном возрасте до реализации позы стояния.

A, A₁ — плотный остаток; B, B₁ — белок: I — в миокарде; II — в скелетных мышцах.

Эти затраты должны быть обеспечены соответствующими характеристиками гомеостаза. Состояние физиологической гипоксемии сразу после рождения сменяется состоянием физиологической гипероксемии. Оно выражается в повышении степени насыщения гемоглобина крови кислородом до 95—100% и в повышении напряжения плазмы крови кислородом до 130—135 мм ртутного столба. В раннем постнатальном возрасте состояние гипероксемии сочетается с адренэргическими чертами гомеостаза. Последние являются более высокими, нежели в антенатальном периоде (В. Д. Розанова и др., 1965; И. А. Аршавский, 1967).

В периоде реализации позы стояния у собак (с 16—18 дней) скелетные мышцы приобретают существенно новую для них антигравитационную функцию и способность осуществлять локомоторные акты. Впервые возникает способность выполнять работу в том смысле, как ее понимает классиче-

ская механика. Терморегуляционная функция, осуществляемая скелетными мышцами до этого периода, в зависимости от принадлежности к тому или иному виду млекопитающих, снижается полностью или частично. При этом мышцы с тонического типа активности переходят на фазно-тетаническую форму деятельности. Указанный переход на существенно новый тип функционирования связан с преобразованием соответствующих центральных субординирующих влияний, в связи с которыми существенно преобразуется синаптическая структура. Это проявляется как бы стягиванием ранее генерализованной холинорецепции к месту непосредственного контакта нервных аксонов с мышечными волокнами в пределах субсинаптической мембраны (А. Г. Гинецинский и Н. М. Шамарина, 1942; J. Diamond, a. R. Miledi, 1962, В. П. Праздников, 1967). Холинорецепция как бы «отступает», исчезая сначала у сухожилий и далее в направлении к концевой пластинке. Впервые начинает устойчиво регистрироваться феномен реверсии, в связи с чем закрепляется способность генерировать ПД. Эта способность достигается благодаря созреванию и образованию специальной структурной организации — мионеврального синапса и строго локального приурочения хеморецепции к невральной области (в пределах субсинаптической мембраны). ПД при этом образуется на границе субсинаптической мембраны и близлежащей мембраны мышечного волокна. По мере созревания указываемой триггерной зоны постепенно повышается величина мембранного потенциала и, соответственно, амплитуда ПД.

На рис. 5 можно видеть постепенное повышение мембранного потенциала у собак, кроликов, крыс. У собак можно видеть скачкообразное повышение мембранного потенциала вначале в возрасте 16—18 дн. (52 мв), когда возникает поза стояния и формируется тонус вагуса, и в 2,5—3 мес. (70 мв), когда щенки более или менее полностью овладевают локо-

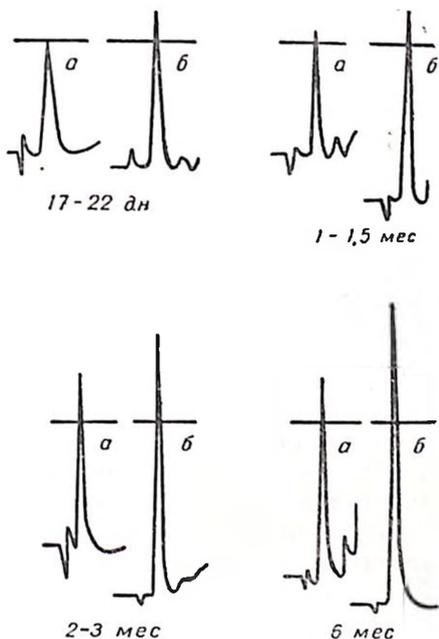


Рис. 5. Мембранные потенциалы и потенциалы действия у собак в различные возрастные периоды (калибровка на рис. 1).

моторными актами в среде и эмансипируются от матери. Максимум (85—90 мв) мембранный потенциал достигает во взрослом состоянии. На этом же рисунке можно видеть, как, наряду с повышением мембранного потенциала, возникает вначале феномен реверсии и в дальнейшем повышается амплитуда потенциала действия, который к шестимесячному возрасту достигает величин, свойственных взрослым (С. С. Соломатин, 1967).

Возникающая в мышцах новая форма функционирования обуславливает организацию состояния покоя, обеспечиваемого началом функции соответствующих механизмов торможения—центральных и периферических.

У человека электроэнцефалографическим выражением состояния покоя является альфа-ритм. Наши исследования выполнены на детях в возрасте до 1 года, у которых мы не обнаружили электроэнцефалографического выражения состояния покоя в виде альфа-ритма (М. Н. Ахунди, 1967). Если иметь в виду литературные данные, то соответствующее выражение альфа-ритма стабилизируется у детей к семилетнему возрасту, а согласно другим авторам даже к 14—15 годам (R. Garsche, 1954).

Данные наших исследований позволили установить, что организация покоя создается и индуцируется двигательной активностью в состоянии бодрствования. Чем выраженнее двигательная активность в среде (имеется в виду, естественно, оптимальная форма ее), тем выраженнее и полноценнее состояние покоя и сна, во время которых обеспечиваются необходимые трофотропные (анаболические) процессы. Чем более организованным является состояние покоя, тем более стабильным является его электроэнцефалографическое выражение в виде альфа-ритма. Отсюда естественно понять хорошо выраженную стабильность альфа-ритма у лиц, занимающихся спортом (Л. И. Ильина и Е. В. Куколевская, 1962). Что же достигается в состоянии покоя, организуемого соответствующими центральными корково-подкорковыми механизмами? Происходит переход на холинэргические черты гомеостаза, а в связи с этим — экономизация энергетических затрат, а также снижение того высокого уровня деятельности дыхательной и сердечно-сосудистой систем, который был характерен для раннего постнатального возраста.

Холинэргические черты гомеостаза, выражающиеся в снижении содержания катехоламинов и холинэстеразной активности крови и характеризующие организующийся покой, сочетаются с образованием физиологической гипоксемии. Последняя выражается в сохранении обычной степени насыщения гемоглобина крови кислородом (до 95% и выше) и в значительном снижении парциального давления кислорода в плазме крови (до 100 и даже 90 мм рт. ст.). Ранее мы уже сообщали

(И. А. Аршавский, 1967), что, в связи с увеличивающейся двигательной активностью в среде, образующаяся физиологическая гипоксемия является основным фактором, обуславливающим возникновение тонуса вагуса. Этот механизм включается опосредованно через урежение естественной частоты дыханий. Данные исследований последних лет, в особенности выполненные В. П. Праздниковым, позволяют полагать, что в создании физиологической гипоксемии имеет значение не только снижение естественной частоты дыханий в процессе постнатального развития, но и увеличение (абсолютное и относительное) общего содержания миоглобина в тканях скелетной мускулатуры. Чем больше содержание миоглобина в тканях скелетной мускулатуры, тем большее количество кислорода будет извлекаться из плазмы крови для образования оксимиоглобина и тем, соответственно, ниже будет его парциальное давление в крови.

Данные наших исследований побуждают прийти к заключению о необходимости различения двух форм организуемого состояния покоя. Одна — описанная выше, обозначается нами как анаболический покой, другая — представляет собой ту форму, которая А. А. Ухтомским (1951) была обозначена как оперативный покой. Подобно тому как дремота является с определенного периода постнатального онтогенеза переходной фазой от состояния бодрствования к состоянию сна, точно так же оперативный покой представляет собой переходную фазу от анаболического покоя к деятельному состоянию. Организм должен вначале как бы мобилизовать накопленные в состоянии анаболического покоя энергетические резервы, чтобы экономно израсходовать их во время деятельности. Как показали данные исследований нашей лаборатории, выполненные на собаках, состояние оперативного покоя, близкое и по электроэнцефалографическому выражению к реакции ориентировочного рефлекса, вначале выражается в интенсификации синхронизированной активности коры мозга. Это выражается в переходе на активность, близкую к тета-ритму, после чего она сменяется бета-ритмом. Этот переход имеет место еще в состоянии оперативного покоя.

Выше указывалось, что в раннем постнатальном возрасте анаболические процессы в скелетных мышцах индуцируются постоянной тонической функцией их. Последняя не прекращается и при так называемом сне, который в раннем возрасте представляет собой активное состояние, и в этом он существенно отличается от сна у взрослых. Покой, при котором имеют место реполяризационные процессы и соответствующие им анаболические накопления, как специальное организованное состояние в раннем возрасте еще отсутствует. Он представлен лишь в виде небольших интервалов между электрическими реакциями в каждом отдельном мышечном волокне или

отдельной двигательной единице (рис. 2). В раннем постнатальном возрасте в скелетной мышце, при непрямом раздражении ее, еще не регистрируются такие феномены как следовая гиперполяризация, экзальтационная фаза и посттетаническая активация (И. А. Аршавский и В. Д. Розанова, 1939; Т. А. Аджимолаев, 1963).

После реализации позы стояния и начинающейся постепенной организации состояния покоя в 18—20 дней и в особенности после 2,5—3 месяцев у собак можно уже зарегистрировать хорошо выраженные феномены экзальтационной фазы, следовой гиперполяризации и посттетанической активации. (Рис. 6 б, в). Организация состояния покоя начинается еще при продолжающемся росте. После того как реализуется поза стояния, в связи с продолжающимся ростом, еще сохраняется та форма анаболизма, которая выражается в накоплении живой протоплазмы и, в частности, в увеличении общего содержания белка в тканях скелетных мышц (рис. 3). Вместе с тем еще в этом периоде, в особенности после завершения роста, возникает другая форма анаболизма, представленная в состоянии организованного покоя и выражающаяся в таких структурных и физико-химических изменениях в скелетных мышцах, которые повышают их последующую работоспособность. Частным выражением этой существенно другой формы анаболизма являются вышеуказанные феномены: следовая гиперполяризация, экзальтационная фаза и посттетаническая активация.

Рис. 6. Монофазные потенциалы действия (фокальная регистрация) с икроножной мышцы в условиях непрямого раздражения ее (большеберцового нерва) одиночными стимулами у собак в различные возрастные периоды:

а — до 16—18 дней; б — после 18—20 дней; в — после 3-х месяцев.

Эта существенно новая форма анаболизма, имеющая место в состоянии покоя, представляет собой процесс физиологического торможения, который по отношению к скелетным мышцам обозначен нами как истинный пессимум (И. А. Аршавский и др., 1959). После того как завершается период роста и наступает тот период в индивидуальном развитии организма, который в физиологии принято обозначать как взрослое состояние, а в термоди-

намике открытых систем как стационарное состояние, «накопительные» процессы, т. е. другая — структурная или физико-химическая форма анаболизма — не прекращаются. Это выражается в том, что восстановительные процессы, следующие тотчас за выполнением любого рабочего акта, являются, как правило, необратимыми.

Система в целом и скелетные мышцы, в частности, не возвращаются к исходному состоянию покоя, от которого она отправлялась перед началом выполнения рабочего акта. Восстановление, как правило, является избыточным. Выражаясь языком термодинамики, в живых открытых системах количество свободной энергии при каждом восстановительном процессе, следующем за деятельностью, увеличивается по сравнению с тем, что имело место в исходном состоянии. В ранние возрастные периоды прогрессивность самообновления выражается в накоплении живой протоплазмы, то есть в процессе роста. В более поздние возрастные периоды оно выражается в избыточном накоплении энергетических потенциалов или «свободной энергии» за счет структурных и физико-химических факторов. Сущность онтогенетического развития в том и заключается, что принципиальная необратимость, сказывающаяся уже в микроинтервалах времени и имеющая место в связи с восстановительными процессами, возвращающими живую систему, и, в особенности, ее скелетную мускулатуру к так называемому исходному состоянию, идет не со знаком минус, как это принято считать, а со знаком плюс.

Обратимся к краткой характеристике данных, полученных в сравнительно-онтогенетических исследованиях на кроликах и зайцах, крысах, белках и бурундуках, относящихся также к грызунам и принадлежащих к семейству беличьих (*Sciuridae*). В отличие от крыс, стенобионтных организмов, бурундуки и белки являются эврибионтными организмами. Как мы уже неоднократно указывали, продолжительность жизни у кроликов, характеризующихся крайне ограниченными рабочими возможностями в среде, равна 4—6 годам. У зайцев, имеющих те же линейные и весовые размеры, но характеризующихся весьма выраженными рабочими возможностями в среде, продолжительность жизни составляет 10—12 лет. Продолжительность жизни у крыс, отличающихся более ограниченными рабочими возможностями в среде, равна 2,5—3 годам.

У бурундуков, при более выраженной двигательной активности в среде, продолжительность жизни равна 6—8 годам, а у белок 12—15 годам. Следует подчеркнуть, что белки и бурундуки имеют те же линейные и весовые размеры, что и крысы.

Выше было обращено внимание на то, что у собак в процессе онтогенеза мембранный потенциал и потенциал действия мышечных волокон постепенно повышаются. То же самое

имеет место у крыс и кроликов. По отношению к крысам для мембранного потенциала это впервые было обнаружено С. И. Фудель-Осиповой (1963). Независимо от существенных различий в рабочих возможностях и в продолжительности жизни, к взрослому состоянию величина мембранного потенциала, как и потенциала действия, у собак, кроликов и зайцев, крыс и бурундуков является в основном однозначной. (Рис. 7). Мы были не менее удивлены, когда обнаружили, что скелетные мышцы у собак, кроликов, зайцев и крыс как по

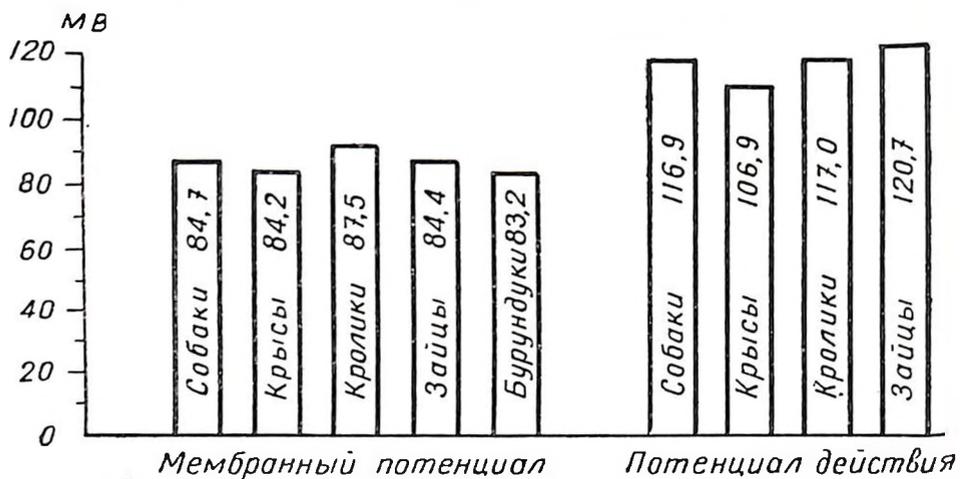


Рис. 7. Величины мембранных потенциалов действия (справа) у взрослых млекопитающих разных видов.

общему содержанию белка, так и по содержанию плотного остатка и воды к взрослому состоянию характеризуются однозначными величинами (Рис. 8). Вместе с тем, перечисленные виды исследованных животных существенно отличаются друг от друга по содержанию миоглобина как в скелетных мышцах, так и в миокарде. Оно тем выше, чем выше рабочие возможности организма в среде у соответствующих видов животных. Можно ли полагать, что различие в рабочих возможностях у исследованных животных указанных видов определяется различием в содержании миоглобина в их скелетных мышцах и миокарде? Прежде чем ответить на этот вопрос, обратимся к краткой характеристике данных, полученных в других сериях опытов.

Мы уже неоднократно сообщали о наших исследованиях, посвященных преобразованиям, возникающим у таких стенобионтных или идиоадаптивных организмов как кролики и крысы, которые с месячного возраста развиваются в условиях сочетанного влияния скелетно-мышечных нагрузок и гипоксических экспозиций. Указывалось, что после нескольких меся-

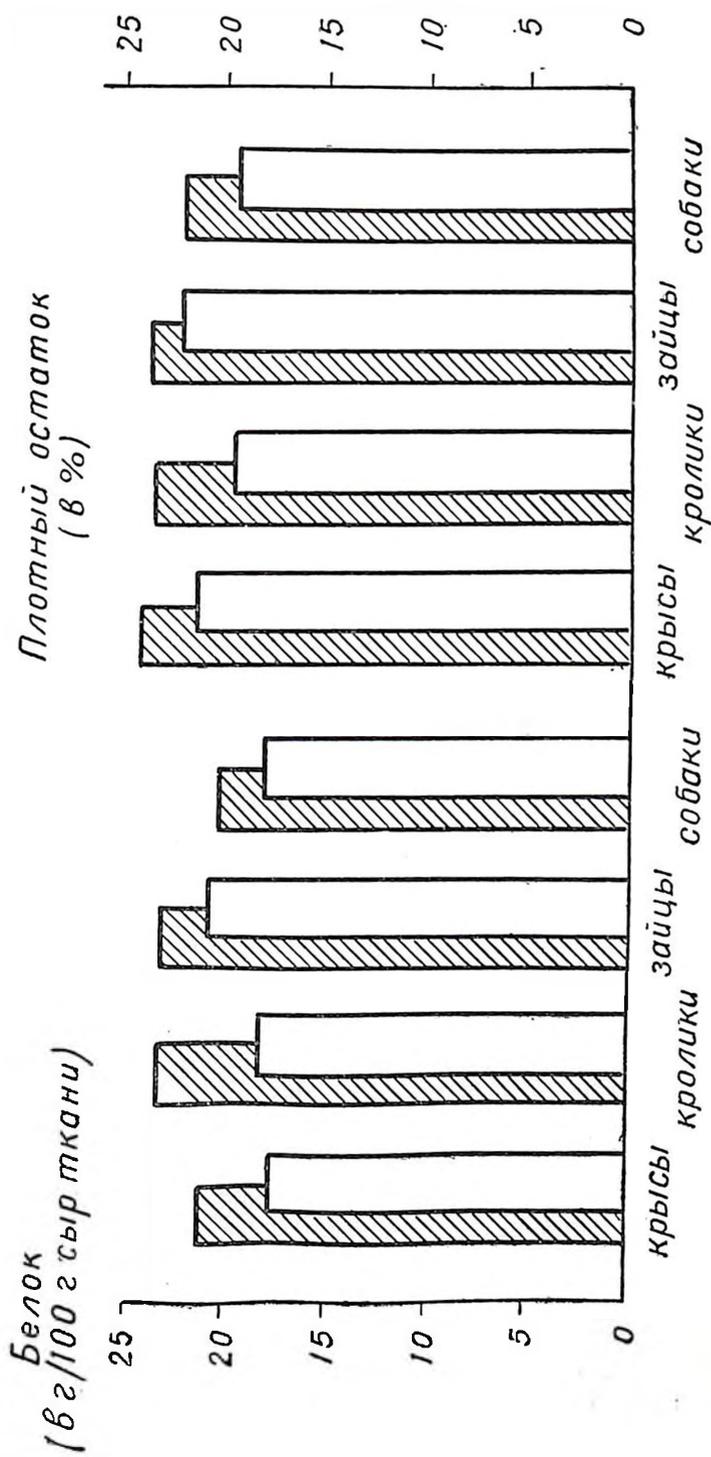


Рис. 8. Содержание суммарного белка (слева) и плотного остатка (справа) у взрослых млекопитающих разных видов.

Обозначения: светлые столбики — скелетные мышцы, с косой штриховкой — сердце.

цев развития в таких условиях у подопытных животных, по сравнению с контрольными, уменьшаются энергетические затраты не только на единицу массы, но и на единицу поверхности тела, значительно снижается частота дыханий и сокращений сердца. У подопытных животных значительно возрастают рабочие возможности. Так, длительность плавания у кроликов увеличивается в 10 и более раз, у крыс — более, чем в 5 раз. У этих животных не меняется величина мембранного

(в г/100 г сыр. тк)

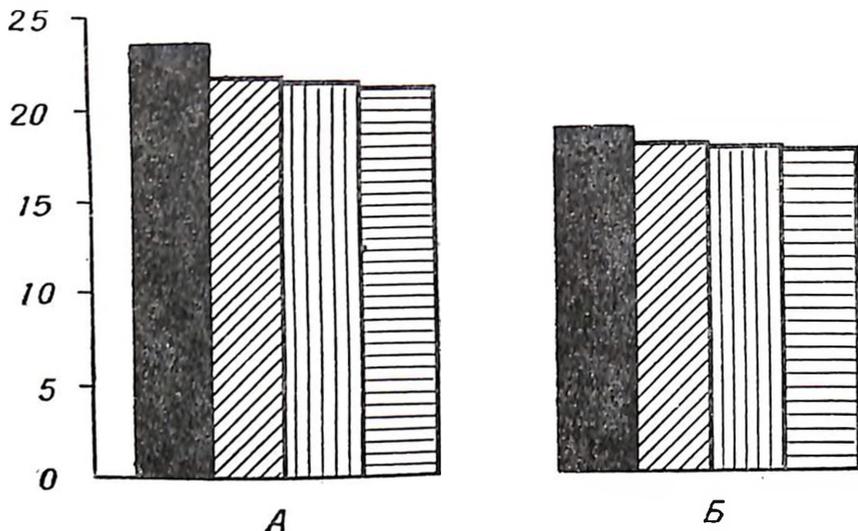


Рис. 9. Содержание суммарного белка:

А — в тканях скелетных мышц; Б — в миокарде у кроликов: контрольных (черные столбики) и при различных условиях развития (штрихованные столбики).

потенциала и потенциала действия в мышечных волокнах. Общее содержание белка в скелетных мышцах и в миокарде, как это было обнаружено в опытах Л. А. Ли, не только не увеличивается, но достоверно снижается. (Рис. 9). Явление это названо нами феноменом протеинового метаболического омоложения. При этом развивающиеся в условиях скелетно-мышечной тренировки животные по своему физиологическому возрасту оказываются более молодыми, чем контрольные. В данном случае указываемое несоответствие физиологического возраста календарному, как показывают наши исследования, является фактором положительного значения. Эти факты побуждают с несомненной осторожностью относиться к тому, что принято называть пластическим протеиновым

обеспечением функции. Вместе с тем, содержание миоглобина как в миокарде, так и в особенности в скелетных мышцах, повышается (рис. 10). На демонстрируемом рисунке (белые столбики справа), в целях сопоставления, представлено содержание миоглобина в миокарде, мышцах разгибателях и мышцах сгибателях у зайцев. На этом рисунке можно также видеть, что содержание миоглобина в скелетных мышцах и

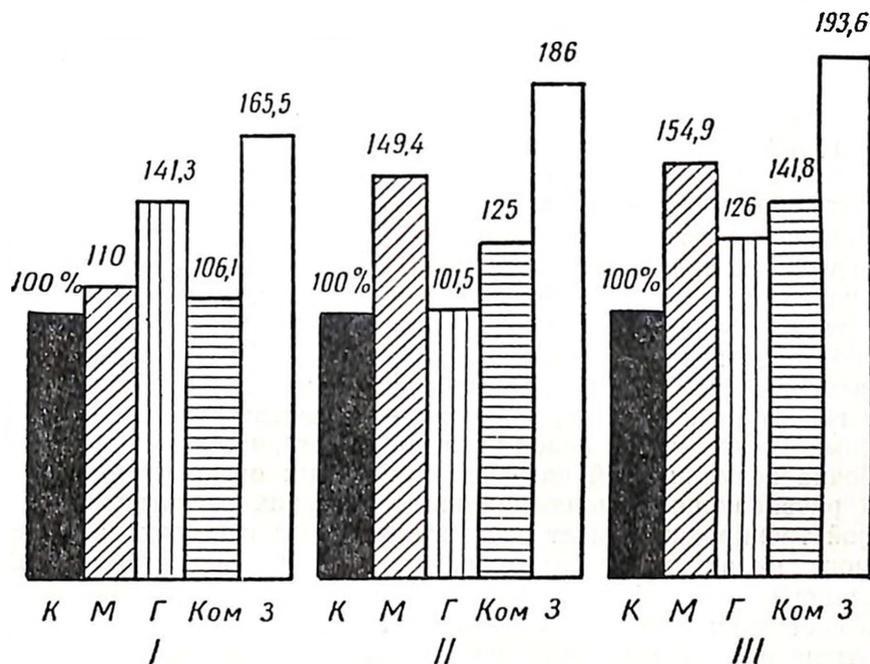


Рис. 10. Содержание миоглобина у контрольных кроликов (к — черные столбики, принято за 100%) и при различных условиях развития:

м — скелетно-мышечная тренировка; г — гипоксическая экспозиция; ком — комбинированная тренировка; з — у взрослых зайцев. I — миокард; II — мышцы разгибатели; III — мышцы сгибатели.

миокарде при развитии животных в условиях скелетно-мышечной нагрузки и в условиях действия гипоксических экспозиций меняется неоднозначно.

В свое время В. Я. Данилевский в книге «О происхождении мускульной силы» (1876) писал: «Генератором мускульной силы следует считать белковое вещество мышцы». Нет сомнения, что «мускульная сила», то есть рабочие возможности скелетных мышц, определяется некой известной величиной суммарного белка в них. Однако, эта зависимость ограничена, по-видимому, известными границами. Дальнейшее увеличение рабочих возможностей скелетных мышц, очевидно, уже не находится в прямой пропорциональной зависимости

от содержания белка в них. Поэтому естественно поставить вопрос — не связаны ли более высокие рабочие возможности у эврибионтных организмов и у организмов, развивающихся в условиях скелетно-мышечной тренировки, с увеличением содержания гемоглобина?

Несомненно, в значительной мере это так. Вместе с тем, данные многочисленных сравнительных исследований не позволяют нам считать, что повышение рабочих возможностей в указанных условиях можно объяснить только лишь повышением содержания гемоглобина в скелетных мышцах, а тем самым и в миокарде.

Известный болгарский физиолог профессор Др. Матеев, который в связи с исследованиями состояния гипокинезии, также рассматривает роль скелетной мускулатуры в качестве негэнтропийного фактора, связывает повышение рабочих возможностей с гипертрофией мышечной ткани и миокарда. Гипертрофия при этом рассматривается им как сопряженно индуцируемый ответ на функцию. В наших исследованиях мы регистрировали относительный вес мышц — сгибателей и разгибателей передних и задних конечностей. У одних подопытных животных повышение рабочих возможностей сочетается с гипертрофией мышц, у других — не связано с этим фактором. Мы уже имели повод указывать на то, что повышение рабочих возможностей как у эврибионтных организмов, так и у развивающихся в специальных условиях скелетно-мышечной тренировки, может осуществляться за счет так называемого механизма скольжения, то есть достаточно высокой степени расслабления каждого саркомера в отдельности в состоянии покоя, то есть за счет механизма, известного по отношению к миокарду под названием «механизма Франка-Старлинга». При этом мы имеем в виду определенную степень расслабления, связанную с интенсивным течением анаболических процессов, которую мы обозначили понятием истинного пессимума. Говоря о роли двигательной активности в качестве фактора, определяющего повышение негэнтропийных (рабочих) возможностей, мы имеем в виду прежде всего динамический компонент нагрузки на скелетную мускулатуру, гармонично вовлекающий в работу все ее группы.

В специальных сериях опытов, еще полностью незавершенных, нами исследуются особенности развития животных в условиях статической нагрузки на скелетную мускулатуру, при которой имеет место весьма выраженная гипертрофия мышц, а именно те ее формы, которые у человека достигаются с помощью разнообразных силовых упражнений, известных под названием «культуризма» или атлетизма. Получаемые данные позволяют прийти к заключению, что статические формы нагрузки на скелетную мускулатуру не могут считаться эффек-

тивными и повышающими негэнтропию в такой же мере, как динамические.

При развитии в условиях скелетно-мышечной тренировки у идиоадаптивных организмов (крысы, кролики) организуется то состояние анаболического покоя, при котором формируются холинэргические черты гомеостаза, снижаются энергетические затраты на единицу массы и на единицу поверхности тела, уменьшается естественная частота дыханий и возникает тонус вагуса.

Указываемая форма анаболического покоя отличается от «покоя», имеющего место у идиоадаптивных или стенобионтных млекопитающих, каким, например, является кролик, живущий в норе или в лабораторной клетке. В этом смысле этот «покой» близок к описанному И. А. Гончаровым у Ильюши Обломова. Как это вытекает из данных наших исследований и, в особенности, из исследований киевской школы геронтологов (И. В. Муравов, 1963; В. В. Фролькис и И. В. Муравов, 1965; В. А. Боев, 1967), такая форма «покоя» является фактором, увеличивающим поток положительной энтропии, ограничивающим рабочую возможность организма и продолжительность жизни. Данными исследований, выполненных в нашей лаборатории С. И. Еникеевой и О. Т. Вахидовой, было установлено, что у щенков после отлучения от вскармливания молоком матери при дальнейшем развитии их в условиях ограниченной двигательной активности, по сравнению с контрольными животными, имеет место более высокий основной обмен. У них значительно позднее снижается естественная частота дыханий и позже возникает тонус вагуса. То же самое было обнаружено у крыс, которые после отлучения от вскармливания молоком матери в течение шести месяцев развивались в условиях ограниченной двигательной активности. По сравнению с контрольными животными, они характеризуются более высоким (на 20—30%) потреблением кислорода, более высокой частотой дыханий и сокращений сердца, увеличенной активностью ацетилхолинэстеразы и гораздо более низкими рабочими возможностями.

Экспериментальными исследованиями И. В. Муравова (1963), В. В. Фролькиса и И. В. Муравова (1965) было установлено, что при длительном ограничении двигательной активности у молодых крыс ускоряется формирование «старческого» механизма регуляции функционального состояния тканей, резко нарушается обмен веществ и значительно укорачивается продолжительность жизни животных. Авторы впервые в условиях эксперимента установили роль гипокинезии в качестве фактора, ограничивающего продолжительность жизни. Необходимо отметить в связи с этим, что А. А. Ухтомский развивал и обосновывал идею о том, что в процессе филогенетической эволюции возрастает роль организуемого «оператив-

ного покоя», как высшей формы концентрации процесса торможения.

Сравнительно-онтогенетические исследования позволили нам обосновать и сформулировать в противовес «энергетическому правилу поверхности», «энергетическое правило скелетных мышц». Согласно энергетическому правилу поверхности, в каждом возрастном периоде постнатального онтогенеза особенности энергетики и физиологических отправлений различных систем органов и организма в целом определяются текущим соотношением между поверхностью и массой тела. Согласно энергетическому правилу скелетных мышц, особенности энергетики и физиологических отправлений различных систем органов и всего организма в каждом возрастном периоде определяются текущими особенностями функционирования скелетной мускулатуры.

Согласно нашему правилу, потенциальная лабильность скелетных мышц, негэнтропийные и, следовательно, рабочие возможности и продолжительность жизни находятся в прямой зависимости от степени выраженности двигательной активности, связанной с особенностями экологии у соответствующих видов млекопитающих. При этом, чем интенсивнее двигательная активность в среде, естественно в границах допустимого оптимума, тем более выраженной является функция соответствующих механизмов торможения. Последние и являются основным негэнтропийным фактором, увеличивающим энергетические ресурсы, рабочие возможности и продолжительность жизни организма.

Есть основание полагать, что с затуханием двигательной активности, обуславливающим снижением субординирующих и трофических влияний, постепенно редуцируются ранее приобретенные механизмы торможения. Киевской школой геронтологов установлено, что регулярность и стабильность альфаритма, являющегося электроэнцефалографическим выражением ранее организовавшегося анаболического покоя, в пожилом и старческом возрасте постепенно утрачиваются (Н. Б. Маньковский, А. Я. Минц, 1966). В связи с постепенным затуханием двигательной активности, постепенно утрачивается в более или менее выраженной степени загусная регуляция деятельности сердца (В. В. Фролькис, 1962; И. А. Аршавский и С. И. Еникеева, 1965).

В связи с постепенной утратой при старении ранее приобретенных процессов торможения, возраставшие ранее в процессе пре- и постнатального онтогенеза негэнтропийные возможности организма сменяются все увеличивающимся потоком положительной энтропии, приближая тем самым живую систему все более и более к состоянию необратимого равновесия.

ЛИТЕРАТУРА

- Аджимолаев Т. А.* К физиологической характеристике особенностей становления и преобразования деятельности нервно-мышечной системы в процессе постнатального онтогенеза у млекопитающих. Автореферат диссертации, М., 1963. *Аршавский И. А.* В кн.: Современные проблемы физиологии и патологии нервной системы, Медицина, М., 94, 1965. *Аршавский И. А.* Очерки по возрастной физиологии, Медицина, М., 1967. *Аршавский И. А., Розанова В. Д.* Физиологич. журн. СССР, 26, 6, 629, 1939. *Аршавский И. А., Озерковская Н. Е.* Бюллет. эксперимент. биол. и медиц., 15, 4—5, 42, 1943. *Аршавский И. А., Кондрашова М. Н.* Физиологич. журн. СССР, 45, 2, 194, 1959. *Аршавский И. А., Еникеева С. И.* В сб.: Кровообращение и старость (Вопросы геронтологии и гериатрии, т. IV), Киев, 33, 1965. *Ахунди М. Н.* Бюллет. эксперимент. биол. и медиц., 63, 6, 3, 1967. *Боер В. А.* Материалы всесоюзной научной конфер. по проблеме «Физическая культура и долголетие», Баку, 20, 1967. *Гертвиг Р.* Новые идеи в биологии, 3, 1914. *Гинецинский А. Г., Шамарина Н. М.,* Успехи современ. биол., 15, 283, 1942. *Гутман Э.* Успехи современ. биол., 53, 3, 324, 1962. *Данилевский В. Я.* «О происхождении мускульной силы», Харьков, 1876. *Ильина Л. И., Куколевская Е. В.* Электроэнцефалография спортсменов, М., Медгиз, 1962. *Майнот Ч. С.* Новые идеи в биологии, 3, 1913. *Маньковский Н. Б., Миц А. Я.* В сб.: Сердечно-сосудистая система при старении, 41—47, 1966. *Миц А. Я.* В сб.: Регуляция функций в различные возрастные периоды, 131—141, 1966. *Мурахов И. В.* В сб.: Физическая культура — источник долголетия. Изд. ФИС, М., 142—153, 1965. *Праздников В. П.* Бюллет. эксперим. биол. и медиц., 63, 3, 11, 1967. *Розанова В. Д., Вахидова О. Т.* Материалы конфер. института норм. и патологич. физиол. АМН СССР, М., 158, 1965. *Розанова В. Д., Ли-Сю-Цень,* Бюллет. эксперим. биол. и медиц., 61, 2, 14, 1966. *Соломатин С. С.* Бюллет. эксперим. биол. и медиц., 63, 3, 22, 1967а. *Соломатин С. С. Ж.* эволюционной биохимии и физиологии, 3, 4, 321, 1967б. *Ухтомский А. А.* Собрание сочинений, Л-д, И-во ЛГУ, т. II, 1951. *Фролькис В. В.* В кн.: Вопросы геронтологии и гериатрии, Госмедиздат, Киев, 40, 1962. *Фролькис В. В., Мурахов И. В.* Физическая культура — источник долголетия, М., Из-во «Физкультура и спорт», 24—39, 1965. *Фудель-Осипова С. И.* Вестник АМН СССР, 2, 60, 1963. *Фудель-Осипова С. И., Родионов Г. А.* Бюллет. эксперим. биол. и медиц., 56, 8, 50, 1963. *Barcroft J.* Researches on prenatal life. Oxford, Blackwell, 1, 1946. *Barron O. a. Meschia G.* Cold spring G. Harbor symposia on quantitative Biology, 19, 1954. The Mammalian fetus. *Physiol. Aspects of Development. Diamond J. a. Miledi R. J.* *Physiol.*, London, 140, 50, 1959. *Diamond J. a. Miledi R. J.* *Physiol.*, 192, 393, 1962. *Dawkins M. I. R., Hull D. J.* *Physiol.*, London, 169, 101, 1963. *Duncan D. J. J.* *Comp. neurol.*, 59, 47, 1934. *Garsche R.* In: Brock J. *Biologische Daten für den Kinderarzt*, Springer-verlag, Berlin, 2, 856, 1954. *Hull D.* *British Medical Bullet.* 22, 1, 92, 1966. *Rubner M.* Das problem der Lebensdauer und seine Beziehungen zu Wachstum und Ernährung, München und Berlin, 1908. *Selye H.* The stress of life. New-York, Toronto, London, 1965. *Warthin A. S.* Old age, the major involution: the physiol. and pathol. of the ageing process. New York, Hoeber, 1929. *Weismann A.* Über Leben und Tod, Jena, 1884.

THE SKELETAL MUSCULATURE AND THE BASIC LAWS OF ONTOGENY

I. A. ARSHAVSKY

Institute of Normal and Pathological Physiology of the Academy of Medical Sciences USSR, Moscow

Data are presented of comparative ontogenetic investigations, conducted on various animal species (laboratory and nonlaboratory). The results obtained make it possible to ground and formulate in counteraction to the «energetic rule of surface» the «energetic rule of skeletal muscles». According to the energetic rule of surface, the peculiarities of the energetics and the physiological functions of various systems and of the organism as a whole in postnatal ontogeny are determined by the current correlation between the mass and surface of the body. According to the energetic rule of the skeletal muscles, the peculiarities of the energetics and the physiological functions of various organs and the organism as a whole in each age period, beginning with the antenatal are determined by the current peculiarities of the functioning of the skeletal musculature. In the antenatal period the constant tonic activity and episodically realized generalized motor reactions of the skeletal muscles secure fulfilment of the circulatory function. In the early postnatal age before the realization of the standing posture the constant tonic activity and the episodically achieved generalized motor reactions of the skeletal muscles secure, in the main, the fulfilment of the thermal regulation function. After the realization of the standing posture the skeletal muscles first acquire the capacity of realizing the antigravitational function and, thanks to the phasotetanic activity, various locomotor acts in the environment.

According to the energetic rule of the skeletal muscles, their natural potential lability, negentropic, and consequently, working capacities and, accordingly, the lifetime of the organism depends directly on the degree of intensity of its motor activity in the environment, which is linked in its turn with the ecological peculiarities of the respective mammalian species, and within the species in the respective individuals.

ДВИГАТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ КАК АНТИЭНТРОПИЧЕСКИЙ ФАКТОР ПРИ СТАРЕНИИ

Д. МАТЕЕВ

*Институт физиологии Болгарской Академии наук,
Центр геронтологии и гериатрии, София, Болгария*

В клетке, которая не получает раздражений из внешней среды и поэтому не приходит в состояние возбуждения, не перерабатывает информации и не отвечает соответствующей реакцией, неизбежно развивается инволюция, атрофия и наступает гибель.

Ежедневный опыт биологии и медицины показывает, что при уменьшении или отсутствии функциональной нагрузки в тканях и органах развивается инволюция и атрофия (ex inaktivitatem) и, наоборот, при систематически возрастающей функциональной нагрузке имеет место так называемая рабочая гипертрофия. Последняя представляет собой, если находится в физиологических границах, структурное и функциональное усовершенствование деятельных органов и систем, которые приобретают способность совершеннее приспособляться к действию внешних раздражителей.

Эти общепризнанные закономерности, которые всегда можно проверить и повторить, не заняли, к сожалению, того места в теории и практике медицины и жизни вообще, которого они заслуживают. Они не заняли подобающего места и в геронтологии.

Исходя из собственных наблюдений, а также огромного накопленного в научной литературе фактического материала, мы поставили вопрос, не обуславливаются ли явления инволюции и атрофии (M. Bürger, N. Shock), затухания процессов самообновления (А. В. Нагорный, В. Н. Никитин) прогрессивным уменьшением функциональной нагрузки, приводящим к преждевременному старению организма?

Пожилые люди любят отдыхать и этим самоизолируются от раздражителей природной и общественной среды и обрекают себя на более быстрое развитие явлений физической и психической инволюции. С другой стороны, показано, что всесторонняя функциональная нагрузка органов и систем стареющего организма, осуществляемая самым адекватным физиологическим раздражителем — двигательной активностью, не только препятствует процессам инволюции и атрофии, но

приводит к структурному усовершенствованию тканей и органов в виде рабочей гипертрофии (Д. Матеев). То же самое было установлено и на старых животных (F. Verzar).

Глубоко укоренилось мнение, что функциональная нагрузка, работа изнашивает организм, и что явления старческой инволюции и атрофии — это явления изнашивания вследствие многолетней функциональной нагрузки. Даже существуют теории, утверждающие положение о том, что человек рождается с определенным запасом энергии, вычисляемым в калориях, и что исчерпание этого определенного запаса в течение жизни детерминирует и ее конец (M. Rubner, H. Selye). Подобные концепции основываются на ежедневном опыте, свидетельствующем о том, что вещи и машины, сделанные из мертвой материи, изнашиваются от употребления, а люди при непосильном рабском труде истощаются и умирают сравнительно рано. Действительно, машина изнашивается и ее износ необратим потому, что в ее деталях не протекает процесс восстановления и самообновления. Однако, живой организм отличается от машины именно тем, что в нем работа, функциональная нагрузка и утомление в результате работы стимулируют процессы восстановления и самообновления, которые приводят организм к более высокому уровню структурного и функционального усовершенствования.

Указанные выше теории, а также распространенное мнение о том, что процессы старения вызываются истощением и изнашиванием организма, не принимают во внимание одну из самых удивительных особенностей живой материи, которая коренным образом и качественно различается от мертвой. Этой именно особенностью является ее способность восстанавливаться и самообновляться с помощью веществ, взятых из пищи после того, как живая материя истощилась и изнасилась вследствие функциональной нагрузки.

Вместе с тем, следует отметить, что эти процессы восстановления и самообновления, структурного и функционального усовершенствования наблюдаются при оптимальной, дозированной функциональной нагрузке в сочетании с адекватным питанием и адекватным отдыхом. Напротив, истощающий труд, недостаточное и некачественное питание и недостаточный отдых изнашивают человеческий организм.

При оптимальной функциональной нагрузке, которая, как мы считаем, должна быть максимальной в физиологических границах, в сочетании с адекватными отдыхом и питанием, процессы восстановления протекают регулярно и закономерно с известным сверхвосстановлением, что было названо нами фазой экзальтации. По физиологической сущности эта фаза соответствует фазе экзальтации, открытой при лабораторных электрофизиологических исследованиях и впервые подробно описанной Н. Е. Введенским и А. А. Ухтомским.

Киевская физиологическая школа Г. В. Фольборта дальше развила установленное И. П. Павловым положение о том, что чем стремительнее развиваются процессы истощения при функциональной нагрузке, тем интенсивнее протекают процессы восстановления. Сегодня мы знаем, что продукты катаболизма, продукты распада при освобождении необходимой для работы энергии (аденозинтрифосфорная кислота, неорганический фосфор, молочная кислота и пр.), накапливающиеся в условиях физической работы, действуют как сильные раздражители восстановительных процессов. В результате этого приводятся в движение дыхательная цепь и сопряженное с ней окислительное фосфорилирование, накаплиются новые макроэргические фосфорные связи, уровень которых в фазе экзальтации превышает исходный уровень. Благодаря этому энергетический заряд тканей не только восстанавливается, но даже, в известной степени, превышает исходный уровень. Организм возвращается к состоянию уменьшенной энтропии (негэнтропии), заряженный новой свободной для работы жизненной энергией. Это происходит за счет возрастающей энтропии среды, из которой организм черпает вещества в форме пищи для своего восстановления и самообновления.

Цикл самообновления после функциональной нагрузки и его фазы экзальтации выражен тем лучше и сильнее, чем больше соответствует физиологическим пределам функциональная нагрузка. Именно этот цикл самообновления и его фаза экзальтации находятся в основе рабочей гипертрофии (Д. Матеев). Материальные и структурные изменения, определяющие возникновение фазы экзальтации, накаплиются при систематически повторяющейся функциональной нагрузке и становятся постоянными. Систематически нагружающийся организм переходит на новый более высокий структурный и функциональный уровень.

Эти факты имеют исключительное значение, они являются доказательством того, что функциональная нагрузка, приводящая в движение процессы самообновления, действует как антиэнтропический фактор.

Наши исследования на животных (белые крысы) с использованием метода радиоактивных изотопов (Д. Матеев, Шейтанов, Л. Антигелова, Христов) установили, что после функциональной нагрузки (плавание в воде с температурой 30° в течение 30 минут с грузом, составляющим 5% веса крысы) включение метионина S 35 в печень, почку, в миокард и в скелетную мускулатуру резко снижается (от 35 до 60%), а во время восстановления его включение не только достигает исходного уровня, но и значительно его превышает (в печени на 28%, в почке — на 30%, в миокарде — на 20% и в скелетной мускулатуре — на 52%). Это типичная фаза экзальтации. У старых нетренированных крыс после той же работы это

снижение выражено меньше, а восстановление значительно замедлено. Наши исследования продолжаются с целью установить оптимальную для старых крыс нагрузку, которая должна привести к соответствующей фазе экзальтации. Проводятся также исследования, имеющие задачей проверить, как протекают процессы восстановления у старых, хорошо тренированных животных, в сравнении с нетренированными.

В настоящей работе мы сообщаем результаты исследований по влиянию трехлетних занятий физическими упражнениями на соматические и психические показатели людей в возрасте около 75 лет. Результаты исследований советских авторов (И. М. Саркизов-Серазини, Р. Е. Мотылянская, И. В. Муравов с сотр., А. В. Коробков, И. Т. Осипов, В. В. Фролькис, Д. Ф. Чеботарев и О. В. Коркушко; Г. Н. Сичинава, А. Н. Транквилилати и др.) совпадают с нашими данными.

Известно, что существует свыше 200 теорий старения. В сущности значительная часть этих «теорий» — это самые различные верно отмеченные и исследованные стороны процессов старения, которые могут быть объединены в одну общую теорию старения. Мы считаем, например, что в организме, находящемся в процессе инволюции и атрофии из-за отсутствующей или прогрессивно уменьшающейся функциональной нагрузки, можно наблюдать на клеточном и субклеточном уровне коллоидальные изменения в дисперсности протоплазмы, описанные Ружичкой. Можно наблюдать также на молекулярном уровне деметилирование и накопление дисульфидных групп в белках (К. Пархон, Оэриу).

То же самое относится и к выдвинутым в более новое время гипотезам о роли ядерной ДНК в биосинтетических процессах в клетке и об ослаблении ядерного контроля в синтезе РНК с развитием старости. Становящаяся все более автономной РНК не в состоянии обеспечить точную и безошибочную авторепродукцию матриц, ввиду чего быстро накапливаются ошибки и нарушения (В. Н. Никитин, Ж. А. Медведев). Интересны и исследования о накоплении железа в ДНК и изменении физико-химических свойств стареющей ДНК, ведущем к ее фрагментации (Б. И. Гольдштейн).

Все эти и подобные им явления, поскольку они действительно существуют в стареющей клетке, обусловлены уменьшением функциональной нагрузки, ведущей к затуханию процессов самообновления, к понижению процессов обмена веществ и к быстрому увеличению энтропии.

Становятся понятными и теории самоинтоксикации. И. И. Мечников, независимо от его очень далеко идущих обобщений, вполне обоснованно связывал старение с кишечной аутоинтоксикацией. По нашим наблюдениям, например, у людей среднего возраста, лишенных двигательной активности, но

обильно питающихся и поэтому полнеющих, очень часто отмечаются самые разнообразные ферментативные и гнилостные диспепсии. Они носят самые различные клинические диагнозы, среди которых диагноз «колит» занимает почетное место. При этих состояниях действительно самочувствие и работоспособность людей такая, какая бывает в условиях интоксикации.

Однако в этих случаях средством лечения является не экстирпация толстой кишки, а обычная мышечная деятельность. Необходимо достигнуть полного восстановления равновесия между расходом и приемом пищи. А этого можно добиться двумя способами: либо голоданием, либо систематическими занятиями физическими упражнениями и физической работой. Следует отметить, что голодание можно вызвать гораздо более физиологическим путем, не прерывая нормальный процесс питания. Этот адекватный физиологический метод заключается во временном сочетании занятий физическими упражнениями и физической работы с гипокалорийным питанием. У физически хорошо тренированных организмов проблема интоксикации кишечного происхождения не существует. В таком организме процессы самообновления находятся на высоте. На соответственно высоком уровне находится и весь обмен веществ. Это препятствует развитию инволютивных процессов со всей вышензложенной гаммой изменений в протоплазме и упадком биосинтетических процессов.

В 1964 году мы начали исследования контингента старых людей, живущих в доме престарелых на базе центра геронтологии и гериатрии города Софии. Эти исследования продолжают и поныне.

Нами была организована на добровольных началах группа, желающих регулярно и систематически заниматься физической культурой. Это была приблизительно половина старых людей. Остальная половина, живущих в доме и не желавших заниматься физической культурой, была также исследована нами по всем показателям. Таким образом, было образовано первоначально две группы:

I группа — систематически занимающаяся физическими упражнениями;

II группа — не занимающаяся физическими упражнениями.

Впоследствии в обеих группах были образованы подгруппы. В первой группе оформилась подгруппа регулярно занимающихся и группа нерегулярно занимающихся физическими упражнениями. Во второй группе под влиянием примера и хороших результатов, полученных под влиянием систематических занятий физическими упражнениями, оформилась подгруппа физически активных людей, участвующих в производственной работе в мастерских дома, или делавших самостоя-

тельно физические упражнения. Другую подгруппу составляли двигательльно неактивные люди.

Средний возраст лиц регулярно занимающихся физической культурой составлял $77,5 \pm 1,9$;

нерегулярно занимающихся — $76,1 \pm 1,5$;

незанимающихся, но двигательльно активных — $74,0 \pm 2,2$;

незанимающихся, двигательльно неактивных — $81,6 \pm 2,8$.

В результате исследований нам удалось установить улучшенную подвижность суставов у занимающихся физическими упражнениями, в то время как у незанимающихся подвижность суставов продолжала ухудшаться. Так, например, подвижность позвоночника у регулярно занимающихся увеличилась в среднем на 7 см (расстояние от пальцев до пола) и уменьшением у нерегулярно занимающихся на 1,6 см, у незанимающихся активных снижение этого показателя составляло 10 см и у незанимающихся неактивных — 11,8 см.

Соответственные изменения получены и в подвижности грудной клетки. Так, амплитуда движения грудной клетки увеличилась только у регулярно занимающихся на 1,2 см, в то время как у всех других групп дыхательная разница остается той же или имеет тенденцию к уменьшению.

Интересно отметить, что в группе регулярно занимающихся дыхательные движения грудной клетки акцентировались на выдохе, а у незанимающихся — на вдохе. Таким образом, в первом случае отмечается улучшение, а во втором дыхательный аппарат приближается по характеру развития к эмфизематозному типу.

Аналогично изменяется и частота дыхания. В среднем она уменьшилась на 2,1 дыхательных движений в минуту в группе регулярно занимающихся и увеличилась на 4,6 — в группе незанимающихся неактивных.

Очевидны изменения в становой силе. В то время как в группе незанимающихся неактивных становая сила уменьшилась в среднем на 2,7 кг, у регулярно занимающихся она увеличилась в среднем на 21,3 кг. Такое увеличение становой силы у людей при среднем возрасте 77,5 лет после трехлетнего занятия физическими упражнениями говорит о соответствующей рабочей гипертрофии мышц ног, рук и всего туловища.

И действительно, наши антропометрические исследования говорят о наличии такой рабочей гипертрофии при одновременном снижении среднего веса тела, что свидетельствует об уменьшении жировой ткани в организме, за счет увеличения массы активной ткани.

Со стороны сердечно-сосудистой системы в результате занятий физическими упражнениями у регулярно занимающихся установлено уменьшение частоты сердечных сокращений в среднем на 7,6 ударов в минуту. Замедленный пульс у людей в пожилом возрасте, развивающийся под влиянием физиче-

ских упражнений (тренировки), указывает на превалирование парасимпатических, холинэргических влияний вегетативной нервной системы, стимулирующих восстановительные процессы в организме пожилых людей.

Что эта брадикардия действительно является результатом тренировки физическими упражнениями, что она с полным правом называется нами «активной», указывает фазовый анализ сердечного цикла. Данные фазового анализа указывают на несомненное увеличение сократительной способности миокарда в группе регулярно занимающихся и дальнейшее ее ослабление в группе неактивных.

Прослеженные в продолжении трех лет балистокардиографические данные также говорят об улучшении сократительной способности миокарда у лиц, занимающихся физическими упражнениями.

Состояние стенок артериальных сосудов было прослежено с помощью симметричной (билатеральной) осциллографии верхних и нижних конечностей. Улучшение показателей осциллограммы констатировано только в группе занимающихся физическими упражнениями. В подгруппах занимающихся активных и нерегулярно занимающихся изменений в показателях осциллограммы не обнаружено. Наоборот, ухудшенные осциллограммы мы регистрировали главным образом в подгруппе незанимающихся неактивных, затем в подгруппе незанимающихся активных.

Биохимические исследования (Ангелова) свидетельствуют о тенденции в группе занимающихся к снижению беталипопротеинов в сыворотке, увеличению холестерина в альфалипопротеинах и уменьшению его в беталипопротеинах. Наоборот, у неактивных групп эти изменения имеют обратное направление. Эти исследования говорят о возможности получить обратное развитие некоторых биохимических изменений у людей пожилого возраста под действием функциональной нагрузки физическими упражнениями.

После трех лет занятий физическими упражнениями у людей в среднем возрасте 67 лет установлено увеличение активности лактат-дегидрогеназы, фосфогексоизомеразы, альдолазы, сорбитдегидрогеназы, креатинфосфокиназы, щелочной фосфатазы, что говорит о тренировочном эффекте занятий, оказываемом на старческий организм.

В опытах с ограничением двигательной активности животных (кроликов) было доказано (Е. Русанов) снижение энергетического потенциала в организме, выражающееся в уменьшении количества гликогена в скелетных мышцах и в миокарде, в снижении креатинфосфата, аденозинтрифосфата, в увеличении аденозиндифосфата и в уменьшении индекса АТФ/АДФ. Перечисленные изменения представляют собой по существу следствие снижения процессов тканевого дыхания и

сопряженного с дыхательной цепью окислительного фосфорилирования. Все это означает возрастающую энтропию и прогрессивно уменьшающуюся свободную энергию для работы в биосинтезе.

У подопытных животных ограниченная двигательная активность привела к дистрофическим изменениям в скелетной мускулатуре и других органах. Были установлены признаки развивающейся эмфиземы «ex inactivitatem», с редукцией альвеолярных стенок и компенсаторными гиперпластическими изменениями мышечных элементов сосудов легких. Было также установлено, что интеркуррентные инфекции, как-то: очаговые цистонефриты, интерстициальный гепатит, холангит и др. встречаются чаще в группе иммобилизированных животных.

Исследования кожи стариков (65 лет) с пассивным и активным двигательным режимом в сочетании с закаляющими водными процедурами и растираниями установили признаки дезорганизации соединительной ткани дермы у пассивно стареющих. В то же время у активно стареющих под влиянием активного двигательного режима, закаливающих водных процедур с энергичными растираниями кожи эта картина свидетельствует о замедлении распада коллагенового комплекса с образованием его двух фаз — преколлагена и коластрамина. Кроме того, установлено, что нарушенные с возрастом эластичные структуры кожи, восстанавливают под влиянием активного двигательного режима свою нормальную фрагментацию. У двигательно пассивной группы возрастная динамика метаболизма кожных мукополисахаридов характеризуется выраженным увеличением кислотных мукополисахаридов и обеднением эпидермиса и дермы гликогеном и нейтральными мукополисахаридами. Под воздействием функциональной нагрузки эта возрастная динамика претерпевает обратное развитие — количество кислых мукополисахаридов уменьшается (главным образом гиалуроновой кислоты), а количество нейтральных возрастает.

На фоне указанных деструктивных изменений эпидермиса и соединительной ткани дермы при старении и благоприятном влиянии на них двигательного режима у двигательно активных пожилых людей нуклеопротеиды кожи — ДНК и РНК — претерпевают также благоприятные изменения, удерживаясь на одном и том же уровне, не претерпевая количественного уменьшения. Вместе с тем, оказалось, что интенсивность SH — реактивных зон в эпидермисе и в эпителии волосяных мешочков и потных желез выражена значительно больше у людей физически активных, чем у людей с пассивным образом жизни. Сравнительный анализ препаратов всех возрастных групп позволил установить у лиц, подвергнутых тренировочному режиму, некоторую тенденцию к уменьшению общей атрофии кожи, что выражалась в нормализации количе-

ства и толщины эпидермических слоев, увеличении содержания хроматина в ядрах клеток эпидермиса и дермы.

Нами также проводились исследования высшей нервной деятельности и психики. К сожалению, эти исследования были осуществлены примерно через восемь месяцев после начала занятий физическими упражнениями. Несмотря на это, обнаруженные изменения оказались очень показательными. Ассоциативный эксперимент по Иванову-Смоленскому—Геккель показал у регулярно занимающихся лиц сокращение латентного периода до верхнего предела нормы. Эта группа показала несомненное увеличение подвижности нервных процессов. Наоборот, в подгруппе незанимающихся неактивных, несмотря на сокращение латентного времени, вызванное сильно увеличенным процентом низших ответов (эхолалий), латентный период реакции характеризуется более низким, чем в норме, уровнем (3,43 сек.).

Интересно отметить тот факт, что у сравнительно более молодых людей из подгруппы нерегулярно занимающихся физическими упражнениями, латентное время оказывается длиннее этого показателя у первой подгруппы (занимающихся регулярно).

Данные, полученные при изучении высшей нервной деятельности, указывают на то, что в третьей, четвертой и пятой подгруппах (оставивших занятия физической культурой, не занимающихся, но ведущих подвижный образ жизни, не занимающихся и вместе с тем малоподвижных лиц) отмечаются признаки артериосклероза сосудов мозга. Во всех трех группах не удалось отметить улучшения нейрофизиологических процессов, причем лиц из пятой группы характеризует ослабление активного торможения и упадок возможности к абстрактному мышлению.

Состояние памяти изучалось при помощи теста Джекобсона (модификация И. Петрова). Фиксационная память, определявшаяся по минимальному количеству одноцифровых чисел, которые исследуемый мог запомнить при одном задании без повторения, у регулярно занимающихся физическими упражнениями несколько улучшилась. На это указывает некоторое увеличение количества цифр (в среднем с 5,23 до 5,46), которые запоминали испытуемые после трех лет занятий физическими упражнениями. В группе наиболее активных (6 чел.) эти цифры соответственно составляют 5,17 и 5,83. В группе нерегулярно занимающихся, наоборот, величина этого показателя снижается с 5,40 до 5,13, а в группе не занимающихся и ведущих малоподвижный образ жизни цифровое выражение памяти осталось неизменным (4,0%).

Число необходимых повторений для фиксирования пяти цифр в группе регулярно тренирующихся уменьшилось с 1,77 до 1,54. У наиболее активных эти цифры соответственно рав-

ны 1,67 и 1,17. Для фиксирования шести цифр в первой группе этот показатель соответственно составляет 2,00 и 2,27, а во второй — 2,00 и 1,8.

Интересны изменения в объеме фиксации памяти на второй минуте после момента показа цифр. Для лиц, регулярно занимающихся физическими упражнениями, цифры соответственно равны — 0,91 и 0,93, для наиболее активных — 0,90 и 0,91. В группе лиц, не занимающихся физическими упражнениями и ведущих малоподвижный образ жизни, величина этого показателя соответственно составляет 0,90 и 0,76.

Следует отметить, что все эти изменения статистически недостоверны, но тенденции весьма отчетливо определяются: в то время как у лиц, систематически занимающихся физическими упражнениями и наиболее активных, сдвиги, характеризующие влияние физической тренировки, отличаются стабильностью или улучшением, у людей малоактивных, как правило, эти показатели ухудшаются.

Под влиянием занятий физическими упражнениями отмечается улучшение и в психо-вегетативной сфере. В противоположность лицам, ведущим малоподвижный образ жизни, которые предъявляют частые жалобы на бессонницу, у 63% испытуемых, занимающихся активным двигательным режимом, отмечается значительное улучшение сна. Эти данные говорят о перестройке нервно-вегетативного компонента в сторону ваготонии, то есть в направлении преобладания восстановительных процессов в покое. Приведенные данные позволяют рассматривать сон как восстановительную фазу суточного цикла самообновления после функциональной нагрузки в течение дня, ведущей к уменьшению энтропии. Если отсутствует функциональная нагрузка и вызванное ею физическое утомление, отсутствует или нарушается восстановительная фаза сна.

Необходимо добавить, что в Болгарском геронтологическом центре, кроме функциональной нагрузки физическими упражнениями, практикуется и систематическая так называемая «культуротерапия» среди пожилых. Она имеет целью при помощи разнообразных мероприятий: участие в общественной работе, художественной самодеятельности (посещения театра, кино, просмотра телевизионных передач) привлечь пожилых людей к общественной жизни. Нельзя забывать, что раздражители общественной среды являются одними из самых мощных физиологических раздражителей для человека. Всякая изоляция от них ускоряет процессы психической и физической инволюции.

Таким образом, наш опыт показывает, что систематические занятия физическими упражнениями в сочетании с рациональным отдыхом и питанием представляют собой мощный фактор управления процессами самообновления, структурно-

го и функционального усовершенствования во всех возрастных периодах, включая и глубокую старость.

Разработанное нами направление оказалось очень перспективным как для научного поиска, так и для практики. Глубоко укоренившееся в сознании ученых мнение о том, что инволюция и атрофические процессы старости являются выражением изнашивания структур и исчерпания энергетических ресурсов организма, не соответствует действительности.

Роль мышечной деятельности в структурном преобразовании и совершенствовании органов и систем человеческого организма все еще недостаточно исследована, несмотря на огромный опыт, приобретенный спортом. Повышение восстановительных процессов после однократной нагрузки, которое составляет основу рабочей гипертрофии и адаптации организма к окружающим условиям, далеко еще не привлекло того внимания ученых и, в частности, геронтологов, которого оно действительно заслуживает. Недооценивается, с другой стороны, и влияние ограничения двигательной активности. Мнение многих пожилых людей, все еще поддерживаемое большинством медиков в том, что главная их задача — беречь силы и отдыхать, наносит непоправимый ущерб личности и обществу. Это убеждение препятствует какой бы то ни было профилактике преждевременной старости, действует ускоряющим образом на процессы старения.

Наши исследования на животных показывают, что иммобилизация, вызывая процессы инволюции и атрофии, благоприятствует развитию самой разнообразной патологии. В этой патологии переплетаются, с одной стороны, дистрофические, деструктивные и некротические процессы в различных тканях, жизненно важных органах и системах. С другой стороны, малоподвижные стареющие животные, ввиду снижения их жизнеспособности и уменьшения общей сопротивляемости, становятся чувствительными к интеркуррентной инфекции, что делает патологическую картину крайне разнообразной.

Наш опыт также указывает на то, что в стремлении обеспечить нормальное развитие процессов старения необходимо, в первую очередь, сделать все возможное для того, чтобы предотвратить или хотя бы свести к минимуму патологическую старость. Активный двигательный режим, борьба с ожирением, нарушением режима питания является одновременно профилактикой атеросклероза и его осложнений. Сюда несомненно входит и борьба с массовыми интоксикациями, каковыми является алкоголизм и курение.

В этой связи представляют интерес исследования центра геронтологии и гериатрии Болгарии, которые показывают, что лица, достигшие преклонного возраста, долгожители — это люди, прошедшие всю свою жизнь в непрерывной трудовой деятельности, имеющие, как правило, очень скромные быто-

вые условия и питавшиеся скорее скудной, чем обильной, но разнообразной, здоровой пищей. Среди них нет полных, нет лиц, чрезмерно употребляющих алкоголь.

Мы должны способствовать развитию геронтологии, которая не только раскрывает закономерности старения организма и его патологии, но также ищет пути и методы управления возрастными процессами в рамках физиологических и генетических возможностей, предоставленных самой природой — возможностей функционального и структурного восстановления, самообновления тканей.

MOTOR ACTIVITY AS AN ANTIENTROPIC FACTOR IN AGING

D. MATEEV

*Institute of Physiology of the Bulgarian Academy of Sciences,
Centre of Gerontology and Geriatry, Sofia, Bulgaria*

The author discusses the necessity of muscular activity for adequate functioning of the human organism. With a systematically increasing functional load, a working hypertrophy of organs develops, which permits the organism to adapt itself more perfectly to the effect of external stimuli. The restorative processes were studied after physical loads and under conditions of limited motor regimen in old and young animals. Under conditions of limited motor activity in animals a fall was noted in the tissue respiration processes and the oxidative phosphorylation, linked with the age-conditioned changes, observed at various levels of the vital activity of the organism, are explained by a decrease in functional load, leading to damping of the self-renewal processes, to a fall in the metabolism processes, and an increase in entropy.

The results of observation of a group of old people (average age about 75), regularly engaging in physical exercises in the course of three years are generalized. In persons systematically engaging in exercise, an improvement was observed in the somatic and some psychological criteria. Systematic physical training, combined with rational rest and nourishment is a powerful factor of controlling the processes of self-renewal, structural and functional improvement in all age periods, including advanced old age.

МЫШЕЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ФУНКЦИИ СТАРЕЮЩЕГО ОРГАНИЗМА

П. О. АСТРАНД

*Центральный гимнастический институт,
Стокгольм, Швеция*

Обсуждение вопросов влияния мышечной деятельности на функции организма в процессе старения должно основываться на общих принципах изменений функций в условиях мышечной деятельности. Возможность выполнения работы зависит от следующих факторов: «двигательной силы», определяющейся аэробными и анаэробными процессами, функцией нейро-моторного аппарата, в свою очередь связанной с силой и техникой движений, а также психологическими факторами (мотивировкой и тактикой).

Основная задача состоит в том, чтобы определить, какие из этих факторов являются наиболее важными. Совершенно необходимо, чтобы способности индивидуума соответствовали требованиям, предъявляемым к выполнению задания.

В настоящем сообщении основное внимание уделяется энергетическим процессам, их связи с различными видами физических нагрузок и зависимости энергетических процессов от возраста и пола.

Известно, что об аэробном обмене судят по потреблению кислорода, а показателем анаэробных сдвигов являются изменения концентрации молочной кислоты в крови и кислородной задолженности.

Потребление кислорода в покое и во время работы является критерием, позволяющим судить о величине освобождающейся аэробной энергии. Измеряемое во время максимальной нагрузки, в которой участвуют большие группы мышц, потребление кислорода является правильным показателем аэробных двигательных возможностей организма. Оно также является критерием для суждения о функциональном состоянии организма и прочности связей между океаном кислорода, в который мы погружены, и отдельной мышечной клеткой. Строение тела млекопитающих в известном смысле предназначено для обслуживания мышечной деятельности, и никакое напряжение не является такой нагрузкой для системы кровообращения, как физическая работа. Поэтому, как подчеркивает Баркрофт, лучше изучать функции организма в условиях максимальной деятельности, чем в покое.

Мы считаем максимальной аэробной способностью самое высокое потребление кислорода во время максимального мышечного усилия, длящегося от двух до 10 минут, во время которого активно большинство групп скелетных мышц или все они. Рис. 1 иллюстрирует это положение и метод определения максимального потребления кислорода. Объективным критерием для определения максимальной аэробной способности индивидуума служит отсутствие достоверного увеличения по-

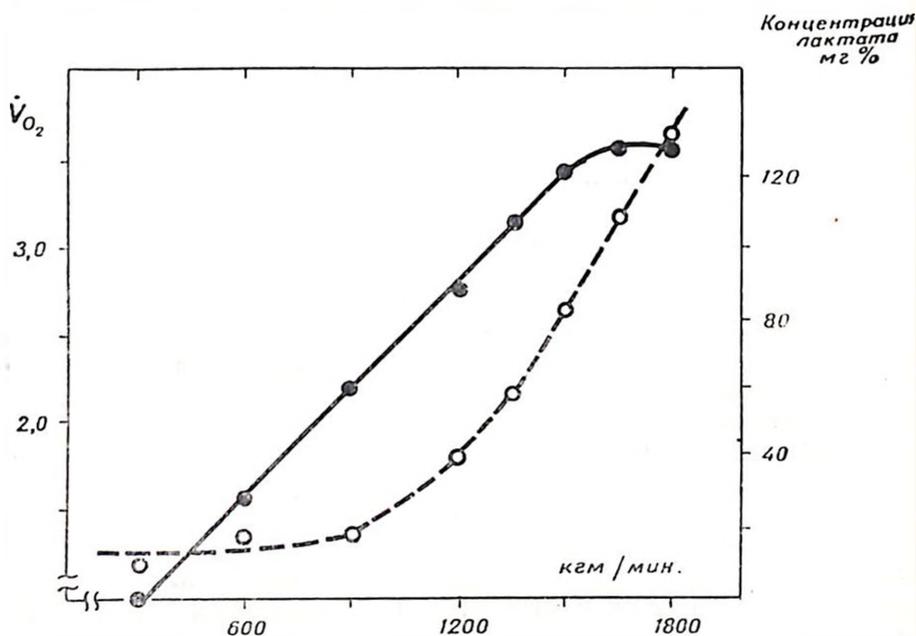


Рис. 1. Увеличение потребления кислорода (O_2 —сплошная линия) и концентрации молочной кислоты крови (H—прерывистая линия) по мере увеличения мощности работы на велоэргометре.

требления кислорода при увеличении рабочей нагрузки. Важным критерием является определение уровня молочной кислоты в крови в начале восстановительного периода. Установлено, что, несмотря на дальнейшее увеличение нагрузки, наступает стабилизация потребления кислорода, концентрация молочной кислоты при этом достигает 70—80 мг%. При максимальной работе руками потребление кислорода составляет около 70% его потребления, наблюдающегося во время работы ногами. Максимальное потребление кислорода во время работы ногами в положении сидя такое же, как и во время комбинированной работы руками и ногами. Интересно, что такое максимальное потребление кислорода может поддерживаться значительно дольше при работе руками и ногами, чем при работе только руками.

Результаты лабораторных исследований показали, что аэробная работоспособность в значительной степени зависит от возраста и пола. На рис. 2 приведены данные максимального потребления кислорода у 350 человек в возрасте от 4 до 65 лет. К моменту обследования все они занимались своей повседневной работой и были умеренно тренированы. Среди них было только несколько спортсменов (приведены отдельно).

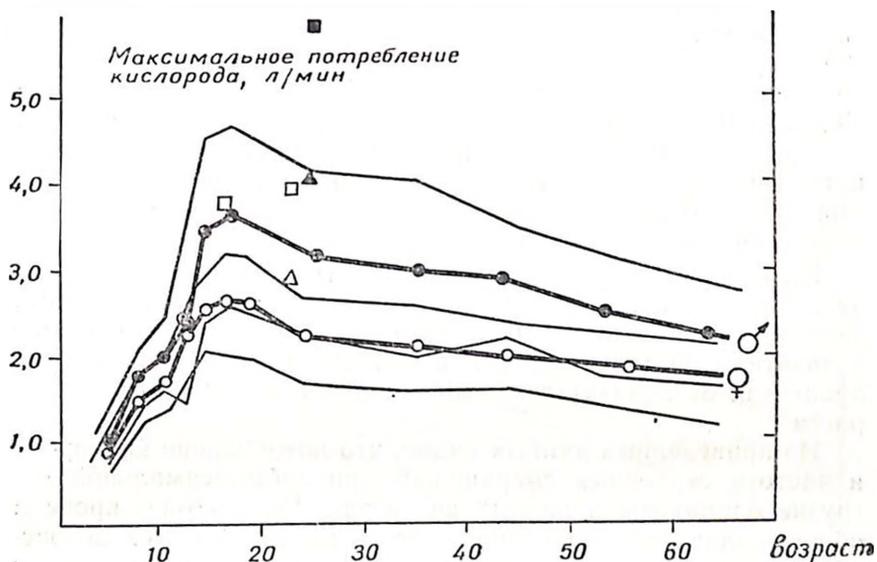


Рис. 2. Средние величины потребления кислорода (максимальная аэробная мощность) во время максимальной нагрузки на тротуаре или велоэргометре, зарегистрированные у 350 женщин и мужчин в возрасте от 4 до 65 лет.

Обозначения: светлые квадраты — женщины-спортсменки; темные квадраты — мужчины-спортсмены; светлые треугольники — тренированные студентки; темные треугольники — тренированные студенты. Сплошная линия с темными точками — средние данные максимального потребления кислорода у мужчин; сплошная линия со светлыми точками — средние данные максимального потребления кислорода у женщин.

Установлено, что до полового созревания достоверные различия в максимальной аэробной способности между мальчиками и девочками отсутствуют, тогда как у взрослых женщин максимальная аэробная способность составляет лишь 70—75% величины этого показателя взрослых мужчин. И у мужчин, и у женщин максимальный пик потребления кислорода наблюдается между 18 и 20 годами, затем постепенно начинает снижаться. В 65 лет величина потребления кислорода составляет около 70% этого показателя, выявленного в возрасте 25 лет. Максимальное потребление кислорода у мужчин

65 лет такое же как у женщины 25 лет. Следует отметить, что у многих людей старческого возраста эти показатели больше, чем у некоторых молодых. Во многих случаях имеет место значительное совпадение показателей потребления кислорода у мужчин и у женщин во всех возрастах. Средние возрастные показатели у женщин равны средним показателям у мужчин минус два стандартных отклонения.

Наблюдается также прямая зависимость между возрастом и максимальной частотой сердечных сокращений. Так, максимальное учащение сердца до 10 лет составляет 210 сокращений в минуту, а в седьмом десятилетии оно снижается до 160 сокращений. Эта особенность отчетливо видна и при выполнении физических нагрузок. При работе, составляющей 50% максимальной аэробной способности человека, у мужчин в возрасте 25 лет частота сокращений сердца равна 130 в минуту, тогда как в 45 лет в аналогичных условиях величина этого показателя составляет 120, а в 65 лет — лишь 110 сокращений в минуту.

На рис. 3 приведены результаты, отражающие связь между возрастом и некоторыми функциональными показателями людей разного возраста (по литературным данным). Средние показатели, выявленные у лиц старше 25 лет, приведены в процентах от показателей, выявленных у лиц 25-летнего возраста.

Из приведенных данных видно, что потребление кислорода и частота сердечных сокращений при субмаксимальной нагрузке одинаковы в разных возрастах. Рост, объем крови и общее количество гемоглобина тоже сходны во всех возрастах, но максимальное потребление кислорода, максимальная частота сердечных сокращений, максимальный минутный объем и максимальный ударный объем с возрастом снижаются. Это значит, что способность к потреблению кислорода нельзя предсказать на основании, например, только субмаксимальной частоты сердцебиений или общего содержания гемоглобина без учета влияния возраста. Вес сердца, его объем и кровяное давление как в покое, так и во время работы с возрастом увеличиваются. Возможно, что возрастное увеличение веса и объема сердца обусловлено тем, что с возрастом кровяное давление повышается.

В нашей лаборатории было установлено, что прерывистая и непрерывная работа, выполняемая одной рукой, оказывает различное влияние на функции организма. Так, в специальной постановке опыта, когда периоды работы длительностью в одну минуту чередовались с длительными периодами отдыха (две минуты) — при этом исследуемый производил 25 200 кгм работы за 30 минут — у испытуемого потребление кислорода быстро повышалось до максимальных цифр. Аналогичные изменения отмечены в показателях частоты сокращений сердца

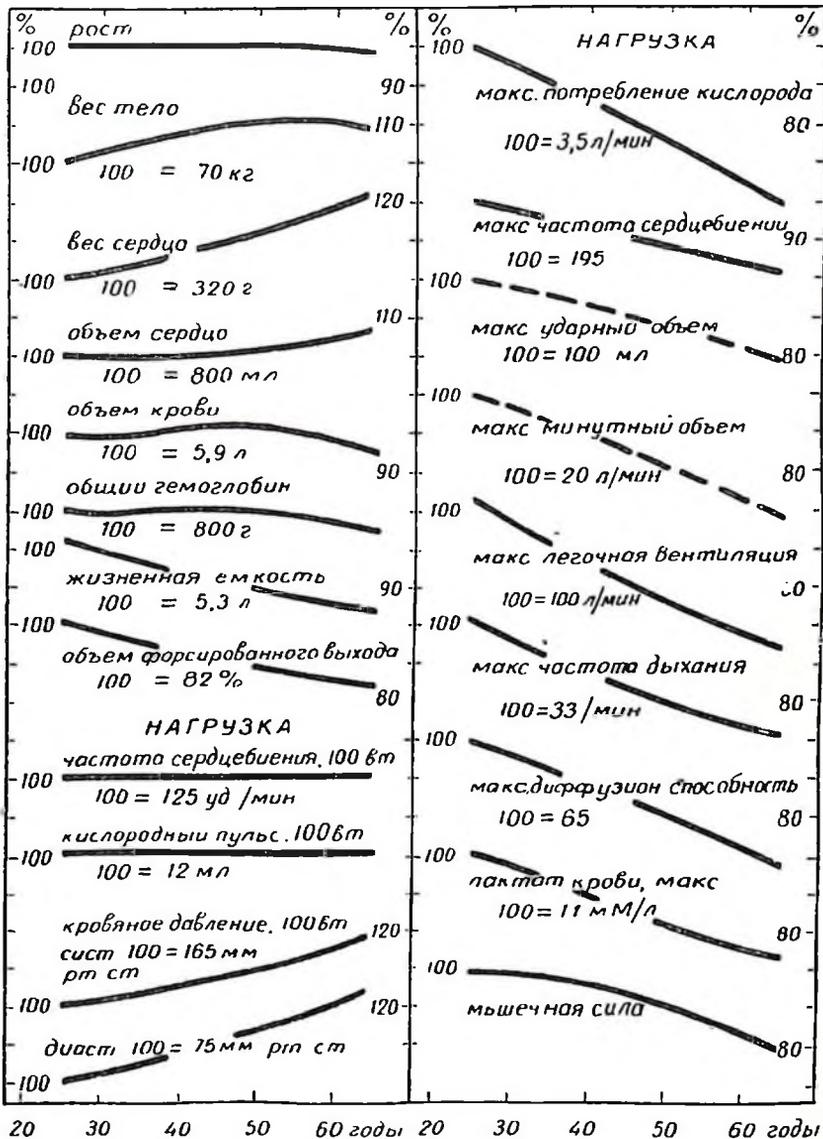


Рис. 3. Изменение некоторых показателей и функциональных параметров с возрастом. Данные собраны по различным материалам, содержащим сведения о здоровых лицах мужского пола. (Данные одной и той же функции учитывались только по одному исследованию).

и концентрации молочной кислоты в крови, быстро достигавших максимального уровня. Внешне испытуемый выглядел очень утомленным.

Напротив, в эксперименте, предусматривающем значительное укорочение периодов работы (до 10 сек.) и отдыха (до 20 сек.), несмотря на одинаковый объем выполненной работы (25 200 кгм за 30 мин.), потребление кислорода и частота сердечных сокращений оказались значительно ниже, а концентрация молочной кислоты не поднималась выше 20 мг%. Испытуемый не обнаруживал таких признаков усталости как в первом случае. Можно предположить, что более благоприятные сдвиги, возникающие в условиях укороченных периодов работы и отдыха, связаны с полным восстановлением запасов кислорода в мышцах. Это также подтверждает положение о том, что чем тяжелее работа, тем короче должны быть ее периоды.

Это положение может объяснить, почему старые или физические ослабленные люди со сниженным максимальным аэробным обменом могут успешно выполнять тяжелую работу в таких профессиях как лесоводство, земледелие, строительство. В тех случаях, если такой человек может сам регулировать продолжительность работы и отдыха, нагрузка на дыхание и кровообращение не будет превышать пределы его сниженных функциональных возможностей. Напротив, при отсутствии контроля за ритмом работы даже легкая работа, если она длится непрерывно в течение относительно длительных периодов, может превышать его функциональные возможности.

Фактически большинство работающих работает с перерывами независимо от того, выполняют ли они легкую или очень тяжелую работу. Самый практичный способ определения величины нагрузки на организм работающего во время работы с перерывами заключается в наблюдении за частотой сердечных сокращений. Таким способом были проведены исследования на 33 людях в возрасте от 30 до 70 лет, выполняющих строительные работы, у которых максимальная аэробная способность колебалась от 2,2 до 3,6 литров в минуту. Установлено достоверное соответствие между средней частотой сердечных сокращений, выявленной во время производственного процесса, и максимальной частотой сердечных сокращений, зарегистрированной при работе на велосипедном эргометре. Обследуемые с высокой максимальной частотой сердечных сокращений, обнаруженной во время работы на эргометре, были в состоянии выполнять работу с большой частотой сердечных сокращений в течение рабочего дня на строительстве. Следует отметить, что у пожилых людей частота сердечных сокращений была ниже, чем у более молодых. Это свидетельствует о том, что работающие выбирают оптимальную интен-

сивность нагрузки примерно пропорционально своей аэробной работоспособности. У рабочих, связанных со строительством, этот уровень в среднем составляет около 40% их максимального потребления кислорода.

Некоторые исследователи (G. Grimby and B. Saltin) указывают на тесную связь между физической активностью и возрастом. При обследовании спортсменов в возрасте от 42 до 69 лет, принимающих участие в соревнованиях, максимальное потребление кислорода остается высоким (табл. 1).

Как видно из таблицы 1, у спортсменов, занимающихся спортом, максимальное потребление кислорода составляет 5,4 л/мин (77 мл/кг/мин). У бывших спортсменов, успешно соревновавшихся в молодом возрасте, а в момент обследования занимающихся физическим трудом, максимальное потребление кислорода оказывается несколько сниженным. Обращает на себя внимание тот факт, что во всех возрастных группах средние показатели выше типичных для данного возраста. В группах неактивных людей это обусловлено естественными свойствами, а у тех, которые еще активны, эти естественные свойства улучшены регулярной физической тренировкой.

Выяснить связь между физической активностью и состоянием сердечно-сосудистой системы очень трудно, и следует полагать, что окончательные данные будут получены нескоро. Однако уже сейчас можно сказать, что мы «созданы» для активности. Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что физически мало активные лица в 2—3 раза больше подвержены приступам коронарной болезни, чем активные, и что физически неактивные люди в 3—4 раза чаще умирают от первого приступа, чем активные люди, ведущие подвижный образ жизни. Вот почему пожилым людям следует рекомендовать мышечную деятельность для поддержания оптимального функционального состояния сердечно-сосудистой системы, суставов, мышц.

Как велика должна быть нагрузка на систему, транспортирующую кислород, во время тренировки? Мы различаем разные типы тренировки. Первый тип мы называем «импульсной тренировкой». Она состоит из чередования периодов работы, длительностью 5—15 секунд, и периодов отдыха, продолжающихся 1 минуту. Такая тренировка увеличивает мышечную силу, а может быть и скорость.

Следующий тип тренировки — «интервальная тренировка», при которой периоды работы и отдыха длятся 2—3 минуты. Мы полагаем, что этот вид тренировки является лучшим методом, способствующим повышению максимального потребления кислорода. Последний тип — «дистанционная тренировка» — работа в течение 30 и более минут. Она является лучшим типом тренировки для снижения веса тела.

Рабочая нагрузка при применении интервальной тренировки не должна быть максимальной, за исключением тех случаев, когда речь идет о спортсменах. Дальнейшее увеличение нагрузки до максимальных величин, вероятно, приводило бы к стимулированию лишь анаэробных процессов, не вызывая при этом повышения потребления кислорода и минутного объема дыхания и, следовательно, не обеспечивало бы увеличение аэробной способности.

Для оценки влияния тренировки на организм мы использовали велосипедный эргометр (Mopark). Если после тренировки в течение 1 месяца у обследуемого при выполнении стандартной нагрузки частота сердечных сокращений снижается до 140 сокращений в минуту против 170, то это может служить показателем тренированности. В Швеции в настоящее время есть около 3000 велосипедных эргометров в школах, спортивных клубах, на фабриках и в учреждениях; всякий, кто в этом заинтересован, может подвергнуться субмаксимальному тесту с помощью эргометра и следить за уровнем своей физической работоспособности годами.

Врач занимает ключевое положение в том, что касается улучшения физической работоспособности населения, причем общественность тоже должна принимать в этом участие. Большое значение имеет личный пример. Моя собственная программа тренировок такова: за начальным обогреванием в виде пятиминутной ходьбы и бега следует подъем на небольшую высоту (около 25 шагов). Я рассчитываю на усиление обмена аденозинтрифосфорной кислоты и креатинфосфата и, может быть, некоторый гликолиз при этом подъеме, но он не является максимальной нагрузкой на систему, транспортирующую кислород. Этот подъем обеспечивает тренировку ногам и мышцам туловища. Я повторяю это семь раз с максимальной скоростью, а затем в течение приблизительно 20—35 минут произвожу интервальную тренировку, в состав которой входят бег в течение 2—3 минут с субмаксимальной скоростью, перемежающийся интервалами ходьбы или отдыха. Затем снова следует нагрузка и т. д. Моя цель — 2 или 3 таких тренировки в неделю, что обеспечивает мне поддержание физической работоспособности и хорошего функционального состояния.

ЛИТЕРАТУРА

Astrand I. Acta physiol. scand., 49, suppl. 169, 1, 1960. *Astrand I.* Ergonomics 10, 293, 1967. *Astrand I., Astrand P. O., Christensen E. H. and Hedman R.* Acta physiol. scand., 48, 454, 1960. *Astrand P. O.* Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age. Copenhagen, Munksgaard, 1952. *Astrand P. O. and Christensen E. H.* Aerobic work

capacity. In: *Oxygen in the Animal Organism*. Proceedings of a symposium held in London, 1963, ed. by F. Dickens and E. Neil, Oxford, Pergamon Press, 1964, p. 298. *Astrand P. O., Cuddy T. E., Saltin B. and Stenberg J.* *J. appl. physiol.*, 19, 268, 1964. *Astrand P. O. and Saltin B.* *J. appl. physiol.*, 16, 971, 1961. *Astrand P. O. and Saltin B.* *J. appl. physiol.*, 16, 977, 1961. *Saltin B. and Grimby G.* *Circulation*, in print, 1968.

MUSCULAR ACTIVITY AND FUNCTIONS OF THE AGING ORGANISM

P. O. ASTRAND

Central Gymnastic Institute, Stockholm, Sweden

The author studied the practical processes, their connection with various forms of physical loads, and the dependence of the energetic processes on age and sex. The aerobic metabolism may be judged by the oxygen consumption, while the criterion of anaerobic changes is the change in the lactic concentration in the blood and the oxygen debt. The maximum aerobic capacity is determined by the highest oxygen consumption during maximum muscular effort, lasting from two to ten minutes, in which large groups of skeletal muscles participate. 350 persons, ranging in age from 4 to 65 years were examined in this way. As a result of the investigations it was established that there are authentic differences in the maximum aerobic capacity between boys and girls up to the period of sexual maturity, whereas in adult women the maximum aerobic capacity constitutes only 70—75% of the value of this criterion in adult men. In men and women the maximum peak of oxygen consumption is observed between 18 and 20 years, then the value of this criterion gradually begins to decrease. At the age of 65 the value of the oxygen consumption is about 7% of the level found at the age of 25. The maximum oxygen consumption in men of 65 is the same as in women of 25.

A direct correlation is also observed between age and the maximum frequency of cardiac contractions. Thus, the maximum heart beat up to the age of 10 is 210 contractions per minute, while in the seventh decade it is decreased to 160 contractions. The maximum oxygen consumption, the maximum frequency of cardiac contractions, and the maximum minute and impact volume decrease with age.

Muscular activity is necessary for elderly people in order to maintain an optimal functional state of the cardiovascular system, the respiratory organs and the supporting and motor apparatus.

ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЛИЦ РАЗНОГО ВОЗРАСТА В УСЛОВИЯХ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Е. А. ПИРОГОВА

Институт геронтологии АМН СССР, Киев

Разработка вопроса о влиянии различных видов мышечной деятельности на стареющий организм представляет собой не только теоретический интерес. Необходимость исследований в этом плане определяется тем исключительным значением, которое приобретают физические упражнения в профилактике преждевременного старения (Р. Е. Мотылянская, 1946; В. В. Гориневский, 1951; И. М. Саркизов-Серазини, 1955; 1959; А. Н. Крестовников, 1956; Д. Матеев, 1960; А. Dusoczky, 1963; E. Eiselt, 1963 и др.).

Многочисленными исследованиями установлено, что мышечная деятельность, существенно изменяя обмен веществ, энергетические процессы в тканях, а также регуляцию важнейших функциональных систем, является, вместе с тем, источником мощных стимулирующих влияний, которые необходимы для обеспечения нормального хода возрастных изменений в организме. Большой фактический материал, которым располагает в настоящее время физиология мышечной деятельности, позволяет рассматривать двигательную активность не только как средство общей стимуляции организма, но и как фактор регулирования функций стареющего организма (И. В. Муравов, 1965, 1968).

Исключительная роль, которую отводят в последнее время исследователи изучению влияния мышечной активности на функции организма при старении, определяется также снижением по мере научно-технического прогресса потребности в мышечной деятельности, что в свою очередь приводит к глубоким нарушениям нервно-мышечного аппарата, деятельности внутренних органов и ускорению формирования старческого механизма регуляции функционального состояния тканей (И. В. Муравов, 1964; В. В. Фролькис, И. В. Муравов, 1965; В. А. Боер, 1968).

Не менее важен и второй аспект. Выяснение тесной функциональной взаимосвязи между двигательным аппаратом и вегетативными функциями (М. Р. Могендович, 1957, 1963; И. А. Аршавский, 1959, 1962) позволяют рассматривать мышечную деятельность как средство выявления важнейших осо-

бенностей возрастных изменений, вскрытия качественного своеобразия адаптационных механизмов на разных этапах жизнедеятельности организма. В этой связи особое значение приобретает изучение реактивности сердечно-сосудистой системы, как наиболее уязвимого звена в организме людей старших возрастных групп, лимитирующая роль которого при старении резко возрастает (Ф. Бейнбридж, 1927; Хилл, 1927; Дилл, 1936; Н. Sprague, 1943). Следует подчеркнуть, что задача изучения особенностей приспособления сердечно-сосудистой системы к мышечной деятельности в разные возрастные периоды и особенно в пожилом и старческом возрасте становится необходимым условием для бурно развивающейся физической культуры людей среднего и пожилого возраста, для выбора и эффективного использования конкретных форм активного двигательного режима.

Целью настоящего исследования явилось изучение некоторых сторон адаптации функции сердечно-сосудистой системы лиц пожилого и старческого возраста к нагрузкам разной интенсивности и максимальной длительности. Всего обследовано 346 человек в возрасте от 18 до 80 лет. Работа длительностью в одну минуту осуществлялась на кистевом эргографе с грузом 5, 9 и 13 кг (нагрузки «малой», «средней» и «большой» интенсивности). Нагрузки максимальной длительности осуществлялись при подъеме груза 9 кг до полного отказа испытуемого продолжать работу.

Результаты исследований показывают, что в пожилом и старческом возрасте перестройка деятельности сердца отмечается еще до начала мышечной деятельности в связи с сигналом о предстоящей физической нагрузке. Вместе с тем, сдвиги в деятельности сердца, развивающиеся условно-рефлекторно, в старших возрастных группах выражены значительно меньше, чем у молодых людей. Так, после предупреждения о предстоящей работе (команда «приготовиться!») степень укорочения ритма сердечных сокращений в 18—29 лет составляет $15,91 \pm 2,09\%$, а в 60—69 и 70—79 лет этот показатель уменьшается соответственно до $4,17 \pm 0,67$ и $3,75 \pm 0,71\%$.

Обращает на себя внимание и то, что у лиц молодого возраста учащение ритма сердечных сокращений на сигнал о предстоящей нагрузке наблюдается у всех без исключения испытуемых, тогда как у 11,5% лиц в возрасте 60—69 лет и 20,8% в 70—79 лет учащение ритма либо не наблюдается, либо даже отмечается его урежение по сравнению с исходным уровнем. (Рис. 1).

Ограничение сдвигов функционального состояния сердца пожилых людей в предрбочем состоянии в соответствии с представлениями о «предстартовом состоянии», как факторе, обеспечивающем включение функциональных систем в деятельность (А. Н. Крестовников, 1951; И. А. Вардиашвили,

1953; Я. И. Ивашкевичене, 1954; М. И. Виноградов, 1958; В. И. Бельтюков, М. Ф. Болотова, Т. П. Дмитриева, 1959) оказывает прямое влияние на развитие реакций в условиях выполнения физических нагрузок.

Результаты проведенных исследований показывают, что характер сдвигов, развивающихся у пожилых людей в усло-

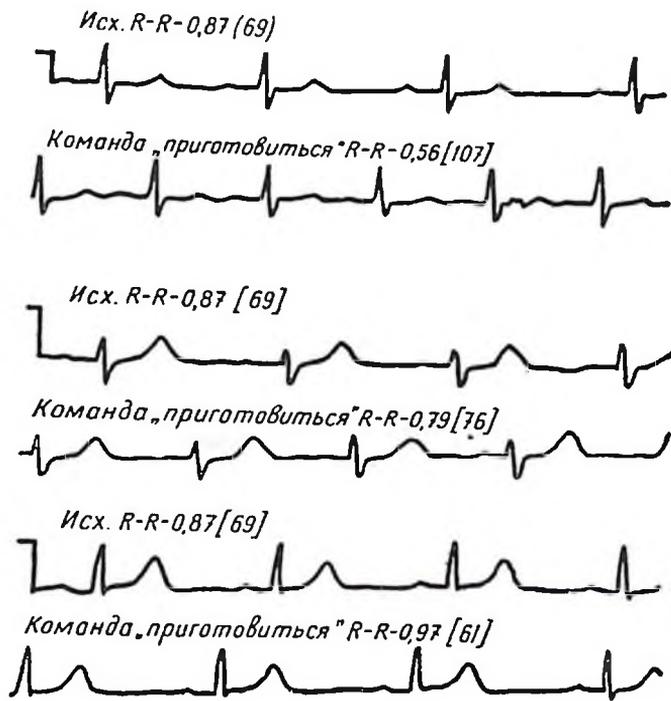


Рис. 1. Изменения деятельности сердца у лиц разного возраста под влиянием условно-рефлекторного воздействия. Вверху электрокардиограмма исп. Б-р, 23 лет, ниже — исп. Ш-в, 74 лет и К-о, 77 лет.

Верхняя кривая записана в покое, нижняя — после команды «приготовиться» к предстоящей нагрузке. Цифры под электрокардиограммами обозначают длительность сердечного цикла в сек., в скобках — частота сокращений сердца в мин.

виях нагрузок разной интенсивности, во многом отличается от того, что имеет место в молодом возрасте. Одной из существенных особенностей деятельности сердца пожилых людей во время выполнения физических напряжений является уменьшение по мере старения величины сдвигов сокращений сердца, причем с ростом интенсивности нагрузки способность к учащению ритма снижается (рис. 2).

Эта особенность реакции пожилых людей, выявленная также другими исследованиями в условиях разных по характеру нагрузок (S. Robinson, 1938; I. Astrand, 1958; T. Strandell,

1964), с одной стороны, свидетельствует об уменьшении диапазона функциональных возможностей при старении с другой — может рассматриваться как проявление компенсаторно-приспособительных механизмов, предохраняющих сердце от резкого истощения (В. В. Фролькис, 1962).

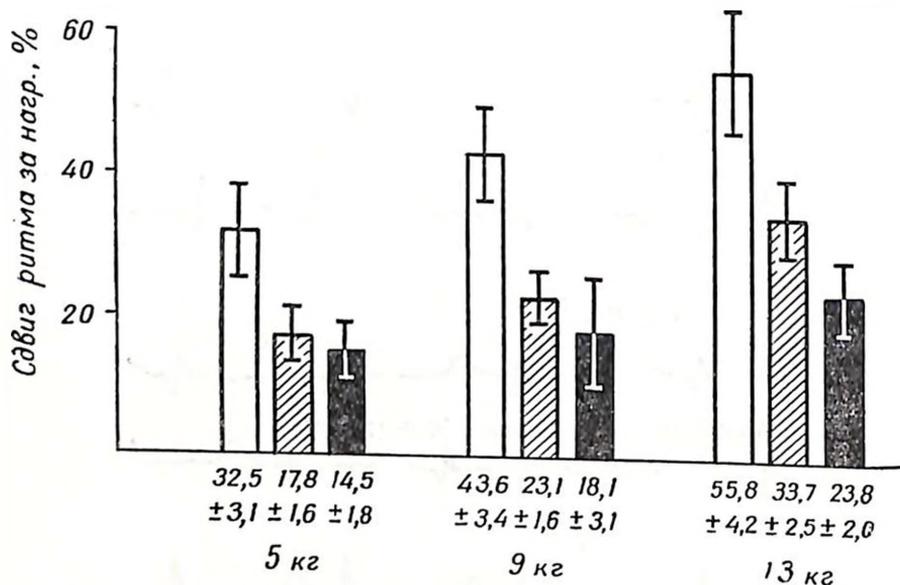


Рис. 2. Ограничение с возрастом амплитуды учащения ритма сокращений сердца при нагрузках разной интенсивности.

Обозначения: белые столбики — реакции, зарегистрированные у лиц 18—29 лет, зачерченные — у лиц 60—69 лет, черные — у лиц 70—79 лет.

Качественные отличия реактивности сердца людей разного возраста наиболее ярко проявляются в начальном периоде мышечной деятельности. На это указывает иной характер изменений величины укорочения одного интервала R—R в начале выполнения работы. Если у молодых людей выраженные изменения ритма наблюдаются уже в самом начале мышечной деятельности, то в пожилом и старческом возрасте укорочение интервала R—R происходит постепенно и медленно (рис. 3). Такая замедленная перестройка деятельности сердца в начальном периоде выполнения работы характеризует удлинение в старости периода «вработывания» (С. А. Танин, 1961; И. Д. Суркина, 1963; К. Т. Соколов, 1963; С. Ф. Головченко, 1963).

Данные, полученные при сопоставлении изменений ритма в начале выполнения физической нагрузки свидетельствуют о

том, что длительность «вработывания» зависит не только от возраста, но и от интенсивности воздействия. Оказывается, что период достижения оптимальной частоты сердечных сокращений тем длительней, чем больше интенсивность нагруз-

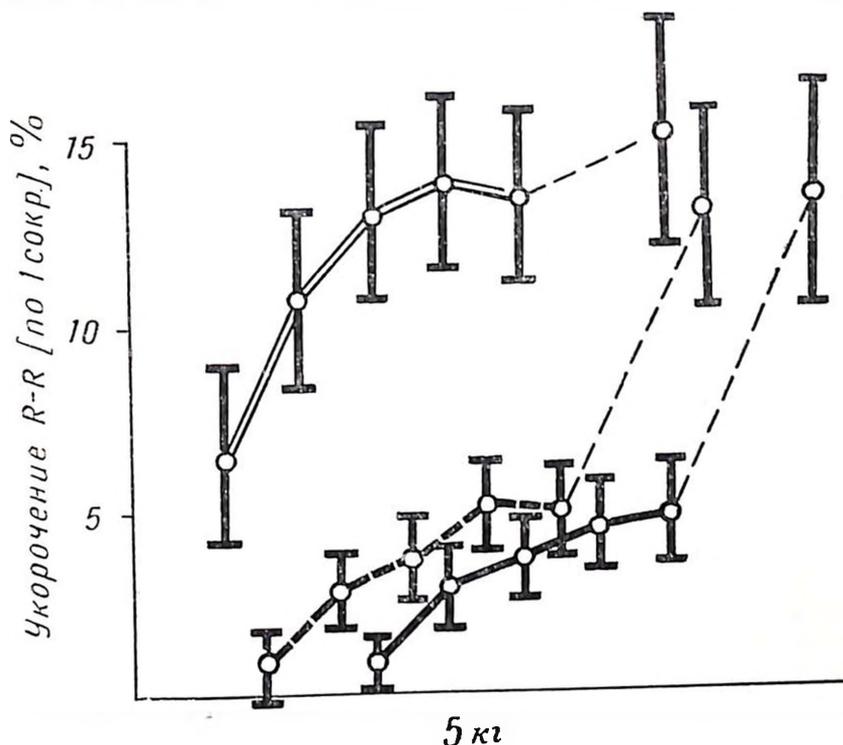


Рис. 3. Величина укорочения одного интервала R—R в начале и на конечном этапе невыполнения работы.

Обозначения: двойная линия — реакции, зарегистрированные у лиц 18—29 лет, прерывистая — у лиц 60—69 лет, сплошная — у лиц 70—79 лет.

ки, причем чем старше организм, тем больше выражено удлинение «вработывания» функции сердечно-сосудистой системы при относительно меньших по своей интенсивности воздействиях.

Так, оценивая сдвиги ритма по изменению величины укорочения комплекса, состоящего из пяти интервалов R—R, зарегистрированного в начале работы, рядом стоящего с первым и в конце нагрузки, удалось отметить, что в возрасте 18—29 лет величина укорочения двух начальных комплексов из пяти интервалов R—R ($24,6 \pm 2,0$ и $26,4 \pm 2,5\%$) становится статистически достоверно отличной от величины этого показателя в конце нагрузки ($38,5 \pm 1,9\%$) лишь в условиях большой по интенсивности нагрузки, тогда как в 60—69 лет этот признак обнаруживается также при средних ($12,6 \pm 1,1$ и

14,8±0,9 против 23,8±1,6%), а в 70—79 лет — и при малых нагрузках (8,2±1,1 и 10,4±1,4 против 17,8±1,6%).

Обращает на себя внимание тот факт, что в группе лиц 70—79 лет в условиях нагрузки большей интенсивности достоверные различия в укорочении комплекса из пяти интервалов R—R обнаруживаются уже между начальным (11,8±0,6%) и стоящим рядом с ним комплексом (15,2±1,0%). Появление в старческом возрасте этой своеобразной ступенчатой формы «вхождения» деятельности сердца в работу, очевидно обусловлено непомерными требованиями к циркуляторному аппарату при интенсивных мышечных усилиях. Можно предположить, что такой характер включения сердца людей 70—79 лет в деятельность является отражением формирующегося в старости и усиливающегося при повышении интенсивности нагрузки «барьера адаптации» (И. В. Муравов, 1962).

Сопоставление сдвигов сердечной деятельности в процессе выполнения физических нагрузок обнаруживает качественные отличия функционального состояния сердца не только в начальном периоде деятельности, но и на последующих ее этапах. Особенно ярко эта особенность проявляется при анализе изменений другого важного показателя функционального состояния сердца — относительной длительности электрической систолы сердца (превышение фактических величин электрической систолы над должными в условиях нагрузок максимальной длительности).

Полученные данные свидетельствуют о том, что выполнение физической нагрузки происходит в условиях прогрессирующего расхождения фактической и должной длительности интервала Q—T. После достижения к определенному времени, момент наступления которого имеет тенденцию удлиняться с возрастом, максимального расхождения этих величин, несмотря на продолжение работы удлинение Q—T уменьшается. Однако показательно то, что в возрасте 18—29 лет снижение расхождения фактической и должной величины электрической систолы к концу нагрузки достоверно отличается от максимального сдвига, тогда как в пожилом и старческом возрасте эти отличия не существенны (табл. 1).

Следовательно, полученные нами данные указывают на то, что сдвиги, выявленные в условиях нагрузок максимальной длительности, будучи принципиально сходными с теми сдвигами, которыми характеризуется кратковременная работа (И. Г. Гельман и С. Б. Браун, 1937; Л. И. Фогельсон, 1951; С. П. Летунов, 1954) связаны с развитием процесса утомления. Снижение степени расхождения фактических и должных величин интервала Q—T у молодых к концу утомительной работы свидетельствуют о том, что в зрелом возрасте уже в середине работы практически заканчивается перестройка сердечной деятельности на новый энергетический уровень, а продол-

Удлинение электрической систолы сердца по сравнению с должными величинами у лиц разного возраста во время выполнения максимальной нагрузки, в 0,01 сек ($M \pm m$)

Возраст	Момент исследования						
	10-я сек.	20-я сек.	30-я сек.	40-я сек.	50-я сек.	60-я сек.	в конце работы
18—29	4,67 $\pm 0,58$	5,06 $\pm 0,35$	5,06 $\pm 0,33$	4,78 $\pm 0,35$	4,44 $\pm 0,44$	4,67 $\pm 0,35$	3,80 $\pm 0,33$
60—69	5,16 $\pm 0,33$	6,36 $\pm 0,40$	6,44 $\pm 0,42$	6,00 $\pm 0,42$	6,20 $\pm 0,40$	6,00 $\pm 0,44$	6,04 $\pm 0,36$
70—79	6,13 $\pm 0,53$	7,20 $\pm 0,49$	8,07 $\pm 0,51$	8,00 $\pm 0,52$	8,46 $\pm 0,64$	7,08 $\pm 0,55$	7,20 $\pm 0,77$

жение работы служит фактором, выравнивающим те сдвиги, которые возникают в начале деятельности. И, напротив, у пожилых людей ухудшающаяся мобилизация внутренних энергетических ресурсов ставит деятельность сердца в условиях напряженной работы, вследствие чего продолжающаяся нагрузка все более отягощает функциональное состояние сердечной мышцы.

Можно предположить, что различные пути приспособления деятельности сердца молодых людей и лиц пожилого и старческого возраста в условиях утомительных напряжений во многом связаны с новыми взаимоотношениями, складывающимися в обмене веществ при старении, в частности иным соотношением между аэробным и анаэробным путями образования энергии, возникающим на разных этапах мышечной деятельности (Л. Н. Богацкая, В. П. Войтенко, А. Я. Литошенко, 1968).

Возникающие в процессе старения структурные и функциональные изменения различных органов, тканей и систем, их иной уровень энергетического обмена, предъявляющий и иные требования к сердечно-сосудистой системе, создают условия, способствующие ее более быстрому утомлению. Циркуляторный аппарат пожилого человека даже при отсутствии зарегистрированных признаков его нарушения в покое, находится в состоянии физиологической потенциальной недостаточности (И. В. Базилевич, 1940; Wezler, 1942; 1959; K. Spang, 1954; M. Бюргер, 1957; Ф. Бурльер, 1962), явные проявления которой наступают в случаях повышенных к нему требований.

Обращает на себя внимание и то, что с возрастом степень напряжения функции сердечно-сосудистой системы резко возрастает даже несмотря на то, что количество выполняемой при этом работы значительно снижается (рис. 4).

Как видно из рис. 4, у людей пожилого и старческого возраста на фоне выраженного снижения работоспособности (объем работы уменьшается с $72,2 \pm 6,88$ кгм в 18—29 лет до

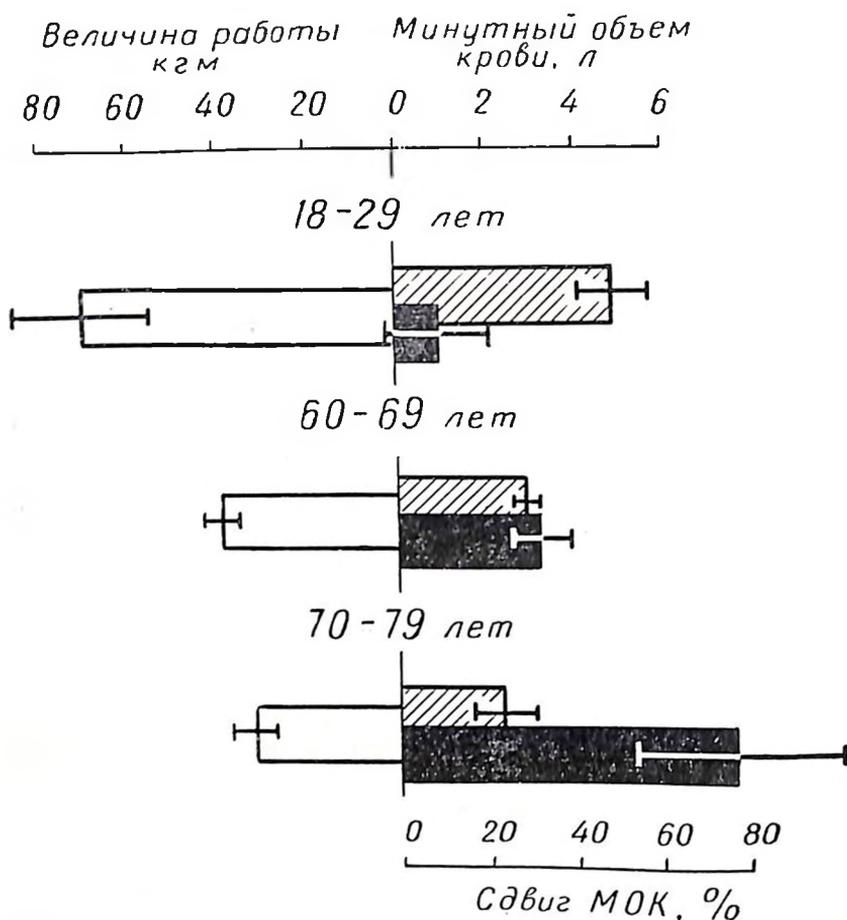


Рис. 4. Соотношение между мышечной работоспособностью и величиной минутного объема крови в покое и его сдвига на первой минуте восстановительного периода у лиц разного возраста после максимальной нагрузки.

Обозначения: столбик слева — величина работы в кгм, зачерченные столбик справа — минутный объем крови в покое (л), черные столбик — прирост МОК (%).

41,0 ± 1,69 и 33,3 ± 2,04 кгм в 60—69 и 70—79 лет), величина сдвига минутного объема крови, напротив, резко возрастает (соответственно с $8,1 \pm 4,53$ до $30,2 \pm 2,62$ и $75,6 \pm 17,09$ %). Аналогичные изменения наступают в сдвигах ударного объема сердца, систолического и пульсового давления. Такое нарастание у пожилых людей циркуляторных сдвигов при одновре-

менном снижении мышечной работоспособности может указывать на то, что роль гемодинамических реакций в осуществлении мышечной деятельности с возрастом повышается. На это указывает также факт увеличения сосудистого компонента в регуляции мышечной работоспособности (И. В. Муравов, 1962; Э. Г. Булич, 1963). Полученные данные, таким образом, указывают на то, что фактором, ограничивающим мышечную работоспособность при старении, служат не столько изменения в нервно-мышечном аппарате, сколько функциональное состояние сердечно-сосудистой системы.

Изучение функциональной взаимосвязи между двигательными реакциями и функцией кровообращения в геронтологическом аспекте приобретает особый интерес. Это обусловлено не только противоречивостью литературных данных по этому вопросу, но главным образом тем, что регистрация обнаруженных сдвигов, как правило, производилась в таких методических вариантах, которые не позволяют исчерпывающе ответить на вопрос, как изменяется при старении взаимосвязь между двигательными и гемодинамическими реакциями.

Для решения этого вопроса изучение изменений частоты сокращений сердца производилось в условиях точного воспроизведения молодыми людьми объема работы, выполненного лицами пожилого и старческого возраста в условиях нагрузок разной интенсивности. Результаты исследований показывают, что при выполнении молодыми людьми равного объема работы прирост частоты сокращений сердца во время физической нагрузки у них оказывается существенно выше, чем у лиц пожилого возраста. И, напротив, на первой минуте восстановительного периода величина этого показателя заметно выше у лиц пожилого и старческого возраста, причем степень этого увеличения тем значительнее, чем больше интенсивность нагрузки (табл. 2).

Такое ограничение сдвигов во время деятельности с последующим их увеличением в восстановительном периоде указывает на то, что период реституции после физических нагрузок у пожилых людей нельзя рассматривать как фазу пассивной реализации сдвигов, возникающих в процессе работы. Глубокая качественная и количественная перестройка после рабочего периода, характеризующаяся удлинением времени восстановления реакций к дорабочему уровню, учащением с возрастом «ступенчатых» реакций пульса и артериального давления и, напротив, уменьшением частоты обнаружения и выраженности «отрицательной фазы» (Р. Е. Мотылянская, 1956; А. А. Савельев, 1958; E. Simonson 1957; П. Вернан, 1960; К. Т. Соколов, 1965; Е. А. Пирогова, 1966, 1967) свидетельствует о том, что этот период становится во многих существенных чертах не менее активным, чем период предшествующей деятельности.

Прирост ритма сокращений сердца у лиц разного возраста во время выполнения работы и на первой минуте восстановительного периода в условиях воспроизведения равной по объему работы; % ($M \pm m$)

Возраст	Интенсивность нагрузки	Объем работы	Сдвиг ритма	
			во время работы	на первой минуте восстанов. периода
18—29	Малая	22,3	35,4 \pm 4,3	-0,6 \pm 1,6
60—69			17,8 \pm 1,6	2,8 \pm 0,9
18—29		21,6	29,9 \pm 3,7	1,6 \pm 1,7
70—79			14,5 \pm 1,8	4,9 \pm 1,2
18—29	Средняя	33,1	35,9 \pm 3,9	2,6 \pm 1,0
60—69			23,1 \pm 1,6	6,8 \pm 1,5
18—29		27,0	33,3 \pm 4,2	-0,2 \pm 1,2
70—79			18,1 \pm 3,1	4,7 \pm 1,8
18—29		39,2	47,3 \pm 4,2	2,2 \pm 1,7
60—69			33,7 \pm 2,5	11,7 \pm 1,7
18—29	Большая	24,8	35,4 \pm 3,8	-1,0 \pm 0,8
70—79			23,8 \pm 2,0	9,2 \pm 2,1

Изучение целого ряда возрастных особенностей реакций в условиях нагрузок разной интенсивности и структуры позволило в последнее время прийти к выводу (И. В. Муравов, 1961, 1963, 1967) о том, что своеобразный «перенос» реакций кровообращения на послерабочий период не только не является проявлением нарушения адаптационных возможностей организма при старении, но, напротив, имеет важное приспособительное значение. Если учесть, что приспособительные механизмы по современным представлениям (И. В. Давыдовский, 1966) могут быть обнаружены при самых различных и в том числе весьма значительных нарушениях, то очевидно, развитие приспособительных реакций должно рассматриваться не как исключительная возможность, а как необходимое, типичное условие жизнедеятельности, свойственное ограничению функциональных возможностей в результате возрастных изменений. Тот факт, что развитие приспособительных механизмов стимулируется в условиях нарастающей двигательной активности организма (В. С. Нестеров, 1954, 1967; Н. Н. Пленов и Р. Б. Абрамова, 1965) подтверждает эти представления.

ЛИТЕРАТУРА

- Базилевич И. В. В кн.: «Старость». Сб. изд. АН УССР, Киев, 255—307, 1940. Бельтюков В. И., Болотова М. Ф., Дмитриева Т. П. IX съезд Всес. об-ва физиологов, биохимиков и фармакологов., М., 74, 1959. Богацкая Л. Н., Войтенко В. П., Литошенко А. Я. В сб.: Мышечная деятельность и функции организма при старении. Киев, 36—38, 1968. Боер В. А. В сб.: Мышечная деятельность и функции организма при старении. Киев, 73—75, 1968. Булич Э. Г. В сб.: Материалы республиканского семинара-конференции по вопросам работы по физической культуре и спорту с рабочими и служащими среднего и пожилого возраста. (Тезисы и краткое изложение докладов). Киев, 110—103, 1963. Виноградов М. И. Физиология трудовых процессов. Медгиз, 1958. Гельман И. Г., Браун С. Б. В кн.: Материалы клиники по возрастной патофизиологии. М., Изд. ВИЭМ, 43—60, 1937. Головченко С. Ф. Тез. докл. «Двигательный режим и старение». Киев, 31—32, 1963. Гориневский В. В. В кн.: Гориневский В. В. Избр. произв., М., 1, 300—308, 1951. Давыдовский И. В. В сб.: Сердечно-сосудистая система при старении. Материалы выездной сессии отделения клинической медицины АМН СССР (27—28 сентября 1966 года), 3—9, 1966. Ивашкевичене Я. И. и Железнякене В. Н. В сб.: Материалы IX Всесоюзной научной конференции по физиологии, морфологии, биохимии и биомеханике мышечной деятельности, 10—15 мая 1966 г. Каунас, Тезисы докладов, т. II, 9—11, 1966. Крестовников А. А. Очерки по физиологии физических упражнений, 1951. Летунов С. П. Значение электрокардиографического исследования для оценки функциональной способности сердца у спортсменов. Авторефер. докторск. диссерт., 1954. Могендович М. Р. Рефлекторное взаимодействие локомоторной и висцеральной систем. Медгиз, Л., 1957. Могендович М. Р. В сб.: Моторновисцеральные и висцеромоторные рефлексы. Пермь, 3—10, 1963. Мотылянская Р. Е. Спорт и возраст. М., Медгиз, 1956. Муравов И. В. В кн.: Вопросы геронтологии и гериатрии, т. II, Госмедиздат УССР, Киев, 88—98, 1962. Муравов И. В. В сб.: Нейрогуморальная регуляция в онтогенезе, Киев, 43—45, 1954. Муравов И. В. В сб.: Современные вопросы геронтологии и гериатрии, Тбилиси, 122—123, 1965. Муравов И. В. В сб.: Мышечная деятельность и функции организма при старении. Киев, 5—8, 1968. Нестеров В. С. Тер. арх., 26, 1, 73—80, 1954. Нестеров В. С. Кардиология, 1, 33—35, 1967. Пленов Н. Н., Абрамова Р. Б. В сб.: Актуальные проблемы врачебного контроля и лечебной физкультуры. Киев, 174—176, 1965. Пирогова Е. А. В сб.: Материалы 2-й научно-практической конференции по врачебному контролю и лечебной физкультуре ГССР. 22—23 ноября 1966, 56—58. 1966. Пирогова Е. А. Возрастные особенности развития и восстановления реакций сердечно-сосудистой системы при стандартных и максимальных физических нагрузках. Автореф. диссерт., 1967. Савельев А. А. Теор. и практ. физич. культуры, т. 21, в. 4, 297—394, 1958. Саркизов-Серазини И. М. Теор. и практ. физич. культуры, т. 18, в. 6, 408—412, 1955. Саркизов-Серазини И. М. Теор. и практ. физич. культуры, 22, 12, 907—912, 1959. Соколов К. Т. В сб.: Двигательный режим и старение (тезисы конференции), Киев, 95—97, 1963. Соколов К. Т. В сб.: Физическая культура — источник долголетия. Изд. «ФИС», М., 120—133. 1965. Суркина И. Д. В сб.: Физическая культура и здоровье. Медгиз, 242—244, 1963. Танин С. А. В сб.: Научная конференция по физиологии процессов утомления и восстановления. Тезисы докладов, Киев, 111—112, 1961. Фогельсон Л. И. Основы клинической электрокардиографии. М., Медгиз, 1948. Фогельсон Л. И. В кн.: Болезни сердца и сосудов. АМН СССР, изд. 3, М., 281—284, 1951. Фролькис В. В. В сб.: Вопросы геронтологии и гериатрии. Л., т. 1, 54—63, 1962. Фролькис В. В., Муравов И. В. В кн.: Физическая культура — источник долголетия. 24—38, 1965. Astrand I. Acta physiol. Scand., 42, 1, 73—86, 1958. Бейнбридж Ф. Физиология мышечной деятельности. Л., 1927. Bürger M. Altern und Krankheit als Problem der Biomorphyse. Leipzig, 353—357, 1957. Diel D. B. Physiol. Rev., 16, 263—291,

1936. *Dusoczky A. J.* Sport et tudomány, Budapest, 2, 46—47, 1963. *Eiselt E.* Teorie a praxe telesne výchovy, 8, 341—345, 1963. *Марсеев Д.* и др. Морфологични и физиологични особености на напредналата взраст и борба за дълголетие. София, «Медицина и физкультура», 1960. *Robinson S.* Arbeitsphysiologie, 10, 251—323, 1938. *Simonson E.* Geriatrics, 12, 1, 28—39, 1957. *Spang K.* Dtsch. med. Wschr., 8, 315—323, 1954. *Sprague H. B.* Geriatric Medicine Diagnosis and Management of Disease in the Aging and in the Aged. By Edw. J. Stieglitz, 371—389, 1943. *Strandell T.* Acta physiol. scand., 60, 197, 1964. *Вернан П.* В кн.: Основы геронтологии. М., 155—192, 1960. *Wezler K.* Zeitschr. für Altersforsch., 2, 1959.

PECULIARITIES OF THE ADAPTATION OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM IN PERSONS OF VARIOUS AGE UNDER CONDITIONS OF MUSCULAR ACTIVITY

E. A. PIROGOVA

*Institute of Gerontology of the Academy of Medical Sciences
of the USSR, Kiev*

The aim of the investigation was to study certain aspects of the adaptation of the function of the cardiovascular system of elderly and old people to loads of various intensity and maximum duration.

The investigations conducted by the author revealed weakening of the conditioned reflex effects on the heart, an increase in the duration of the «warming up» for work, with a rise in the intensity of the effect, a qualitatively distinct character of the «working in» of the cardiovascular system of young and elderly people.

It was found that in elderly people undergoing dosed work loads the hemodynamic reactions developing during the very process of activity are secured to a lesser extent than in young people. Under these conditions the reactions seem to be «carried over» to the restorative period, which indicates that this period is an active factor in ensuring elimination of the changes evoked by the load. According to present conceptions (I. V. Muravov, 1961, 1967) the «carrying over» of the circulatory reactions to the post-working period is not a manifestation of disturbance of the organism's adaptive capacities during aging, but on the contrary, possesses important adaptive significance.

An analysis of the functional changes in blood circulation under conditions of maximum physical loads revealed enhancement with age of the role of the hemodynamic reactions in the accomplishment of muscular activity. This is manifested in the parallel decrease in muscular capacity and in the increase in the summary hemodynamic changes in elderly persons.

The elucidation of the age-conditioned peculiarities in the functional changes occurring in the cardiovascular system under the influence of muscular activity extends our conceptions of the changes developing in one of the most important systems of the organism during aging, and furthermore, may be applied for the scientific grounding of effective forms of physical exercises during senescence.

УСТОЙЧИВОСТЬ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ФУНКЦИЙ ПО МЕРЕ СТАРЕНИЯ ОРГАНИЗМА

В. М. ВОЛКОВ

Институт физической культуры, Смоленск

Для понимания инволюционных преобразований существенное значение имеет оценка эффективности адаптивных реакций организма. Последнее важно еще и в связи с тем, что по мере старения организма, благодаря гетерохронному характеру инволюционных изменений, формируется присущий только данному этапу онтогенеза своеобразный спектр физиологических реакций, отличительный характер взаимодействия двигательных и вегетативных функций.

Следует сказать, что многие вопросы адаптивных реакций по мере инволюции организма носят дискуссионный характер, а особенности возрастной устойчивости и взаимодействия функций изучены крайне недостаточно.

В настоящей работе обобщаются две серии наблюдений. В первой серии было показано, что люди пожилого возраста отличаются характерными адаптивными реакциями в условиях использованных нами гипоксемических проб (задержка дыхания, дыхание в замкнутое пространство).

У лиц пожилого возраста снижается продолжительность гипоксемических проб, длительность гипоксемических фаз, уменьшается возможная степень падения оксигенации крови (табл. 1).

Таблица 1

Изменения показателей функциональной устойчивости к недостатку кислорода на различных этапах онтогенеза ($M \pm m$)

Параметры	Возраст (в годах)		
	18—20	30—35	55—65
Время задержки дыхания (сек)	92,0 \pm 2,48	91,0 \pm 2,3	74,2 \pm 3,81
Время устойчивой фазы (сек)	56,6 \pm 1,58	62,0 \pm 2,1	53,0 \pm 3,74
Время гипоксемической фазы (сек)	35,6 \pm 2,40	27,3 \pm 2,30	22,2 \pm 3,08
Градиент падения оксигенации крови	0,98 \pm 0,039	1,02 \pm 0,053	0,87 \pm 0,097

При оценке полученных данных следует учитывать ряд моментов. Известно, что у лиц пожилого возраста, благодаря морфологическим и функциональным преобразованиям, возникает старческая гипервентиляция. Поверхностное дыхание, снижение жизненной емкости легких, увеличение физиологического мертвого дыхательного пространства приводит к снижению альвеолярной вентиляции и худшей оксигенации артериальной крови кислородом даже в состоянии покоя, при нормальном барометрическом давлении (И. И. Лихницкая, 1960, 1963; Ф. Я. Примак, 1962; А. З. Колчинская, 1963, 1964; М. М. Середенко, 1963; L. Binet., H. Bourg, 1960; S. Tenney., R. Miller, 1956 и др.). По нашим данным, у лиц пожилого возраста также понижается эффективность ликвидации гипоксемических сдвигов. Это проявляется в увеличении времени восстановления оксигенации крови к исходным данным и снижении темпов (интенсивности) ликвидации гипоксемических сдвигов. Подобные изменения сочетаются с более выраженными компенсаторными изменениями минутного объема, глубины дыхания, чем у молодых лиц.

Большое компенсаторное усиление внешнего дыхания в период респираторной неадекватности рассматривать, в данном случае, как положительное явление. Во-первых, исследованиями М. Е. Маршака (1961), А. М. Кулика (1953), Е. М. Берковича и Ж. З. Характер (1958), R. Gripps, У. Comroe (1947) и др. было показано, что не существует простой корреляции между увеличением альвеолярной вентиляции и насыщением крови кислородом. Во-вторых, несмотря на большее увеличение минутного объема дыхания, ликвидация гипоксемических сдвигов у пожилых людей осуществляется менее интенсивно и в более продолжительные сроки. Более того, в данном случае, большие компенсаторные изменения внешнего дыхания, по-видимому, не только не способствуют, но, наоборот, даже затрудняют ликвидацию гипоксемических сдвигов, так как вызывают вследствие вымывания углекислоты, более выраженную гипокапническую реакцию со всеми вытекающими отсюда последствиями.

На невысокую эффективность внешнего дыхания в восстановительном периоде после гипоксемических проб указывает увеличение у пожилых людей легочной вентиляции на восстановление 1% насыщения крови кислородом.

Рассмотренные нами особенности функциональной устойчивости к недостатку кислорода, следует, по-видимому, учитывать в практике работы по физической культуре с лицами пожилого возраста. Различные нарушения внешнего дыхания (задержка дыхания, натуживание, отсутствие должного согласования дыхания с движением и т. д.) во время физических упражнений могут в большей степени, чем у взрослых молодых лиц, приводить к двигательной гипоксии и отрица-

тельно отражаться на работоспособности. Поэтому в пожилом возрасте особое внимание при физических упражнениях должно быть уделено обучению навыкам правильного дыхания.

Во второй серии наблюдений особенности адаптивных реакций у лиц пожилого возраста исследовались при мышечных нагрузках (статические усилия, индивидуализированные упражнения «с отягощением» и стандартные циклические упражнения на велоустановке).

В процессе старения понижение статической выносливости, более стремительное развитие утомления, уменьшение максимально-возможного объема работы при упражнениях «с отягощением» сочетаются с отличительными изменениями энергетических реакций, функций дыхания и кровообращения и их взаимодействия при мышечной деятельности.

Наши данные также свидетельствуют о том, что некоторые обследуемые среднего и пожилого возрастов (50—55, 58—65 лет) мало уступают взрослым молодым лицам по ряду исследуемых нами параметров двигательной функции, мышечной работоспособности. Отмеченные результаты, как правило, наблюдаются у лиц, систематически занимающихся физическими упражнениями.

Как показали электромиографические исследования А. С. Янковской (1962), В. Н. Князевой (1962), С. И. Фудель-Осиповой (1965), различные группы мышц «стареют» не одновременно, в последнюю очередь инволюционные изменения развиваются в мышцах рук. В плане развития этих положений представляют интерес те наши данные, которые указывают на то, что подчас высокий уровень развития двигательной функции, проявляющийся в высоких результатах при выполнении изометрических упражнений, сочетается с понижением эффективности энергетических процессов.

При анализе вегетативных сдвигов в условиях мышечной деятельности у лиц пожилого возраста следует согласиться с замечаниями В. В. Фролькиса и И. В. Муравова (1965) о том, что в настоящее время существуют серьезные противоречия в характеристике возрастных сдвигов при физической нагрузке.

Нам представляется, что немаловажным фактором, объясняющим подобные противоречивые данные является то, что различные исследователи использовали в экспериментальных целях далеко не одинаковый объем работы, а тем более, неиндивидуализированные нагрузки, то есть не соответствующие индивидуальному уровню функциональных возможностей организма. Представления авторов о малых и больших нагрузках также весьма противоречивы. Большой нагрузкой считали, например, 20 приседаний. Несомненно, что подобные противоречия определили и значительное разнообразие полученных данных.

Наши материалы свидетельствуют о том, что в условиях индивидуализированной мышечной деятельности изменения показателей кровообращения, внешнего дыхания, потребления кислорода по мере инволюции понижаются. Причем, снижение происходит как по данным абсолютных сдвигов функции кровообращения, дыхания при работе, так и по величине относительного прироста регистрируемых вегетативных пока-

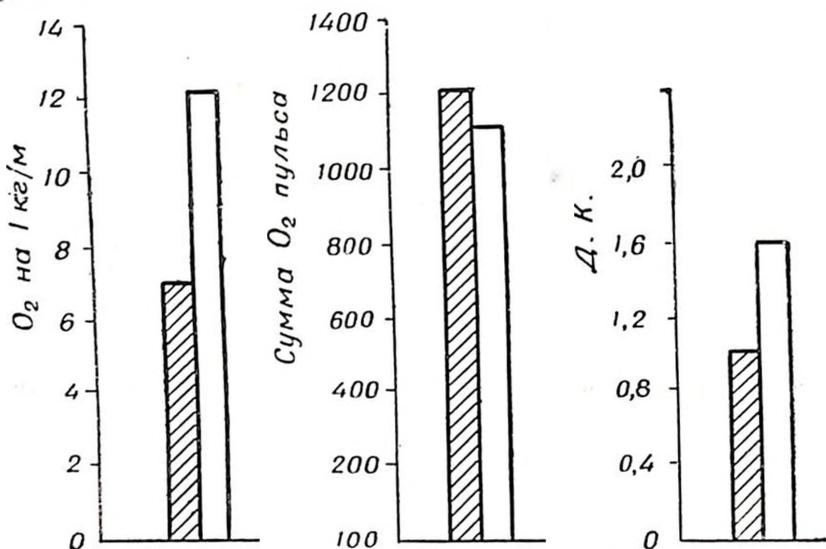


Рис. 1. Изменения потребления кислорода на 1 кгм в мл, сумма кислородного пульса за пять мин. восстановления, в мл, дыхательный коэффициент на 1 мин. восстановления у молодых людей и лиц среднего возраста при упражнениях с отягощением.

Обозначения: столбик с косою штриховкой — 18-20 лет, белые — 50-60 лет.

зателей к исходным данным. Понижается также величина легочной вентиляции, потребления кислорода на единицу веса тела (рис. 1).

Некоторые исследователи (И. И. Лихницкая, 1963; К. Т. Соколов, 1965; Fozio с соавт., 1959 и др.) указывают, что адаптация функции дыхания у людей пожилого возраста осуществляется в большей мере, благодаря учащению дыхания. Авторы оценивают данное явление как результат менее экономного режима осуществления дыхательной функции при работе. Согласно нашим данным, при упражнениях «с отягощением» не наблюдается учащения дыхания. Больше того, у ряда пожилых обследуемых частота дыхания даже снижается ниже исходных данных. В подобных условиях увеличение минутного объема дыхания происходит в основном за счет по-

вышения глубины дыхания. Но подобное увеличение значительно меньше, чем у молодых обследуемых.

Отмеченные изменения, несомненно, создают худшие условия для альвеолярной вентиляции и артериализация крови. Меньшие сдвиги внешнего дыхания, кровообращения, меньшее увеличение потребления кислорода у пожилых, исследуемых при упражнениях «с отягощением», коррелировали с равными молодым обследуемым гипоксемическими сдвигами. При этом подобные гипоксемические сдвиги происходили при меньшем, чем у молодых, объеме произведенной работы.

При оценке гипоксемических и гиперкапнических сдвигов и взаимосвязи их с изменениями работоспособности имеют определенную ценность данные В. В. Фролькиса с сотр. (1962, 1966), установивших, что у старых животных повышается чувствительность тканей к гуморальным раздражителям. Следовательно, очевидно, при старении организма меньшие гипоксемические и гиперкапнические сдвиги, изменения мышечного метаболизма могут вызвать снижение рефлекторных реакций, отразиться на работоспособности организма.

Большие гипоксемические сдвиги, несмотря на более значительное усиление внешнего дыхания потребления кислорода, чем у молодых обследуемых, наблюдаются у пожилых при стандартной работе. При этом имеет место снижение коэффициента использования кислорода. Подобные изменения функции дыхания не сопровождаются аналогичным усилением частоты сердечных сокращений (рис. 2). Большие изменения внешнего дыхания, более глубокие гипоксемические сдвиги при стандартной работе мы рассматриваем в связи с меньшей функциональной устойчивостью физиологических механизмов, обеспечивающих у пожилых адекватность адаптивных реакций.

Обнаруженное нами в ходе инволюции мышечной работоспособности снижение сдвигов функции дыхания в статических усилиях, упражнениях «с отягощением», ухудшение «вегетативного обслуживания» мышечной деятельности, снижение порога предельных функциональных сдвигов возникает не сразу, а «подготавливается» на более ранних этапах индивидуального развития. Так, если между обследуемыми 18—20 и 30—35 лет не было установлено достоверных различий в динамике развития утомления при статических упражнениях, в вегетативных реакциях на стандартную работу в изменениях статической выносливости, то у лиц 40—45 лет, а тем более 50—55, 58—65 лет наблюдаются инволюционные преобразования.

У обследуемых 40—45 лет высокие результаты мышечной работоспособности подчас сочетаются со снижением эффективности вегетативного обслуживания мышечной деятельности. В возрасте 50—55 лет к отмеченным изменениям до-

бавляется и снижение мышечной работоспособности, особенно при максимальных статических усилиях, а в 58—65 лет — усиление функции дыхания при стандартной нагрузке.

Нам представляется, что было бы неправильным рассматривать эти данные в фатально обобщенном плане. При оценке подобных инволюционных изменений мы исходили также из индивидуальных данных и отмечали роль физической тренировки рационального двигательного режима в преодолении инволюционных преобразований.

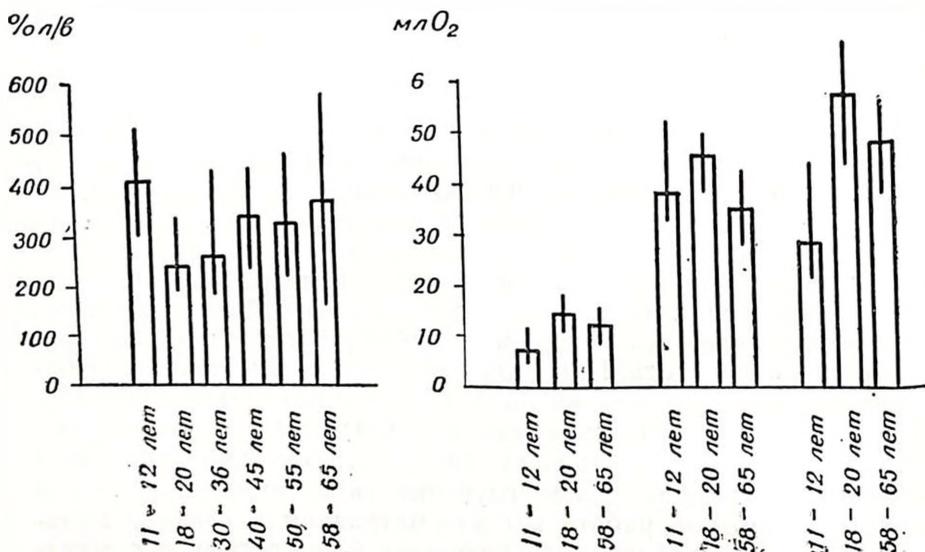


Рис. 2. Изменения легочной вентиляции (1), кислородного пульса (2), коэфф. использования кислорода (3), кислородной стоимости одного дыхательного цикла (4) у лиц разного возраста при стандартных циклических упражнениях.

В этой связи представляет интерес динамика изменений работоспособности у пожилых при многократном повторении статических усилий. У обследуемых 40—45 и 50—60 лет после первых попыток утомительных упражнений имеет место большая стабилизация результатов, чем у молодых обследуемых. Подобные данные свидетельствуют о том, что в способности устойчиво удерживать первоначальный уровень восстановительных процессов пожилые люди не только не уступают, а даже превосходят молодых лиц. Это, по-видимому, следствие возникновения новых форм адаптивных реакций по мере старения организма.

Существенные инволюционные преобразования имеют место и по данным периода реституции. Материалы наших наблюдений свидетельствуют о том, что у лиц пожилого воз-

раста увеличивается длительность восстановительных процессов как после индивидуализированных статических усилий и упражнений «с отягощением», так и после стандартных упражнений умеренной интенсивности. Наряду с увеличением продолжительности восстановительных процессов, у лиц пожилого возраста понижается интенсивность возвращения исследуемых функций дыхания и кровообращения к исходным данным, причем подобные изменения имеют место как после индивидуализированных, так и стандартных нагрузок.

При интерпретации инволюционных изменений продолжительности и интенсивности восстановительных процессов следует отметить одну особенность, обнаруженную в наших исследованиях. По мере старения происходит изменение соотношений между кислородным запросом и долгом. У обследуемых пожилого возраста после упражнений «с отягощением» и стандартных нагрузок увеличивается не только абсолютная величина кислородного долга, но и его доля в кислородном запросе. На послерабочее усиление газообмена приходится большая величина от кислородного запроса. Таким образом, удовлетворение кислородного запроса как бы передвигается на послерабочий период.

Рассмотренные инволюционные изменения длительности и интенсивности процессов реституции сочетаются с большей напряженностью функций дыхания и кровообращения. Это выражается в увеличении легочной вентиляции за период восстановления на 1 кг веса, в большей сумме частоты и уменьшении суммы глубины дыхания, в снижении кислородной стоимости дыхательного цикла, в большей «пульсовой сумме восстановления». Причем, в условиях индивидуализированной мышечной деятельности подобные изменения сочетаются с меньшим объемом произведенной работы.

Очевидно, что большая выраженность изменений рассматриваемых параметров у лиц пожилого возраста в период реституции имеет компенсаторное значение и направлена на возмещение снизившихся по мере инволюции функциональных возможностей вегетативных функций.

Менее совершенное течение восстановительных процессов во многом определяется понижением по мере инволюции эффективности взаимодействия функций. На подобные преобразования указывают данные кислородного пульса, а также изменения внешнего дыхания и оксигенации крови. В наших исследованиях, несмотря на большие изменения внешнего дыхания после работы у пожилых обследуемых, ликвидация гипоксемических сдвигов происходит более медленными, чем у молодых, темпами.

Нам представляется, что обнаруженные гипоксемические сдвиги являются отражением общих изменений внутренней среды организма. В пользу данных представлений свидетель-

ствуют изменения дыхательного коэффициента. Установлено, что у лиц пожилого возраста после упражнений «с отягощением» наблюдаются наибольшие изменения дыхательного коэффициента в период релаксации (рис. 1). Большие сдвиги дыхательного коэффициента у пожилых, по сравнению с молодыми, следует рассматривать как выражение пониженной функциональной устойчивости, меньших возможностей к сохранению гомеостаза, даже при условии выполнения меньшего объема индивидуализированных упражнений.

Существенной характеристикой эффективности адаптивных реакций функций дыхания и кровообращения, в значительной степени определяющей интеграцию функций при мышечной деятельности, является оценка «скорости регуляции функций». Под последней мы понимаем особенности развертывания функций во времени от исходного уровня до наибольших при данной мышечной деятельности изменений. В связи с тем, что, исходя из теории автоматического регулирования, период вхождения организма в работу можно рассматривать как переходный процесс, мы попытались использовать при оценке инволюционных преобразований некоторые характеристики переходных процессов. Были вычислены величины ускорений частоты сердечных сокращений и легочной вентиляции у обследуемых при стандартной циклической деятельности на велоустановке в течение пяти минут.

Установлено, что у пожилых обследуемых величина ускорения пульса за первые три минуты работы соответствует данным молодых обследуемых (соответственно: 11,8 и 11,0 уд. в мин.). Аналогичные показатели для легочной вентиляции у пожилых людей превышают данные молодых (таблица 2). Таким образом, у пожилых имеет место в начальном периоде работы, в отличие от молодых, известная разобщенность гемодинамических и респираторных параметров что, очевидно, является результатом менее совершенного локомоторно-висцерального взаимодействия функций. О последнем также свидетельствует тот факт, что у пожилых, несмотря на большее ускорение внешнего дыхания, гипоксемия при работе развивается быстрее, чем у молодых людей.

Более выраженное усиление легочной вентиляции у пожилых лиц также свидетельствует о том, что при интерпретации возрастных изменений вработываемости необходимо учитывать характер осуществляемых мышечных напряжений.

Для оценки скорости «регулируемости функций» было вычислено отношение реакции исследуемых показателей на различных этапах работы и восстановления по отношению к наибольшему изменению, взятым за 100%.

Установлено, что динамика реактивности потребления кислорода, легочной вентиляции (ЛВ), частоты пульса (ЧП), кислородного пульса (КП), кислородной стоимости одного ды-

хательного цикла (КСД) характеризуется гетерохронностью (табл. 2).

Таблица 2

Динамика показателей газообмена и частоты пульса при стандартной нагрузке (в % к наибольшим сдвигам)

Время работы	Показатели							
	ЛВ		ЧП		КП		КСД	
	18—20	58—65	18—20	58—65	18—20	58—65	18—20	58—65
1 мин.	76,3	70,5	92,2	88,6	83,0	79,1	81,4	78,1
3 мин.	91,8	83,2	97,5	98,3	93,0	88,1	96,7	89,1
5 мин.	92,0	91,0	98,0	98,0	90,6	96,8	92,4	97,9

Инволюционные изменения проявляются в том, что у молодых обследуемых темпы переходного процесса по всем рассматриваемым нами параметрам выше, чем у пожилых. Причем, если у молодых обследуемых такие интегративные показатели как кислородный пульс, кислородная стоимость одного дыхательного цикла достигают наибольших величин на третьей минуте работы, а затем, как правило, снижаются, то у пожилых рассматриваемые показатели достигают наибольших величин к концу работы. Последнее мы рассматриваем как большую эффективность кислородного режима у молодых людей, по сравнению с пожилыми.

Существенные различия наблюдаются также по данным восстановительного периода. Установлено, что у лиц пожилого возраста меньший «спад» легочной вентиляции сочетается с равными молодым, темпами восстановления частоты сердечных сокращений. Характерной инволюционной особенностью является то, что у пожилых лиц восстановление респираторных и гемодинамических показателей происходит на фоне более выраженного снижения таких параметров эффективности кислородного режима как коэффициента использования кислорода и кислородной стоимости одного дыхательного цикла (табл. 3).

Подобные результаты, по-видимому, являются одной из причин, определяющей, установленное рядом исследователей и нами, снижение по мере инволюции интенсивности восстановительных процессов.

Мы полагаем, что установленные нами инволюционные изменения функциональной устойчивости к недостатку кислорода, особенности напряженности и взаимодействия функций, устойчивости и «скорости регуляции» функций как во время работы, так и в периоде реституции представляют определенный интерес для обоснования использования средств физической культуры людьми пожилого возраста.

Динамика показателей газообмена и частоты пульса в период реституции после стандартной работы (в % к наибольшим величинам)

Время восст. в мин.	Показатели									
	ЛВ		ЧП		КП		КСД		КИО ₂	
	18—20	58—65	18—20	58—65	18—20	58—65	18—20	58—65	18—20	58—65
3 мин.	53,7	49,7	24,1	25,1	47,0	57,0	42,8	61,7	15,0	34,4
9 мин.	66,0	58,8	24,9	24,1	61,8	62,5	56,0	70,6	18,9	43,6
13 мин.	65,7	58,4	24,1	23,2	66,3	63,3	50,0	71,0	18,3	38,9

ЛИТЕРАТУРА

Колчинская А. З. Недостаток кислорода и возраст. Киев, 1964. Кулик А. М. Бюлл. эксп. биол. и мед. 4, 1953. Лихницкая И. И. В сб.: Физиология и патология старости. Л., 1960. Маршак М. Е. Регуляция дыхания у человека. М., 1961. Примак Ф. Я. Врач. дело, 6, 1962. Середенко М. М. Влияние возраста на характер приспособления старых людей к кислородной недостаточности. В сб.: Механизмы старения. Киев, 1963. Фролькис В. В. В кн.: Ведущие проблемы возр. физиологии и биох. М., 1966. Фролькис В. В., Муравов И. В. В кн.: Физическая культура — источник долголетия. М., 1965. Фудель-Осипова С. И. В кн.: Физическая культура — источник долголетия. М., 1965. Янковская А. С., Князева В. Н. В сб.: Вопросы геронтологии и гериатрии, т. II, Киев, 1962. Binet L., Bour. В кн.: Основы геронтологии, М., 1960. Tenney S. M., Miller R. M. J. Appl. Physiol., 9, 3, 1956. Dripps R. D., Comroe J. H. Amer. J. Physiol., 149, 2, 277—291, 1947.

STABILITY AND CORRELATION OF FUNCTIONS WITH THE AGING OF THE ORGANISM

V. M. VOLKOV

Institute of Physical Culture, Smolensk

With the aging of the organism there is a fall in the capacity of overcoming oxygen deficiency. There is a reduction in the maximum fall of saturation of the blood with oxygen, and an increase in respiratory alterations.

With equal work old persons show increased respiration and great changes in the saturation of the blood with oxygen.

During work and in the period of recovery dyscoordination was noted in the functions of respiration and circulation.

АКТИВНЫЙ ОТДЫХ В РЕГУЛЯЦИИ ДВИГАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ ЛИЦ РАЗНОГО ВОЗРАСТА

Э. Г. ЯНЕНКО, В. И. МИРОНОВ

*Институт геронтологии АМН СССР, Киев
Киевский государственный институт физической культуры,*

Особенное значение в изучении физиологии активного отдыха приобрели исследования регуляции важнейших функциональных систем в условиях реализации феномена Сеченова. Эти работы (И. В. Муравов, 1958, 1962, 1965; Э. Г. Булич, Л. С. Глузман, 1964; И. В. Муравов, Э. Г. Булич, Л. С. Глузман, Ф. Т. Ткачев, 1965; Ф. Т. Ткачев, 1965; и др.) позволили установить, что активный отдых вызывает глубокую функциональную перестройку, в ходе которой устраняются «лимитирующие» звенья регуляции, что обеспечивает повышение работоспособности организма.

Понимание влияния активизирующих воздействий как фактора регулирования функций опирается на большой фактический материал, характеризующий неоднородные изменения различных сторон жизнедеятельности утомленного организма.

К настоящему времени известно, что в сдвигах мышечной работоспособности и вегетативных функций в условиях активного отдыха может не быть параллелизма, — более того, нередко в изменениях какой-либо одной системы обнаруживаются различные по величине и направлению изменения отдельных параметров (И. В. Муравов, 1965). В связи с этим приобретает особый интерес вопрос: подчиняется ли сама двигательная функция этой зависимости? Этот вопрос становится актуальным в связи с современными представлениями о двигательной функции (R. Granit, 1957; Ю. М. Уфлянд, 1965) как сложно регулируемой системе, отдельные качества и показатели которой, как и весь организм в целом (В. В. Фроликс, 1962; Д. Ф. Чеботарев, 1963; М. И. Хвильвицкая, 1963 и др.), могут изменяться в различных направлениях (Н. В. Зимкин, 1953; А. В. Коробков, 1958 и др.). Выяснение особенностей влияния активного отдыха на отдельные стороны регуляции двигательной функции приобретает практический интерес в геронтологическом аспекте, так как известно, что при старении происходят неоднородные изменения различных двигательных качеств (А. В. Коробков, 1958; И. М. Яблоновский, 1965). Если учесть, что в определенных, специально подобранных, условиях мышечная работоспо-

способность пожилых людей практически не уступает аналогичным показателям молодых людей (И. В. Муравов, 1966; Е. И. Стеженская, В. Н. Бугаев, 1968; М. Д. Карвонен, 1968 и др.), то становится ясно, что указанная неоднородность изменений функции нервно-мышечного аппарата может быть причиной двигательной недостаточности пожилых людей. В связи с этим, заслуживает особого внимания вопрос о возможности использования такого эффективного средства стимуляции мышечной работоспособности как активный отдых для направленного влияния на различные стороны двигательной функции стареющего организма.

Учитывая, что наиболее значительные нарушения с возрастом претерпевает координация движения (Н. Н. Транквиллити, 1964; Ю. М. Уфлянд, 1965; И. М. Яблоновский, 1965 и др.), первый раздел нашей работы был направлен на исследование влияния активного отдыха на эту сторону функции двигательного аппарата.

Было обследовано 36 практически здоровых мужчин в возрасте 60—69 лет.

В процессе исследований применялись следующие методики: эргография, динамометрия, кинематография, что позволяло регистрировать тонкие качественные изменения деятельности мышц — сгибателей и разгибателей кисти, латентный период зрительно-моторной реакции, а также временные параметры движения.

Для оценки влияния активного отдыха на координацию движений в перерывах между работами, а также в течение пяти минут восстановительного периода (на 1, 2, 3 и 5 минутах) регистрировались пробы специально выработанных тестов.

Тест № 1. До начала исследования у испытуемых на кистевом динамометре вырабатывалось мышечное чувство развивать усилие, равное $1/2$ величины максимального сокращения мышц-сгибателей кисти правой руки.

Тест № 2. В ритме метронома (120 ударов в минуту) испытуемым предлагалось выполнить задание: на пять ударов метронома плавно согнуть кисть до отказа, на шестой удар — разогнуть до половины величины сгибания, и на седьмой — разогнуть в исходное положение. Эта проба регистрировалась на кинематографе, где также отмечался латентный период зрительно-моторной реакции испытуемого. Ритм метронома задавался до начала исследования. Во время выполнения теста метроном выключался.

Анализ полученных данных позволил выявить неоднородность изменений различных сторон двигательной функции, наступающих под влиянием активного отдыха.

Так, например, в серии опытов с использованием пассивного отдыха сумма ошибок за исследование в показателях

динамометрии достигала $30,92 \pm 4,70$ кг. В серии исследований с применением активного отдыха сумма ошибок по показателям динамометрии равна $15,80 \pm 1,68$ кг (коэффициент достоверности различий $t=3,03$, $p<0,01$).

Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что с возрастом координация движений, связанная с воспроизведением суставных углов, нарушается больше, чем координация, связанная с воспроизведением определенной величины усилия.

Представляет интерес и тот факт, что положительное влияние активного отдыха в большей степени сказывается на тех сторонах двигательной функции, которые наиболее подвержены возрастным изменениям.

Так, при определении половины величины сгибания, сумма ошибок за исследование в серии опытов с пассивным отдыхом равна $64,00 \pm 4,29$ мм, в серии с применением активного отдыха сумма ошибок равна $36,59 \pm 2,99$ мм.

Изменения работоспособности по сравнению с показателями координации под влиянием активного отдыха выражены в меньшей степени. Так, величина выполненной работы в серии исследований с пассивным отдыхом равняется $29,59 \pm 1,97$ кгм, в серии с активным отдыхом соответственно $37,99 \pm 2,48$ кгм (рис. 1).

При выполнении заданной работы с грузом 5 кг сумма ошибок в серии с пассивным отдыхом равна $4,64 \pm 0,50$ кгм, под влиянием активного отдыха сумма ошибок снижается до $3,08 \pm 0,25$ кгм. ($t=2,78$, $p<0,01$).

При сравнении коэффициентов достоверности различий изменений показателей динамометрии (3,03), суставных углов (5,25), работоспособности (2,68) ярко выявляется неоднородность воздействия активного отдыха на различные стороны двигательной функции.

Практически остались без изменений временные характеристики движения: латентный период двигательного акта и его изменения под влиянием различных видов отдыха.

Известно, что эффективность активного отдыха зависит как от характера и условий предшествующего утомления, так и от интенсивности и величины активизирующей деятельности (И. Н. Курбатова и Я. А. Шейдин, 1938; С. Н. Нарикашвили и Ш. А. Чахнашвили, 1947 а; И. В. Мурахов, 1955; С. Н. Крапивинцева, 1957 и др.).

В связи с вышеизложенным представляется интересным проследить изменения показателей координации движений под влиянием форм активного отдыха, угнетающего мышечную работоспособность.

С этой целью была проведена дополнительная серия исследований с применением тех же методик и с сохранением той же формы опыта, но активизирующая деятельность прово-

дилась не с 7 кг, как это было в предыдущей серии, а с 16 кг.

Подобная форма активного отдыха снизила его эффективность в показателях работоспособности по сравнению с одинаковым по времени пассивным отдыхом.

Если величина выполненной работы в этой серии опытов после пассивного отдыха равна $32,49 \pm 3,16$ кгм, то после

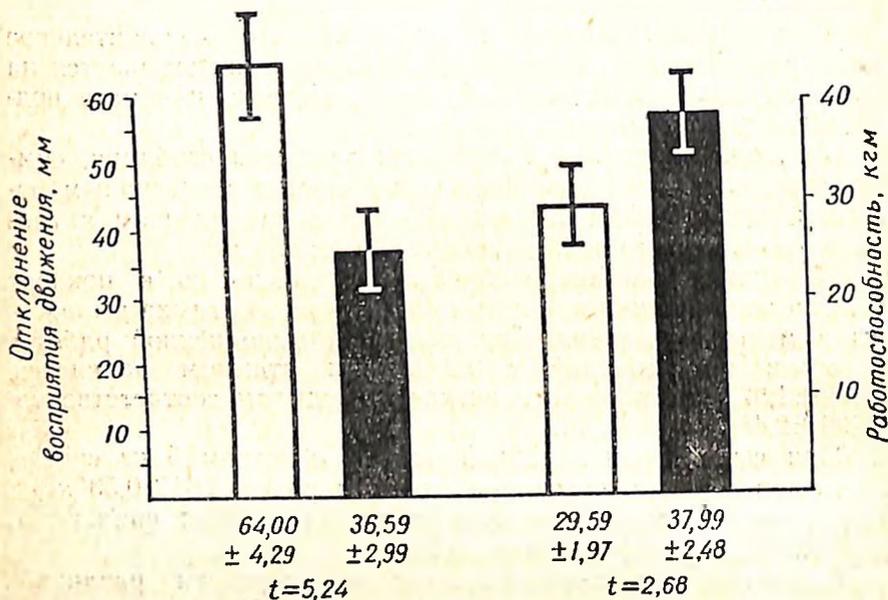


Рис. 1. Изменения количества выполняемой работы и способности к восприятию движения под влиянием различных видов отдыха у пожилых лиц.

Белые столбики — влияние пассивного отдыха, заштрихованные столбики — активного отдыха.

активного отдыха она снизилась до $30,36 \pm 2,57$ кгм ($t=0,52$, то есть различия недостоверны). В то же время величина ошибок по показателям динамометрии снизилась с $17,64 \pm 1,77$ кг при пассивном отдыхе до $14,12 \pm 1,44$ кгм при активном ($t=1,54$; $p > 0,1$, то есть различия недостоверны).

Величина ошибок при воспроизведении определенных суставных углов при подобной форме активного отдыха увеличилась с $41,5 \pm 15,21$ при пассивном отдыхе до $44,45 \pm 2,84$ мм при активном отдыхе ($t=0,19$). Незначительно улучшились показатели абсолютной ошибки на работу с грузом, при пассивном отдыхе $3,37 \pm 0,37$, после активного отдыха — $3,09 \pm 0,36$ кгм ($t=0,53$).

Несколько увеличилось количество ошибок во времени выполнения теста. Так, например, если после пассивного от-

дыха сумма ошибок за исследование равна $2,16 \pm 0,27$ сек., то после активного отдыха сумма ошибок составляет $2,47 \pm 0,21$ сек. ($t = 0,94$, различия статистически недостоверны).

Латентный период остается практически без изменений.

Результаты этого раздела работы свидетельствуют о том, что под влиянием активного отдыха отмечаются неоднородные изменения различных сторон двигательной функции, причем во всем комплексе развивающихся в условиях реализации феномена Сеченова сдвигов, особое значение принадлежит изменениям координации движений.

Для изучения возможности использования сеченовского эффекта активного отдыха как фактора регулирования двигательной функции были проведены исследования с использованием данных газообмена, что позволяет судить об изменениях энергетической стоимости работы в этих условиях (И. В. Муравов, 1965, Э. Г. Яненко, 1967, 1968). Указанный план исследований приобретает особый интерес при изучении влияния активного отдыха на стареющий организм, газообмен которого с возрастом существенно изменяется (Н. Н. Сиротинин, 1960, 1963; К. Т. Соколов, 1962, 1966).

Всего в этой части работы было проведено 132 исследования на 32 пожилых (в возрасте 60—69 лет) и на 12 молодых (20—29 лет) лицах.

Полученные данные свидетельствуют о том, что сеченовский эффект активного отдыха в зависимости от дополнительной деятельности может по-разному влиять на мышечную работоспособность пожилых людей. При этом наблюдаются два типа реакций. Первый из них характеризуется повышением работоспособности (с $67,90 \pm 21,64$ кгм в условиях пассивного отдыха до $224,08 \pm 41,98$ кгм в условиях активного отдыха), второй — противоположным эффектом — развитием «отрицательной фазы» феномена Сеченова, когда мышечная работоспособность снижается (до $48,23 \pm 11,98$ кгм).

Восстанавливающее действие отдыха в условиях применения оптимальных форм активного отдыха возрастает до $173,26 \pm 18,19\%$ и снижается до $82,96 \pm 6,17\%$ в условиях развития «отрицательной фазы» феномена Сеченова.

Для выяснения вопроса, насколько эти изменения двигательной функции под влиянием активного отдыха связаны с процессами старения, было проведено сопоставление результатов исследований пожилых лиц с данными, полученными на молодых людях*20—29 лет.

При изучении восстанавливающего действия различных видов отдыха у молодых лиц обращает на себя внимание та же закономерность — сеченовский феномен повышения работоспособности отчетливо выявляется только при определенных условиях.

Так, включение активного отдыха в виде работы мышц левой руки с грузом 7 кг вызывает повышение мышечной работоспособности до $109,92 \pm 43,28$ кгм по сравнению с $45,34 \pm 10,29$ кгм в условиях пассивного отдыха, в то время как использование груза 15 кг в качестве активирующего воздействия приводит к резкому снижению работоспособности (до $38,71 \pm 7,89$ кгм).

Отмеченный факт, по-видимому, характеризует описанное рядом авторов (М. Е. Маршак, 1932, 1933; Г. В. Попов, 1933, 1938; С. П. Нарикашвили и Ш. А. Чахнашвили, 1947 а, б; В. В. Розенблат, 1951, 1961; С. И. Крапивинцева, 1951, 1953; Н. К. Верещагин, А. Д. Бернштейн, 1953; И. М. Трахтенберг, С. В. Савицкий, 1955, 1956 и др.) явление утраты активным отдыхом своего восстанавливающегося действия («отрицательная фаза» феномена Сеченова).

Сложность и неоднородность изменений мышечной работоспособности не исчерпывается повышением ее при реализации оптимальных форм активного отдыха и снижением в условиях развития «отрицательной фазы» феномена Сеченова. Напротив, под влиянием активирующей деятельности могут отмечаться различные соотношения изменений количества выполненной работы и энергетических затрат на ее выполнение.

Полученный фактический материал указывает на то, что изменения газообмена являются существенной стороной функциональных сдвигов, характеризующих влияние активного отдыха на организм. Качественным отличием воздействия оптимальных форм активного отдыха является развитие «эффекта погашения» сдвигов газообмена, — отсутствие увеличения, а нередко и отчетливое снижение величины потребляемого кислорода и кислородной стоимости 1 кгм работы, выполняющейся после активного отдыха.

Исследование воздействия активирующей деятельности обнаруживает фазовый характер изменений газообмена и позволяет рассматривать «эффект погашения» как результат не простой суммации двух видов стимулирующих влияний, а такого их взаимодействия, которое сопровождается снижением сдвигов газообмена и увеличением готовности к выполнению работы. Так, в условиях применения крайне слабых по своей интенсивности активирующих воздействий «эффект погашения» не регистрируется. С повышением интенсивности дополнительных усилий влияние активного отдыха на сдвиги газообмена постепенно проявляется, становясь более выраженным при тех же нагрузках у пожилых людей, а затем снижаясь в своем эффекте.

В изменениях газообмена при реализации феномена Сеченова удается выделить два периода: первый, характеризую-

щийся увеличением сдвигов потребления кислорода и выделения углекислоты в условиях стандартной физической нагрузки, и второй, которому свойственна экономичность этих реакций.

Чем больше сдвиги газообмена, вызванные как активизирующей деятельностью, так и последствием предшествующей работы, тем меньше проявляется экономизирующее влияние дополнительной деятельности. Так, у лиц 20—29 лет в условиях интенсивных активизирующих воздействий (работа с грузом 7 кг) «эффект погашения» развивается лишь после второй из стандартных нагрузок (прирост потребления кислорода в минуту снижается с $234,7 \pm 13,5 \text{ см}^3$ в условиях пассивного отдыха до $187,7 \pm 9,9 \text{ см}^3$ в условиях активного отдыха, t различий равно 2,8), тогда как непосредственное влияние активного отдыха проявляется повышением уровня потребления кислорода в условиях стандартной нагрузки (рис. 2).

Анализ соотношений между изменениями мышечной работоспособности и сдвигами газообмена свидетельствует о том, что эти разные стороны функциональных изменений в организме могут под влиянием активного отдыха изменяться неоднородно. Эта особенность резко выражена у пожилых людей, обнаруживающих при повышении мышечной работоспособности три типа реакций газообмена. Первый из них заключается в значительном снижении уровня потребления кислорода в условиях выполнения стандартных нагрузок, то есть развивается «эффект погашения» сдвигов газообмена (снижение потребления кислорода с $140,1 \pm 6,5$ до $109,3 \pm 6,1 \text{ см}^3$; t различий равно 3,5). Второй тип характеризуется противоположными реакциями — повышение мышечной работоспособности сопровождается увеличением сдвигов газообмена (с $152,9 \pm 8,9$ до $184,6 \pm 7,9 \text{ см}^3$; t различий равно 2,7). Для третьего типа характерно последовательное развитие двух фаз периода повышения реакций (с $132,90 \pm 11,56 \text{ см}^3$ до $168,75 \pm 7,62 \text{ см}^3$; t различий 2,6), сменяющегося затем «эффектом погашения» реакций (с $126,15 \pm 8,91$ до $74,25 \pm 9,08 \text{ см}^3$; t различий 4,0). Аналогичные изменения у пожилых людей обнаруживает «стоимость» 1 кгм выполненной работы в показателях потребления кислорода. Существенные различия в изменениях газообмена при развитии феномена Сеченова у пожилых людей иллюстрирует рис. 3.

При анализе результатов, полученных в условиях развития «отрицательной фазы» феномена Сеченова у пожилых лиц (рис. 4), снижение мышечной работоспособности также может сочетаться как с повышением уровня потребления кислорода (с $144,25 \pm 10,75 \text{ см}^3$ в условиях пассивного отдыха до $196,20 \pm 11,26 \text{ см}^3$ в условиях активного отдыха; t различий 3,3), так и со снижением этих показателей (с $138,14 \pm$

$\pm 10,14 \text{ см}^3$ до $100,80 \pm 9,30 \text{ см}^3$ соответственно; t различий 2,7).

У молодых лиц развитие «отрицательной фазы» феномена Сеченова сопровождается, в отличие от оптимальных форм, повышением уровня потребления кислорода (с $233,00 \pm \pm 14,75 \text{ см}^3$ в условиях пассивного отдыха до $269,80 \pm$

20-29 лет

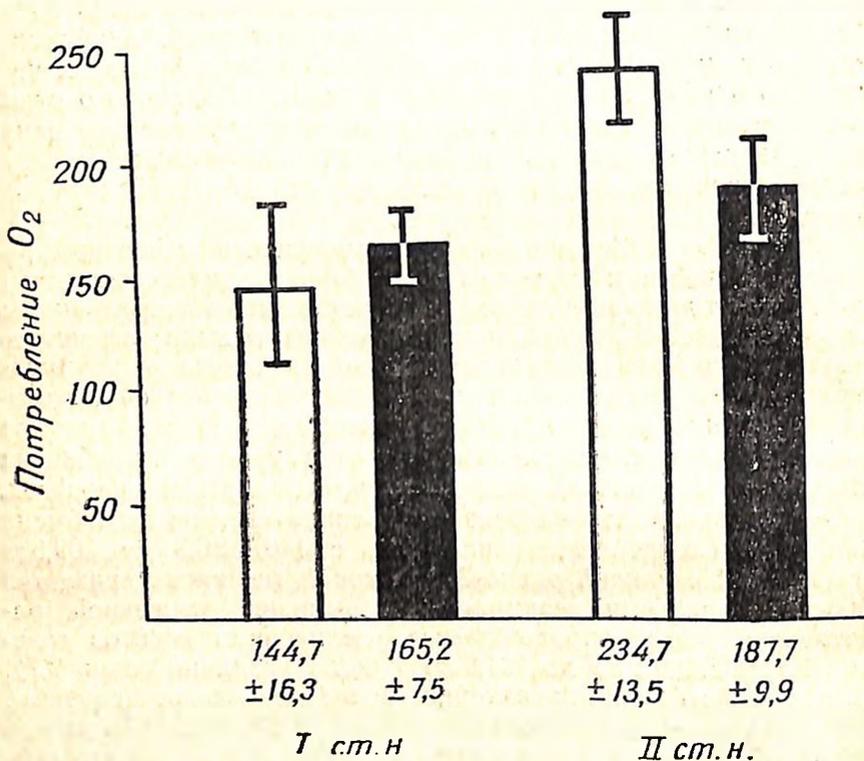


Рис. 2. Изменения потребления кислорода у молодых людей при выполнении стандартных нагрузок после различных видов отдыха.

Белыми столбиками обозначено влияние пассивного отдыха, черными — активного отдыха.

$\pm 14,70 \text{ см}^3$ в условиях активного отдыха) и значительными сдвигами энергетической стоимости 1 кгм выполненной работы.

Результаты проведенных исследований выявляют значительное своеобразие влияния активного отдыха на двигательную функцию. Как видно из приведенных результатов между изменениями мышечной работоспособности и уровнем потребления кислорода, который по современным представ-

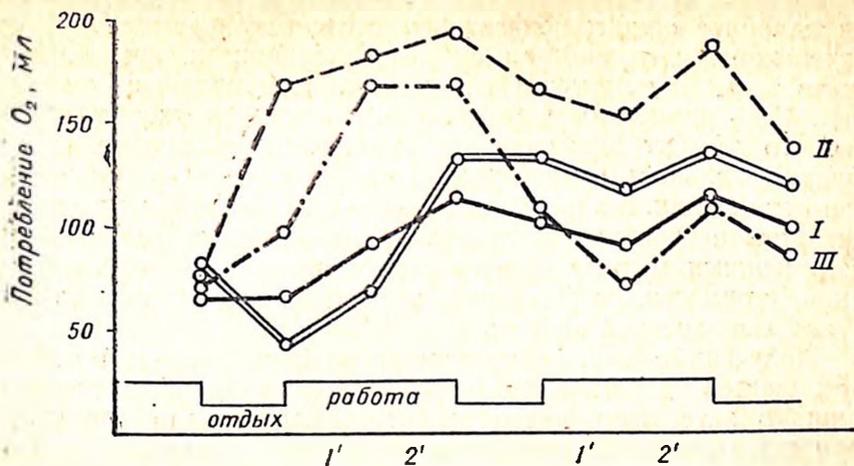


Рис. 3. Формирование трех типов реакций газообмена у пожилых лиц в условиях активного отдыха.

Белая линия обозначает сдвиги потребления кислорода при пассивном отдыхе; черная линия — I тип реакций газообмена в условиях активного отдыха; штриховая линия — II тип реакций; штрих-пунктирная линия — III тип реакций.

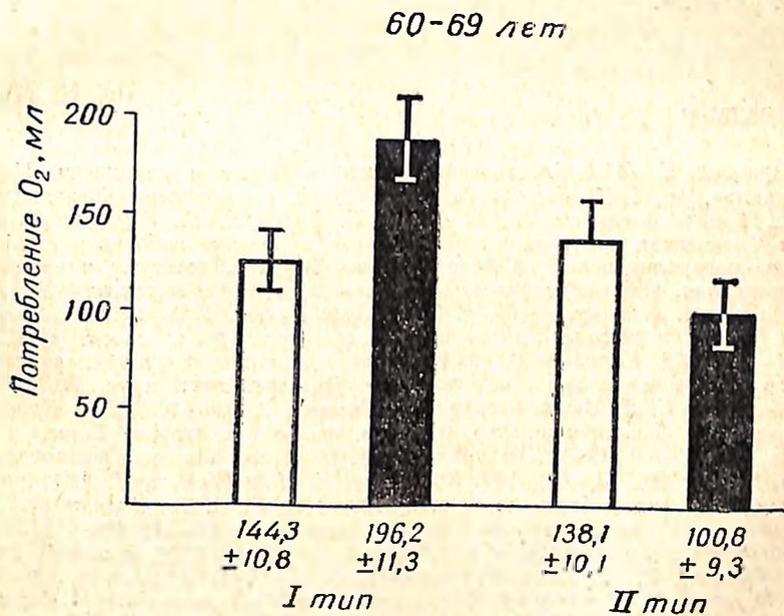


Рис. 4. Формирование различных типов реакций газообмена в условиях перехода феномена Сеченова в «отрицательную фазу».

Белыми столбиками обозначено увеличение потребления кислорода в условиях пассивного отдыха; черными — в условиях активного отдыха.

лениям (Р. О. Астранд, 1952; Е. М. Беркович, 1964) является наиболее общим показателем степени совершенства двигательной функции, уровня ее адаптации к физическим нагрузкам, имеют место сложные и неоднородные отношения. Весь приведенный фактический материал указывает на то, что эффект активного отдыха весьма разнообразен по функциональным изменениям, развивающимся в условиях его реализации, и характеризуется — в зависимости от интенсивности активирующей деятельности — самыми различными изменениями мышечной работоспособности и ее энергетической стоимости, выраженной в потреблении кислорода на 1 ккал выполненной работы.

Полученные данные позволяют оценить активный отдых как фактор, действие которого не может быть выражено лишь в категориях чисто количественного плана (большее при оптимальных формах активного отдыха или меньшее в условиях развития «отрицательной фазы» феномена Сеченова влияния на двигательную функцию). Влияние активного отдыха может быть понято лишь при учете качественной стороны дела — на основе сопоставления изменений различных параметров двигательной функции и ее вегетативного обеспечения. Это заставляет рассматривать влияние активного отдыха как сложное регулирующее воздействие на двигательную функцию.

ЛИТЕРАТУРА

- Беркович Е. М.* Энергетический обмен в норме и патологии. Изд. «Медицина», М., 1964. *Бернштейн А. Д.* Конф. по вопросам физиологии спорта. Тезисы докладов, Л., 12—13, 1955. *Булич Э. Г., Глазман Л. С.* В сб.: Физическая культура в профилактике и лечении заболеваний. Материалы республиканской конф. врачей лечебной физкультуры и врачебного контроля. Изд. «Здоровье», Киев, 21—23, 1964. *Верецагин Н. К.* Теор. и практ. физ. культуры, т. 16, в. 9, 599—603, 1953. *Зимкин Н. В.* В кн.: Физиологические основы физической культуры и спорт. «ФиС», М., 11—32, 1953. *Коробков А. В.* Развитие и инволюция функций различных групп мышц человека в онтогенезе. Диссерт. докт. наук, Л., 1953. *Крапивинцева С. И.* Бюлл. экспер. биол. и мед., 8, 105—108, 1951. *Крапивинцева С. И.* Научная конфер. по вопр. физиологии труда. Тезисы докладов, М., 39—40, 1953. *Крапивинцева С. И.* В сб.: Вопросы физиологии труда. Медгиз, М., 51—64, 1957. *Курбатова И. Н. и Шейдин Я. А.* Ученые записки ЛГУ, серия биол. наук, в. 6, 149—163, Л., 1938. *Маршак М. Е.* Физкультура и социалистическое строительство, № 10—11, 52—61, 1932. *Marschak M. E.* (Маршак М. Е.). *Arbeitsphysiologie*, в. 6, Н. 6, s. 664—680, 1933. *Муравов И. В.* Физиологический журнал, № 1, т. 1, Киев, 83—90, 1955. *Муравов И. В.* Вопросы физиологии процессов утомления и восстановления. Изд. АН УССР, Киев, 166—173, 1958. *Муравов И. В.* Материалы конф. по проблеме адаптации, тренировки и другим способом повышения устойчивости организма. Винница, 125—126, 1962. *Муравов И. В.* В сб.: Физическая культура — источник долголетия. М., 142—153, 1965. *Муравов И. В.* В кн.: Кровообращение и старость. Изд. «Здоров'я», Киев,

40—53, 1965. *Муравов Н. В., Булич Э. Г., Глузман Л. С., Ткачев Ф. Т.* В сб.: Физическая культура — источник долголетия. М., 66—78, 1965. *Муравов Н. В.* Материалы симпозиума «Образ жизни и старение человека». Изд. «Здоровья», Киев, 197—200, 1966. *Нарикашвили С. П. и Чахнашвили Ш. А.* Бюлл. экспер. биол. и мед., т. 24, в. 2, 97—100, 1947а. *Нарикашвили С. П., Чахнашвили Ш. А.* Теор. и практ. физ. культуры, т. 10, вып. 7, 317—325, 1947б. *Попов Г. В.* Реципрокная иннервация и работа. Дисс., Л., 1933. *Попов Г. В.* Ученые записки ЛГУ, серия биол. наук, № 23, в. 6, Л., 106—148, 1938. *Розенблат В. В.* Бюлл. экспер. биол. и мед., № 11, 339—344, 1951. *Розенблат В. В.* Проблема утомления. Медгиз, М., 1961. *Сиротинин Н. Н.* Клинич. медицина, т. 38, № 8, 1960. *Сиротинин Н. Н.* В сб.: Механизмы старения, Госмедиздат УССР, Киев, 341—351, 1963. *Соколов К. Т.* В кн.: Вопросы геронтологии и гериатрии. Киев, 151—159, 1962. *Соколов К. Т.* Функция дыхания при физических нагрузках у людей пожилого возраста. Канд. дисс., Киев, 1966. *Стеженская Е. И., Бугаев В. Н.* В сб.: Мышечная деятельность и функции организма при старении. Киев, 80—82, 1968. *Ткачев Ф. Т.* Возрастные особенности влияния феномена Сеченова на адаптацию организма к мышечной деятельности. Канд. дисс., Киев, 1965. *Транквилигати Н. Н.* Физическая культура для женщин в пожилом возрасте. Изд. «Медицина», М., 1964. *Трахтенберг И. М., Савицкий И. В.* Бюлл. экспер. биол. и мед., т. 42, в. 3, 12—15, 1956. *Уфлянд Ю. М.* Физиология двигательного аппарата человека. Изд. «Медицина», Ленингр. отд., 1965. *Фролькис В. В.* В кн.: Функциональные и морфологические показатели старения (тезисы конф.), Киев, 148—150, 1962. *Хвиливицкая М. И.* В сб.: Старость и ее закономерности. Медгиз, Л., 9—13, 1963. *Чеботарев Д. Ф.* В сб.: Механизмы старения. Госмедиздат УССР, Киев, 19—27, 1963. *Яблоновский И. М.* В сб.: Физическая культура — источник долголетия. ФиС, М., 281—286, 1965. *Яненко Э. Г.* В сб.: Физическая культура и здоровье. Изд. «Здоровья», Киев, 42—46, 1967. *Яненко Э. Г.* В сб.: Материалы X Всесоюзной конференции по физиологии, морфологии, биомеханике и биохимии мышечной деятельности (тезисы докладов), М., т. 3, 181—182, 1968. *Astrand P. O.* Experimental Studies of Physiological Working Capacity in relation to sex and age. Copenhagen, 1952. *Карвонен М. Дж.* В сб.: Мышечная деятельность и функции организма при старении. Киев, 75—78, 1968. *Гранит Р. (Granit R.).* Электрофизиологическое исследование рецепции. М., 1957.

ACTIVE RECREATION IN THE REGULATION OF THE MOTOR FUNCTION IN PERSONS OF VARIOUS AGE

E. G. YANENKO, V. I. MIRONOV

*Kiev State Institute of Physical Culture,
Institute of Gerontology of the Academy of Medical Sciences
of the U.S.S.R., Kiev*

The authors study the possibility of utilizing such an effective means of stimulating the muscular capacity as active recreation for a directed influence on various aspects of the motor function of the aging organism.

Under the effect of active recreation which stimulates muscular capacity the amount of work performed increases, while the number of errors on reproducing the given magnitude of effort is considerably decreased according to the dynamometry data and on reproducing the stereotype assigned in the investigation. The results of investigations of young and old people are presented.

To study the possibility of utilizing the Sechenov effect as a factor of regulating the motor function, investigations were conducted, using the data of respiratory metabolism, which permitted estimating the changes in the energetic cost of the work. A qualitative distinction of the effect of optimal forms of active recreation is the development of the «damping effect» of respiratory metabolism changes, which is most pronounced in elderly persons

The resulting factual material agrees with the conceptions of I. V. Muravov (1965), who regarded the effect of active recreation as a manifestation of a complex functional reorganization, which eliminates the «limiting» links of regulation.

МЕХАНИЗМЫ ВОЗРАСТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МЫШЕЧНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

В. В. ФРОЛЬКИС

Институт геронтологии АМН СССР, Киев

По свидетельству историков один из первых симпозиумов происходил более 2500 лет назад. Известный римский поэт Федр сказал на нем: «О частностях уже написано и сказано много. Рынок завален описаниями мельчайших подробностей жизни Геракла или Гомера, но кто в целом обсуждает такие сложные проблемы как любовь, разум, движение человека». И действительно, сейчас как и прежде, самым сложным бывает дать целостную характеристику процессу, явлению; понять почему оно возникает в ходе жизненных событий. Сейчас, как и сотни лет назад, ученому труднее, чем поэту. Ведь острее чувствовать бывает легче, чем глубже понимать; поэту бывает достаточно передать свое волнение, рассказать о виденном, а от ученого требуется объяснения самой сути событий. Вот почему, мне кажется, и сегодня идея нашего симпозиума остается все той же, — мы должны не только и не столько описать возрастные особенности реакций организма на мышечную деятельность, как объяснить почему они возникают.

Собранный к настоящему времени фактический материал позволяет сделать два общих, бесспорных вывода: 1) при старении снижается мышечная работоспособность человека; 2) при старении изменяется характер реакций различных функциональных систем на мышечную деятельность. Сдвиги в дыхании, кровообращении медленнее достигают оптимальной величины, становятся более затяжными, приобретают волнообразный характер и др.

Исследования, проведенные в последнее время, позволяют утверждать, что при старении наступают не просто количественные изменения мышечной работоспособности, а развиваются и качественные сдвиги в ее регулировании. Вот два феномена, подтверждающие это положение.

Пожилые люди, как правило, выполняют меньшее количество работы при дозированных нагрузках в сравнении с молодыми людьми. При эргографических исследованиях я и С. А. Танин обратили внимание на качественное своеобразие

характера работоспособности пожилых людей. При развитии утомления у молодых людей наблюдается постепенное падение силы сокращений при выполнении заданного ритма работы. У пожилых людей наблюдается явление, названное нами ранее «феноменом обрыва». У них на фоне еще высокой работоспособности отмечаются отдельные перерывы, паузы в работе, способствующие поддержанию ее определенного уровня. Важно и то, что наиболее тяжелым для них является процесс усвоения ритма.

Таким образом, при старении отмечается не просто падение мышечной работоспособности, а качественно иной тип ее изменения.

Подобная же особенность была показана моим сотрудником В. В. Бузуновым при выполнении более сложной работы — при формировании сложного двигательного динамического стереотипа. Молодые и пожилые люди изо дня в день выполняли один и тот же рабочий комплекс — двенадцать одноминутных работ, производимых в разных ритмах (60, 90, 45 движений в 1 мин.). Отдельные работы чередовались с перерывами на отдых в 30 сек., 2 мин., 5 мин. В систему был включен комплекс положительных и отрицательных условий раздражения.

Как видно на рис. 1, с каждым днем объем выполняемой работы возрастал как у молодых, так и у пожилых людей. Однако, максимум работоспособности у молодых людей достигался в среднем на 12 день, а у пожилых — только на 22 день. Следует подчеркнуть и то, что рост работоспособности достигается у молодых и пожилых людей за счет неодинаковых изменений разных сторон проведенной работы. У молодых людей с каждым днем увеличивался, в основном, объем работы, выполняемой в течение каждой минуты, у пожилых — росло количество выполненных одноминутных работ (рис. 1).

Таким образом, в каждом из приведенных феноменов за возрастным снижением работоспособности скрываются существенные, качественные изменения в механизмах ее поддержания.

Наряду с тем, что мы все больше и больше узнаем в последнее время как изменяется мышечная работоспособность с возрастом, мы еще недостаточно представляем себе почему она так изменяется. Причин этому, по крайней мере, несколько. Во-первых, до сих пор дискуссионным в общей физиологии остается вопрос о механизмах утомления, локализации этого вопроса в работающей системе. У меня складывается впечатление, что в общепфизиологических построениях начинают все чаще и чаще забываться вообще о существовании этого процесса. Одна из причин этому — увлечение электрофизиологическими феноменами, заслоняющими широ-

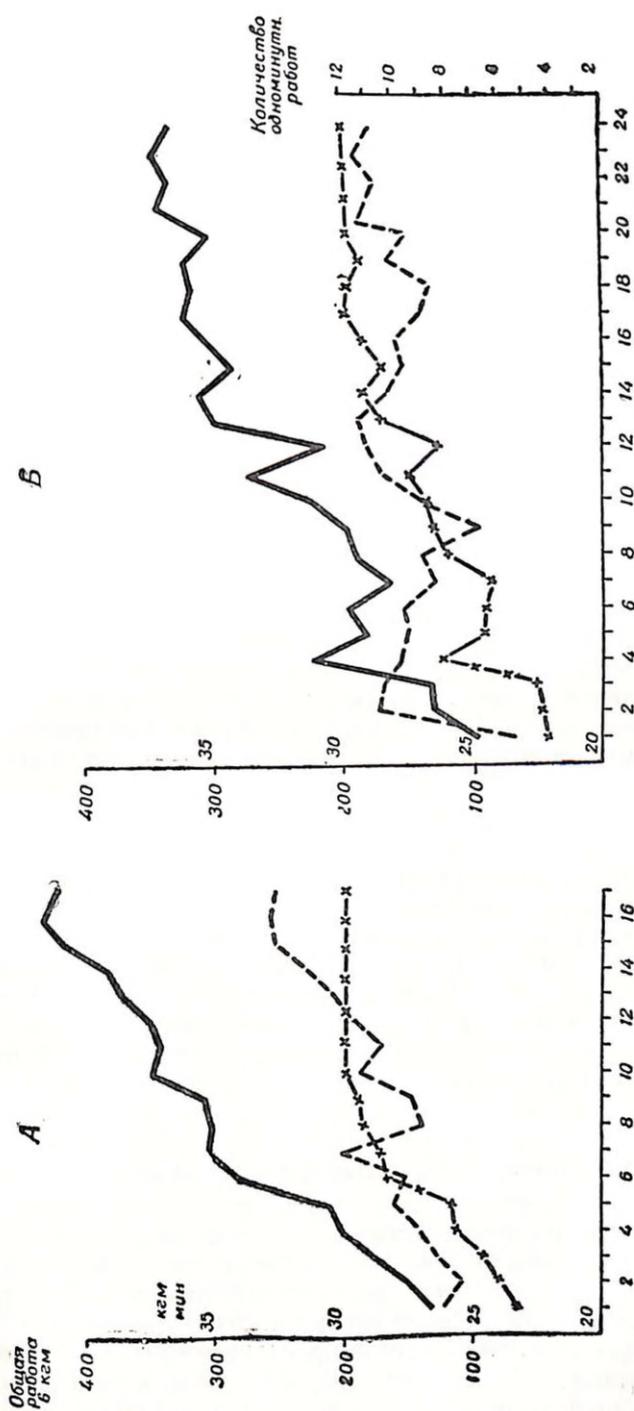


Рис. 1. Возрастные различия в изменении работоспособности при формировании двигательного динамического стереотипа у молодых (А) и пожилых (Б) людей.

Сплошная линия — общее количество выполняемой работы; штрих-пунктирная линия — количество выполняемых одномоментных работ; штриховая линия — работа в кгм/мин.

кий спектр изменений функции клеток, в развитии которых бесспорна роль и утомления.

Во-вторых, в последнее время наблюдается явный отход от экспериментального анализа изменений мышечной работоспособности. Появляются даже попытки идейно обосновать этот отход ссылками на необходимость изучения утомления в конкретных производственных, а не экспериментальных условиях. Совершенно ясно, что эти два аспекта изучения физиологического процесса не только не исключают, а обязательно дополняют друг друга, позволяя характеризовать его конкретные проявления и интимные физиологические механизмы.

И, наконец, в-третьих, в последнее время почти не предпринимаются специальные экспериментальные исследования, направленные на выяснение механизмов возрастных изменений мышечной работоспособности. Вместе с тем, без этих условий мы не продвинемся существенно вперед в этой большой и сложной проблеме.

Функциональная структура любого произвольного мышечного акта чрезвычайно сложна: кора головного мозга, кортико-спинальные влияния, мотонейроны, эфферентные нервные влияния на мышцу — сокращение мышцы. Одновременное включение подкорковых ядер, ретикуло-спинальных влияний, вовлечение систем вегетативного обеспечения двигательного акта и др. И, наконец, обратная информация с работающих мышц, влияющая на разные уровни центральной регуляции движения. Мы попытаемся в этом сообщении дать характеристику возрастных изменений только в отдельных звеньях этой сложной системы регулирования движений и показать функциональную связь, существующую между ними.

Первое звено рабочей системы — сама скелетная мышца. Для комплексной характеристики возрастных изменений мышечной работоспособности следует проанализировать сдвиги, наступающие в ее сократительной способности, в энергетическом ее обеспечении, в кровоснабжении мышцы во время работы, возрастные изменения в самом подвижном ее звене — в нервно-мышечном синапсе.

Возрастные изменения работоспособности мышц

Известно, что на эргограмме обычно регистрируется несколько периодов изменения работоспособности. Сперва в течение 40—60 сек. отмечается рост высот сокращения — происходит вработывание. После начального повышения и короткого периода максимальных сокращений начинается менее быстрое, в течение 10—20 мин. снижение высот сокращения, вслед за которым развивается состояние устойчивой работо-

способности с высотой сокращения 45—60% по отношению к исходной величине.

Оказалось, что скелетные мышцы как у старых так и у взрослых животных практически неустойчивы. В нашей лаборатории было показано, что при соблюдении ряда строгих мер, предупреждающих повреждение тканей, икроножные мышцы животных разного возраста при электрической стимуляции седалищного нерва сохраняют в течение десятков и сотен часов высокий уровень работоспособности (В. В. Фролькис и В. П. Замостян, 1965). Этот феномен длительной работоспособности мы наблюдали при использовании широкого диапазона частот электрической стимуляции двигательного нерва — в наших опытах от 2 ст./сек. до 40 ст./сек., то есть при работе мышцы в режиме одиночных сокращений, зубчатого и сплошного тетануса. Падение высот сокращений наступает только по мере учащения ритма стимуляции и приближения его к пессимальным частотам. Об этом свидетельствует стремительное восстановление исходной величины мышечных сокращений при переходе на более редкие режимы электрической стимуляции нерва.

В сотнях работ, широко известных в физиологической литературе, ставших уже классическими, вошедшими в учебники и пособия, обычно приводятся данные о быстром развитии утомления нервно-мышечного аппарата, о быстром наступающем в течение нескольких минут падении высот сокращения. Именно эти работы привели к выводу о быстром истощении энергетических ресурсов мышц и возникновении в связи с этим утомления. Мы полагаем, что эти исследования не воспроизводят истинную ситуацию, соответствующую функциональным способностям мышцы. Одной из универсальных причин этого являются, пусть и незначительные, нарушения кровоснабжения мышц, сдвиги, связанные с поляризацией, стремительно ведущие к падению высот сокращения.

В опытах, проведенных с Е. В. Эпштейном, удалось выяснить, что эта практическая неустойчивость скелетных мышц у животных разного возраста коррелируется с поддержанием высокого уровня энергетических процессов в ней (табл. 1). Как видно из таблицы 1 после 12-ти часов непрерывной работы высокий уровень содержания макроэргов сохраняется высоким в мышцах как у взрослых, так и у старых крыс. Обеспечение энергетической потребности мышц достигается за счет роста обновляемости этих соединений. И вместе с тем, уже в условиях оптимальной работоспособности мышц, выявляется возрастное ослабление интенсивности восстановительных процессов.

Работами Г. В. Фольборта и соотр. было показано, что период вработывания, наблюдаемый в деятельности любого органа, определяется интенсивностью течения восстанови-

тельных процессов, стимулированных начавшейся деятельностью. У старых животных, как это показал В. П. Замостан (1965), период вработывания растягивается во времени ($27,40 \pm 3,22$ сек. у взрослых крыс и $49,00 \pm 5,9$ сек. у старых, $p < 0,001$), у них меньше ежесекундный прирост высот сокращения (у взрослых — $1,58 \pm 0,18\%$ в сек., у старых — $0,92 \pm 0,19\%$ в сек.) Об ослаблении восстановительных процессов в старости свидетельствуют и сдвиги в энергетических превращениях. Интересно с этой точки зрения сопоставить возрастные различия в обмене макроэргов в мышцах после работы различной деятельности (12 часов, 2 часа, 15 мин.). После двенадцати часов работы содержание АТФ и КФ в мышцах старых крыс, пусть и незначительно, но все же достоверно снижается (табл. 1). У взрослых животных оно не изменяется. При двухчасовой работе изменяется только обновляемость макроэргов, количество их не падает ни у старых, ни у взрослых крыс. Интересно, что при 15 мин. работе сдвиги в содержании макроэргов в скелетных мышцах старых крыс выражены больше, чем после 2-часовой и не меньше чем после 12-часовой. Так, количество АТФ в мышцах старых крыс падает при этом с $38,8 \pm 1,6$ мг% до $30,4 \pm 0,69$ мг% ($p < 0,001$), содержание КФ с $9,8 \pm 1,0$ мг% до $7,0 \pm 0,6$ мг% ($p < 0,05$). Исходя из представлений Г. В. Фольборта это следует объяснить тем, что к этому времени восстановительные процессы не достигают еще должной интенсивности. Об этом свидетельствуют прямые данные изменения коэффициентов обновляемости АТФ и КФ. Мы полагаем, что более выраженное падение содержания макроэргов в эти сроки в мышцах старых крыс также свидетельствует об ослаблении у них напряженности восстановительных процессов. Однако, несмотря на явное ослабление интенсивности восстановительных процессов, уровень их оказывается достаточным для обеспечения длительной работоспособности мышц в оптимальных условиях.

Мионевральный синапс и влияние пессимума на течение восстановительных процессов у животных разного возраста

Важным звеном, в значительной степени определяющим функцию нервно-мышечного аппарата, является мионевральный синапс. При старении, по данным С. И. Фудель-Осиповой (1963), С. А. Танина (1963), падает лабильность синапса, оптимум и пессимум возникает при меньших частотах стимуляции двигательного нерва. Большим циклом работ было показано, что пессимум в определенной ситуации может стимулировать восстановительные процессы в утомленной мышце. По И. А. Аршавскому (1966) это так называе-

мый истинный пессимум, обладающий анэлектротоническим влиянием. Предполагается, что этот тип влияния пессимума на клетку является примером восстанавливающей функции тормозного процесса. Я и Е. В. Эпштейн изучали влияние пессимума на изменение содержания и обновления АТФ и КФ у животных разного возраста (табл. 2). Пессимум вызывался стимуляцией седалищного нерва частотой 150—200 ст./сек, продолжительность раздражения 15 мин. Оказалось, что у старых животных резко ослаблено положительное стимулирующее влияние пессимума на течение восстановительных процессов. Пессимум у взрослых животных приводит к увеличению энергетических потенциалов мышц, повышению содержания макроэргов, к увеличению скорости их обновления. У старых животных существенные возрастные изменения в обмене макроэргов не наступают.

Опыты, проведенные в нашей лаборатории С. А. Таниным, позволили объяснить одну из сторон этого ослабления восстанавливающего влияния пессимума в старости. Пессимум в зависимости от частоты раздражения, функционального состояния нервно-мышечного аппарата может локализоваться в разных частях синапса—в пресинаптических окончаниях или на постсинаптической мембране. Воспроизводя пессимум различной частотой раздражения, С. А. Танин определял при этом изменения возбудимости мышечных волокон. Оказалось, что пессимум способствует восстановлению утомленного препарата, когда он развивается на постсинаптических образованиях. Обычно на постсинаптической мембране пессимум развивается при меньших частотах стимуляции. Эти взаимоотношения существенно изменяются с возрастом—падает лабильность и уменьшается количество пресинаптических образований, легче возникает пессимум. Это «перемещение» в локализации пессимума может быть одной из причин ослабления его восстанавливающего влияния. Кроме того, можно предполагать, что существенное значение имеет и изменение непосредственного влияния пессимума на течение восстановительных процессов в месте его возникновения.

Возрастные особенности регуляции кровоснабжения мышц.

Функциональное состояние нервно-мышечного аппарата, его работоспособность определяются уровнем течения в нем трофических процессов. Общеизвестна зависимость трофики ткани от ее кровоснабжения, от нервных и гуморальных трофических регуляторных влияний.

При старении изменяется регуляция кровоснабжения мышц. Сосуды конечности становятся более чувствительны-

Макроэргн	Статистический показ- тель						Содержание в м% %						Удельная активность						Относительная удельная активность						Относительная активность											
	зрелые			старые			зрелые			старые			зрелые			старые			зрелые			старые			зрелые			старые								
	в покое	при песниуме	при песниуме	в покое	при песниуме	при песниуме	в покое	при песниуме	при песниуме	в покое	при песниуме	при песниуме	в покое	при песниуме	при песниуме	в покое	при песниуме	при песниуме	в покое	при песниуме	при песниуме	в покое	при песниуме	при песниуме	в покое	при песниуме	при песниуме									
АТФ	М	34,5	40,8	28,5	30,7	34,3	474	413	469	413	469	413	474	413	469	0,21	0,28	0,27	0,31	0,21	0,28	0,27	0,31	0,21	0,28	0,27	0,31	0,41	0,49	0,41	0,49	0,6	0,6	0,6	0,6	
	±m	1,1	1,5	2,1	1,3	106	141	55,7	74,5	55,7	74,5	110	141	55,7	74,5	0,02	0,02	0,05	0,08	0,02	0,02	0,05	0,08	0,02	0,02	0,05	0,04	0,07	0,04	0,07	0,04	0,03	0,03	0,03		
	P	<0,001		>0,2		>0,2		>0,5		>0,5		>0,2		>0,5		<0,05		>0,5		<0,05		>0,5		>0,2		>0,5		>0,2		>0,5		>0,5		>0,5		
КФ	М	15,6	18,8	8,6	8,9	932	769	781	744	781	744	769	932	769	781	0,41	0,63	0,55	0,52	0,41	0,63	0,55	0,52	0,41	0,63	0,55	0,21	0,32	0,21	0,32	0,28	0,26	0,26	0,26		
	±m	1,4	1,7	0,4	0,7	189	111	110	98,7	110	98,7	111	189	111	110	0,02	0,02	0,04	0,04	0,02	0,02	0,04	0,04	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
	P	<0,05		>0,5		>0,1		>0,5		>0,5		>0,1		>0,5		<0,001		>0,5		<0,001		>0,5		>0,2		>0,5		>0,05		>0,5		>0,5		>0,5		
НФ	М	17,0	17,8	18,3	21,4	1167	1530	1425	1420	1425	1420	1530	1167	1530	1425	1425	1425	1420	1420	1425	1425	1420	1420	1425	1425	1420	1425	1425	1425	1425	1425	1425	1425	1425		
	±m	1,7	1,3	1,1	0,09	163	126	162	131	162	131	126	163	126	162	162	126	131	131	162	162	131	131	126	162	131	162	162	162	162	162	162	162	162	162	
	P	>0,5		<0,01		>0,1		>0,5		>0,5		>0,1		>0,5		>0,5		>0,5		>0,5		>0,5		>0,5		>0,5		>0,5		>0,5		>0,5		>0,5		>0,5

ми к гуморальным влияниям (катехоламинам, ацетилхолину). Однако, симпатические нервные влияния на сосуды конечности ослабевают. В специальной серии опытов, проведенной с использованием метода резистографии, определялись пороговые концентрации различных веществ и силы стимуляции симпатического ствола, вызывающие изменение тонуса сосудов задней конечности у крыс разного возраста (В. В. Фролькис, Н. С. Верхратский, В. П. Замостян, 1967). Так, у 8—10 мес. крыс спазм сосудов конечности возникал при стимуляции симпатического ствола током $0,39 \pm 0,04$ в,

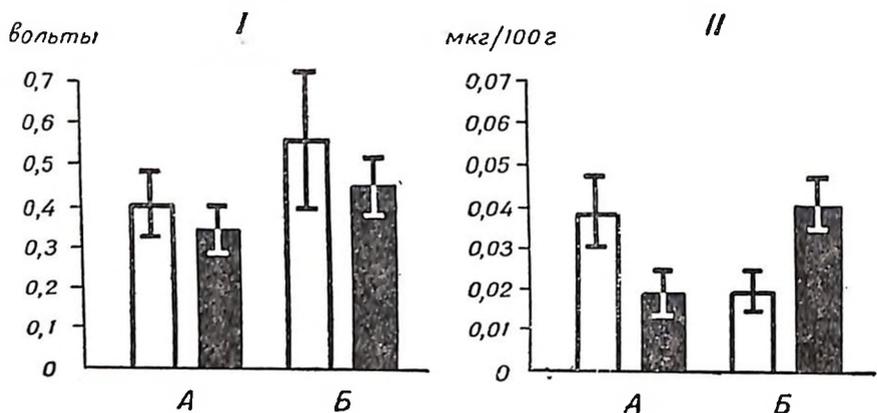


Рис. 2. Влияние мышечной деятельности на реакцию сосудов работающей задней конечности при раздражении симпатического ствола (I) и при введении адреналина (II) у крыс разного возраста.

А — 8—10 мес. крысы, Б — 26—30 мес. Белые столбики — покой, черные — после работы.

а у 26—32 мес. — $0,58 \pm 0,08$ в ($0,05 > p > 0,02$). У старых крыс адреналин вызывал спазм сосудов в дозе 20 ± 2 мкг/100 г, у молодых — 40 ± 4 мкг/100 г ($p < 0,001$). Расширение сосудов конечности при внутриартериальном введении ацетилхолина возникало у старых при дозе $0,3 \pm 0,05$ мкг/10 г, у взрослых — $2 \pm 0,4$ мкг/100 г ($0,002 > p > 0,001$).

В наши дни развернулась широкая дискуссия о механизме давно и широко известного феномена рабочей гиперемии. Центральные механизмы, прямые или рефлекторные влияния, местные изменения химизма, механическое воздействие сокращающейся мышцы определяют, по мнению различных исследователей, рабочую гиперемию. Бесспорным является то, что в ходе мышечной деятельности изменяется состояние сосудов и их чувствительность к регуляторным факторам. На рис. 2 представлены данные о развитии этих сдвигов у взрослых и старых крыс. Постановка опыта была следующей — аутоперфузия сосудов и определение исходной чувствительности со-

судов; электрическая стимуляция седалищного нерва — сокращение мышцы; определение чувствительности сосудов на различных этапах работы. Оказалось, что мышечная работа (60 мин.) приводит к неодинаковому изменению чувствительности сосудов у взрослых и старых крыс. Как видно из рис. 2 у старых крыс во время работы падают пороги электрической стимуляции симпатического ствола, вызывающие спазм сосудов; растут пороговые концентрации адреналина. У взрослых крыс противоположная тенденция — рост порогов симпатической стимуляции и снижение пороговых концентраций адреналина. Таким образом, у старых животных происходит своеобразное «омоложение» сосудистых реакций в ходе мышечной деятельности. При мышечной работе сглаживаются возрастные различия в нейрогуморальной регуляции сосудов конечности, теряются черты регуляции свойственные старости. С определенной степенью осторожности можно полагать, что этот феномен «омоложения» реакции сосудистой системы, быть может, раскрывает один из механизмов благотворного влияния мышечной работы на стареющий организм.

Возрастные особенности регуляции трофики мышц.

Трофические регуляторные влияния на работающие мышцы не ограничиваются изменениями сосудистого тонуса. Л. А. Орбели предположил возможность прямого действия регуляторных факторов на метаболизм, трофику скелетных мышц. Он считал, что примером этого может быть рост высот сокращения утомленной скелетной мышцы при стимуляции симпатического нерва (феномен Орбели—Гинецинского). Исследования последних лет отвергли существование прямой симпатической нервной регуляции мышечных волокон (см. обзор в монографии В. С. Говырина, 1967). Однако, предполагается, что трофическое влияние на скелетную мышцу может оказывать норадреналин, выделяющийся в симпатических терминалях в сосудистых сплетениях скелетной мышцы. Следует полагать, что в развитии положительного феномена Орбели—Гинецинского (рост высот сокращения) и отрицательного (падение высот) неодинаково соотношении прямых влияний на метаболизм ткани и опосредованных через сдвиги сосудистого тонуса. Как бы то ни было это не лишает их трофического смысла. В. П. Замостьян показал, что феномен Орбели—Гинецинского возникает у взрослых крыс при стимуляции симпатического ствола током в $0,59 \pm 0,06$ в, у старых — в $1,48 \pm 0,16$ ($p < 0,001$). Удлиняется латентный период возникновения эффекта при симпатической стимуляции (у взрослых — $5,23 \pm 0,33$ сек., у старых — $9,84 \pm 0,47$ сек.

($p < 0,001$), растягивается период восстановления исходной величины сокращений мышцы ($45,20 \pm 5,97$ сек. и $79,88 \pm 5,54$ сек.). В то же время введение адреналина ($33,0$ мкг/100 г) вызывает более выраженный рост высот сокращений у старых крыс ($22,0 \pm 1,98\%$ у старых и $12,56 \pm 0,93$ у взрослых).

Итак, при старении ослабляются трофические влияния симпатической нервной системы на мышцы. Их затяжной характер связан, очевидно, с более длительным действием медиатора в сфере его влияния. К этому приводят возрастные сдвиги в связывании катехоламинов белками, сдвиги в процессах их инактивации, показанные в нашей лаборатории Н. С. Верхратским.

Трофическая регуляция скелетных мышц осуществляется и соматическими нервами. Опыты с денервацией, с определением возрастных изменений пороговых влияний позволяют предположить, что и этот важнейший путь трофических влияний на скелетные мышцы с возрастом ослабляется. Об этом свидетельствуют итоги работ В. Н. Никитина и соотр., (1956 а, б), И. И. Пархотика (1961), показавшие, что при денервации атрофия мышц, падение возбудимости, изменение различных сторон метаболизма у старых животных менее выражены, чем у взрослых. По данным нашей лаборатории (О. А. Мартыненко) рост мембранного потенциала мышечных волокон после денервации более значителен у взрослых крыс, а его последующее падение — у старых.

Итак, в оптимальных условиях при стимуляции двигательного нерва скелетные мышцы являются практически неутомимыми. Скелетная мышца является удивительно надежной системой. Несмотря на существенные изменения обмена, структуры и функции скелетные мышцы животных разного возраста могут в оптимальных условиях длительно работать без признаков утомления. Вместе с тем у старых животных снижается лабильность нервно-мышечного синапса, ослабляется положительное влияние торможения на течение восстановительных процессов, изменяется соотношение нервных и гуморальных факторов в регуляции трофики скелетных мышц.

Обратная информация и реципрокное торможение у старых животных.

Сокращающаяся мышца — не просто послушный исполнитель сигнализации, приходящей из центра. Благодаря проприоцептивной импульсации работа мышцы изменяет текущее функциональное состояние центров. По принципу реципрокных соотношений обратная информация с одних групп мышц способствует развитию тормозного процесса в центрах анта-

гонистических рефлексов. Г. В. Фольборт показал, что тормозной процесс не только охраняет центры от истощения, но и способствует развитию здесь восстановительных процессов. По мнению Г. В. Фольборта по этому принципу и осуществляется механизм т. н. активного отдыха, сеченовского феномена, положительного влияния переключения в деятельности организма. В большом цикле работ И. В. Муравов (1966), используя фармакологический анализ, показал обоснованность этой гипотезы, описал существенные возрастные отличия в развитии активного отдыха.

На рис. 3 представлены результаты опытов, проведенных С. А. Таниным. Он изучал влияние реципрокного торможения, вызванного раздражением чувствительного нерва на течение процессов утомления и восстановления в спинном мозгу. Раздражение п. *tibialis* (надпороговая стимуляция 40 ст./сек.) приводило к рефлекторному сокращению п. *tibialis ant* и последующему ослаблению рефлекса. После ослабления рефлекторного сокращения отдельными кратковременными тетанусами производились пробы на восстановление. Оказалось, что длительность рефлекторного сокращения п. *tibialis ant* у старых животных на 30—50% дольше, чем у взрослых. Однако, в последующем у взрослых крыс быстрее восстанавливается исходная величина рефлекса. Можно полагать, что эти возрастные различия определяются ослаблением сегментарного торможения у старых животных, развитием более глубокого утомления.

В следующей серии опытов мы пытались установить влияние раздражения контралатерального нерва, развития реципрокного торможения на ход восстановления. Как видно из рис. 3 у взрослых животных реципрокное торможение приводило к ускорению темпа восстановления исходной величины рефлексов. У старых животных ослаблено влияние реципрокного торможения на течение восстановления исходной рефлекторной возбудимости. Раздражение контралатерального нерва приводит у старых животных к более медленному восстановлению исходной величины реакции. В ряде опытов на старых животных при раздражении контралатерального нерва вообще не развивается торможение в антагонистическом центре. В этих случаях после кратковременного облегчения реакций наступает прогрессирующее падение высоты рефлекторных сокращений.

Можно полагать, что описываемое ослабление влияния реципрокного торможения на течение восстановительных процессов имеет немаловажное значение в механизме возрастных изменений активного отдыха.

Обратная афферентация с рефлекторно сокращающейся мышцы может оказывать влияние не только на центры антагонистических рефлексов, но и регулировать взаимосвязь

физиологических процессов в собственной рефлекторной дуге. В этом одно из проявлений механизма саморегуляции мышечной работоспособности. Эта возможность была показана в опытах, проведенных мною и В. П. Замостьяном. Опыты

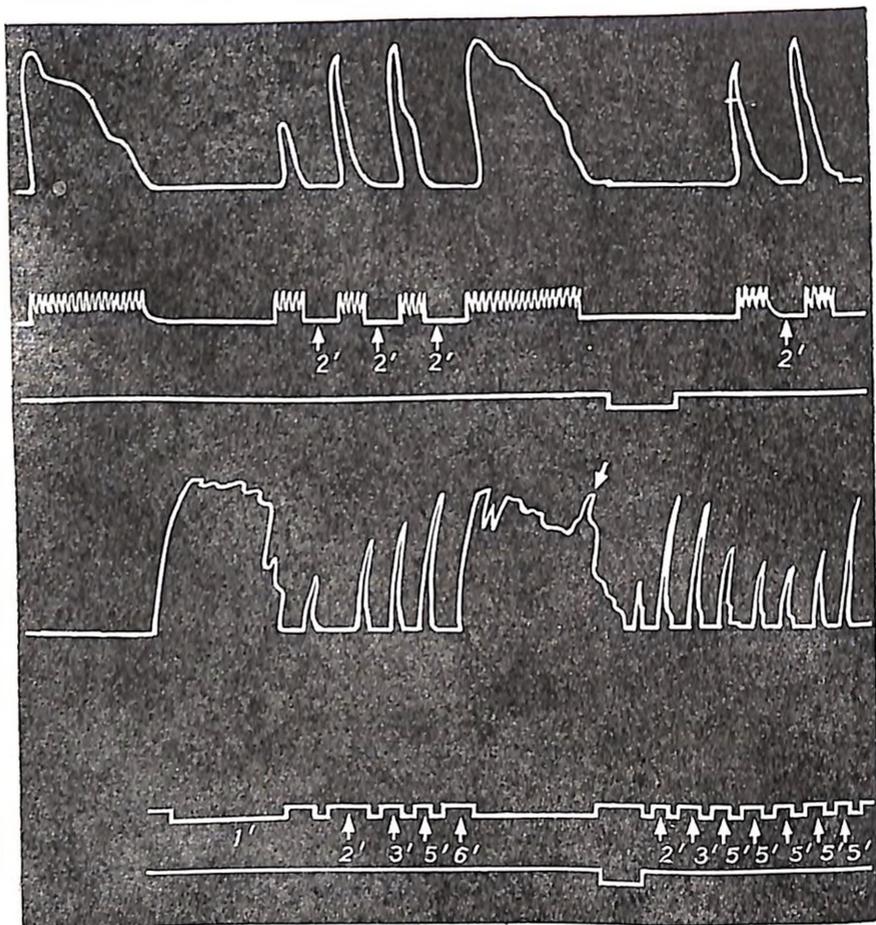


Рис. 3. Влияние реципрокного торможения на восстановление «утомленного» сгибательного рефлекса у спинальных крыс.

Сверху — у взрослой, снизу — у старой крысы. Значение линий на кимограммах сверху вниз: запись рефлекторных сокращений и расслаблений передней большеберцовой мышцы; отметка тетанического раздражения контралатерального большеберцового нерва. Цифры под отметкой раздражения — продолжительность стимуляции нерва или — остановки барабана электрокимографа.

проводились по следующей схеме: контрольный опыт — длительное раздражение n. tibialis и регистрация рефлекторного сокращения m. tibialis ant. Основной опыт — все условия контрольного опыта и анодный блок на n. ishiadicus. В этих условиях в нервный центр поступала импульсация по раздражаемому чувствительному нерву, однако информация от

центра из-за анодного блока не доходила к мышце. Мышца не сокращалась и, следовательно, в центр не поступала соответствующая обратная информация. Итак, воспроизводился рефлекс без его конечного эффекта. Выключение обратной

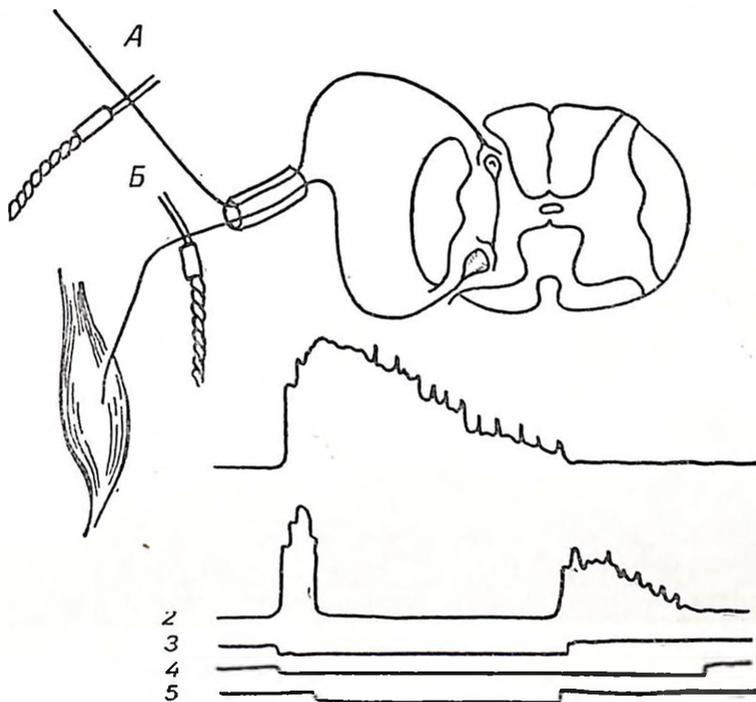


Рис. 4. Влияние блокады обратной информации с работающих мышц на развитие рефлекторного утомления (сверху — схема опыта):

1 — характер рефлекторного тетануса до наложения анодного блока; 2 — влияние анодного блока на развитие рефлекторного тетануса; 3 — отметка раздражения для первой эргограммы; 4 — отметка раздражения для второй эргограммы; 5 — отметка включения анодного блока; А — раздражающие электроды; Б — электроды, вызывающие анодный блок.

информации приводило к изменению характера рефлекторного сокращения, к замедлению падения величины рефлекса (рис. 4). Таким образом, события, происходящие в мышце, по путям обратной информации могут изменять функциональное состояние центров.

Возрастные изменения нисходящих влияний на спинной мозг.

В естественных условиях движения осуществляются при обязательном регуляторном участии коры головного мозга, подкорковых центров. При старении наступают существен-

ные изменения и на этих важнейших этапах, определяющих характер и направленность мышечной работоспособности. В опытах на крысах разного возраста удалось показать, что при старении изменяются пороги кортико-спинальных (раздражение 4 и 6 поля моторной коры) и ретикуло-спинальных влияний (раздражение п. *reticularis tegmenti*, п. *reticularis pontis*). Так, у 26—32 мес. крыс пороги кортико-спинальных влияний были равны $1,32 \pm 2,08$ в, у 8—10 мес. $0,71 \pm 1,05$ в.

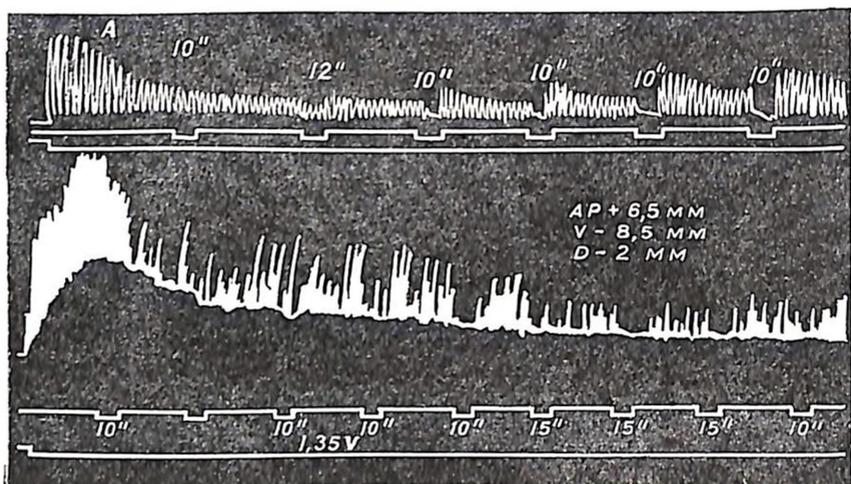


Рис. 5. Влияние супраспинального торможения, вызванного раздражением ретикулярной формации (РФ) варолиева моста, на течение сгибательного рефлекса.

А — у взрослой крысы; В — у старой крысы. Сверху вниз: рефлекторные сокращения передней большеберцовой мышцы; отметка раздражения РФ частотой 40 имп/сек при длительности стимула 1,0 мсек; отметка прерывистого тетанического раздражения большеберцового нерва.

Порог ретикуло-спинальных облегчающих явлений — у 8—10 мес. крыс $0,36 \pm 0,56$ в, у 26—30 мес. $0,6 \pm 0,94$ в, ретикуло-спинальных тормозных $0,37 \pm 0,47$ в и $0,64 \pm 0,84$ в (С. А. Танин).

Изменение кортико- и ретикуло-спинальных влияний, бесспорно, сказывается на осуществлении сложных двигательных актов у старых животных. Вместе с тем, этим не исчерпывается значение этих изменений в регуляции мышечной деятельности. Оказалось, что облегчающие и тормозные ретикуло-спинальные влияния решительным образом сказываются на течении процессов утомления и восстановления в сегментарном аппарате спинного мозга. На рис. 5 показано влияние тормозных ретикуло-спинальных влияний на восстановление величины рефлексов. У 10 мес. крысы стимуляция структур ретикулярной формации ускоряет восстановление исходной величины рефлекса. У старой крысы ослаблено стимули-

рующее влияние этих тормозных влияний на восстановление рефлекторной деятельности. Можно полагать, что описываемое ослабление восстанавливающего влияния торможения с ретикулярной формации играет существенную роль в снижении работоспособности, в ослаблении положительного влияния активного отдыха в старости. Напомним, что в механизме активного отдыха большое, если не решающее, значение имеют не только реципрокные взаимоотношения на сегментарном уровне, но и включение тормозных влияний с вышних отделов мозга.

Заключение

Итак, при старении организма развиваются существенные изменения в разных звеньях регулирования мышечной работоспособности — снижение интенсивности восстановительных процессов, падение лабильности миелинового синапса, ослабление симпатических нервных влияний на сосуды конечности и повышение их чувствительности к гуморальным факторам, снижение трофических нервных воздействий, ослабление стимулирующего влияния пессимального, реципрокного торможения на восстановительные процессы, неравномерные изменения различных надсегментарных влияний и др.

Нельзя не сопоставить два принципиальных фактора: 1) в оптимальных условиях при электрической стимуляции двигательного нерва скелетные мышцы животных разного возраста могут длительно, в течение нескольких десятков часов работать без признаков утомления; 2) при рефлекторной деятельности этих же мышц ослабление реакции, падение высот сокращения развивается в минутных интервалах времени. Отсюда возможный вывод: падение мышечной работоспособности, ее возрастные особенности связаны, очевидно, в первую очередь с событиями, развивающимися в функционально лабильных нервных центрах. Возрастное ослабление торможения, ослабление его влияния на течение восстановительных процессов, снижение подвижности основных нервных процессов в значительной степени определяет падение мышечной работоспособности при старении организма. И вместе с тем, скелетные мышцы в условиях естественных двигательных актов существенно влияют на изменения мышечной работоспособности организма, на формирование ее особенностей у животных разного возраста. Свидетельством этого возрастные различия во влиянии реципрокного торможения на течение восстановления рефлекторных реакций, влияние обратной информации с сокращающихся мышц на течение ослабления рефлекторной деятельности.

Таким образом, казалось бы простая дилемма — центр или периферия, не может удовлетворять современного исследова-

теля. В механизме снижения мышечной работоспособности участвуют различные звенья всей системы регулирования работоспособности. Их взаимоотношение было подмечено нами и при сопоставлении возрастных отличий работоспособности в условиях интенсивной деятельности (плавательная проба). Взрослые крысы с грузом равным 10% веса тела плавают $25,38 \pm 0,88$ мин., старые $13,53 \pm 0,88$ мин. В опытах с Е. В. Эпштейном мы определяли содержание АТФ, КФ и их обновляемость в скелетных мышцах после 15-минутного плавания. Оказалось, что в этой ситуации происходит значительное падение содержания макроэргов (АТФ с $37,7 \pm 1,14$ мг% до $14,1 \pm 1,8$ мг%, КФ с $14,7 \pm 1,06$ мг% до $5,00 \pm 0,9$ мг%). Возникает интересная ситуация: при 12-часовой непрерывной работе, вызванной стимуляцией двигательного нерва, содержание АТФ и КФ существенно не падает, а при 15-минутном плавании значительно снижается. Можно было бы предположить, что это снижение энергетических ресурсов связано не только с самой работой мышцы, но и с общими регуляторными, гемодинамическими, респираторными сдвигами, возникающими при этом. И вот *experimentum crucis* доказывающее это предположение. У крыс незадолго до опыта денервировалась одна задняя конечность. Сама денервация не приводила к существенным изменениям энергетики мышц. Однако после 15-минутного плавания падение содержания АТФ, КФ наблюдалось и в неработающей, денервированной лапе. Отсюда вывод: в изменении энергетики мышц при работе велика роль регуляторных и общетрофических сдвигов. Можно полагать, что все эти изменения при работе сказываются и на энергетике нервных центров, на их функциональном состоянии. В старости адаптационные возможности «обслуживающих систем» (по определению Г. В. Фольборта) сокращены и это может решительным образом повлиять на изменение работоспособности.

Итак, в зависимости от структуры двигательного акта, в зависимости от текущих взаимоотношений разных звеньев его саморегуляции могут видоизменяться механизмы, определяющие падение мышечной работоспособности.

ЛИТЕРАТУРА

- Аршавский И. А. Очерки по возрастной физиологии. Медицина, 1948.
Бузунов Д. А. В сб.: Мышечная деятельность и функции организма при старении, Киев, 27, 1968. Говырин В. А. Трофическая функция симпатических нервов сердца и скелетных мышц. Наука, Ленинград, 1967. Замостьян В. П. Возрастные особенности нейро-гуморальной регуляции скелетных мышц, Дисс., Киев, 1964. Мартыненко О. А. VII научн. конф. по возр. морфологии, биохимии, физиологии М., 259, 1967. Муравов И. В. Активный отдых в регуляции работоспособности, кровообращения, дыха-

ния молодых и пожилых людей. Докт. дисс., 1966. *Никитин В. Н., Голубицкая Р. И., Силин О. П., Лихущина Л. Г., Блок Л. Н.* Труды науч.-иссл. ин-та биологии Харьк. Госуниверситета, 24 79, 1956. *Орбели Л. А.* Избр. соч., изд. АН СССР, т. 2, 227, 1962. *Пархотик И. И.* Возрастные особенности некоторых физиологических, морфологических и биохимических изменений скелетных мышц при их де- и ренервации. Дисс., Киев, 1965. *Танин С. А.* В кн.: Вопросы геронтологии и гериатрии. Киев, 69, 1962. *Фольборг Г. В.* Избр. соч., Киев, 1963. *Фролькис В. В., Верхратский Н. С., Замостьян В. П.* Физиол журн. СССР, 58, 3, 1964. *Фудель-Осипова С. И.* Старение нервно-мышечной системы, Киев, 1968. *Эпштейн Е. В.* В кн.: Мышечная деятельность и функции организма при старении, 63, 1968.

MECHANISM OF AGE-CONDITIONED CHANGES IN MUSCULAR CAPACITY

V. V. FROLKIS

*Institute of Gerontology of the Academy of Medical Sciences
of the USSR, Kiev*

The fall in muscular capacity which develops in elderly and old people is not a simple quantitative decrease, but a qualitatively changed new level. This takes the form of alterations in the correlation between the optimal rhythms of work and the intensity of muscular contractions, of a qualitatively new character of the change in capacity during formation of a complex motor stereotype, etc.

It is not the usually discussed dilemma of centre or periphery, but the changing inter-relations in various links of the regulation of the working system that determines the mechanisms of fall in capacity, in general, and its age-conditioned changes in particular. It has been shown experimentally that the skeletal muscles in both adult and old animals can work dozens of hours without signs of profound fatigue under conditions of prepossimal electric stimulation of the motor nerve.

During prolonged work, lasting many hours, no substantial changes occur in the content of the macroergic phosphorus compounds, there is merely a sharp increase in their renewal. At the same time the fall in muscular capacity sets in rapidly on performing integral reflex acts involving large groups of muscles, it is more pronounced in old animals and is attended by substantial alterations in the energetic metabolism of the skeletal muscles. Under these conditions an important role is that of the intracentral changes, which depend to a great extent on the nature of the reverse afferentation from the working group of muscles. The changes developing in the muscles do not depend so much on the amount of work performed, as on the functional structure of the system in which they are an object of regulation.

The effect of inhibition on the course of restorative processes is attenuated during aging. Thus, pessimal inhibition in old rats does not exert so great an effect on macroergic metabolism in the skeletal muscles, as in mature animals. Reciprocal inhibition in the spinal cord of old animals does not cause a sharp change in the restoration of reflex responses. Attenuation of the restorative processes at various levels of the organism's vital activity is a most important aging mechanism, which is particularly manifested under conditions of strenuous activity.

A definite role in the mechanism of age distinctions in muscular capacity is played by the weakening of the neurotrophic influences, particularly

of the sympathetic nervous system, which is partially compensated by the rise in the sensitivity of the centres and periphery to humoral effects. On reflex action of a limited group of muscles a definite role is played by changes in regional circulation. In old animals there is a fall during muscular work in the thresholds of sympathetic influences on the vessels of the working muscle; in adult animals there is a rise. In old persons there are more pronounced spastic changes in the vessels during work, which are detected capillaroscopically and plethysmographically, and are arrested by sympatholytics. This furthers a change in the correlation of various ways of energy formation in the working muscles of old persons and leads to changes in the utilization of various ways of oxidation.

During intense activity involving many groups of muscles, the general hemodynamic and respiratory changes begin to assume great importance. Their importance in the matter of limiting the possible growth of maximum capacity increases with age. During hypodynamy there is a sharper change in capacity in old animals, and more profound alterations develop in the energetics of the tissues. They are connected with weakening of the intensity of the restorative processes, which are not stimulated by the catabolic phase of metabolism.

О РЕГУЛИРОВАНИИ КИСЛОРОДНЫХ РЕЖИМОВ ОРГАНИЗМА
В УСЛОВИЯХ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
У ЛЮДЕЙ РАЗНОГО ВОЗРАСТА

А. З. КОЛЧИНСКАЯ, В. С. МИЩЕНКО,
Б. К. ГУНЯДИ, Ю. В. СТЕПАНОВ

Институт физиологии им. А. А. Богомольца, АН УССР, Киев

Важность изучения многократно возрастающего при мышечной деятельности потребления кислорода, механизмов, обеспечивающих снабжение им тканей и удаление образовавшейся углекислоты, подчеркивается многочисленными исследованиями, начиная с работ основоположников физиологии труда и спорта и до исследований наших дней (N. Zuntz и W. Schumburg, 1901; A. Krogh, 1912, 1936; J. Lindhard, 1920; A. Hill, 1927; E. H. Christensen, 1932, 1936; I. S. Haldane, I. G. Priestly, 1935; M. Nielsen, 1936; Н. Н. Крестовников, 1939; В. С. Фарфель и соавт., 1948, 1966; H. Rahn и H. Otis, 1949; P. Astrand, 1952, 1961; Н. В. Зимкин, 1954; D. Dill и соавт., 1958; I. Astrand, 1960; М. Е. Маршак, 1961; В. Armstrong и соавт., 1961; А. Б. Гандельсман, 1960, 1966; W. Johnson, 1960; Н. Н. Яковлев, 1962; А. В. Коробков, 1963; R. Riley, 1963; P. Dejours, 1964; В. В. Васильева, 1965; E. Astmussen, 1965; С. П. Летунов, 1966; А. З. Колчинская и соавт., 1968).

Развиваемая нами в последние годы концепция о кислородных режимах (КР) организма (Н. В. Лауэр, А. З. Колчинская, 1964, 1966 а, 1966 б, 1966 в) и их регулировании (А. З. Колчинская, Н. В. Лауэр, Е. А. Шкабара, 1966; А. З. Колчинская, 1964; А. З. Колчинская и соавт., 1967; А. З. Колчинская, 1969), и новый фактический материал, полученный при их изучении у более чем 500 спортсменов разного возраста и степени тренированности в покое, во время физической деятельности, включая и спортивные нагрузки (езда на велосипеде, гребля на байдарках и каноэ, прохождение трассы слалома, выполнение статических усилий), а также в ближайший восстановительный период после них (А. З. Колчинская, 1967; А. З. Колчинская, В. С. Мищенко, Б. К. Гуняди, А. П. Силаев, Л. В. Малиновская, 1967; А. З. Колчинская, 1968; В. С. Мищенко, 1966; 1968 а, 1968 б, 1968 в; Б. К. Гуняди, 1968 а, 1968 б, 1968 в; Ю. В. Степанов, 1968 а, 1968 б; И. В. Соколов, 1968 а, 1968 б) позволяют представить некоторые новые факты и соображения по этому вопросу.

Прежде чем изложить данные, дающие возможность судить об особенностях регулирования кислородных режимов организма детей и подростков, остановимся на наших представлениях о регулировании КР человека среднего возраста при физической нагрузке, рассмотрим схематически, как изменяется деятельность физиологических систем организма, регулирующих КР, какие изменения претерпевают основные кислородные параметры и какое влияние эти изменения в свою очередь оказывают на дыхание и кровообращение.

С началом мышечной деятельности от проприорецепторов мышц и сухожилий начинают поступать импульсы в центральные нервные образования, регулирующие деятельность дыхательной мускулатуры (Т. Као, L. Ray, 1954), сердца, тонус сосудов. Вследствие этого, как показано на схеме (рис. 1): а) увеличивается количество воздуха, поступающее в легкие, сокращается дыхательная пауза, что ведет к возрастанию частоты дыхания, легочной и альвеолярной вентиляции, а вместе с ними растет и количество кислорода, поступающее в единицу времени в легкие и альвеолы, увеличивается количество CO_2 , выводящееся из легких. Если бы во время работы не увеличивалось потребление кислорода и образование CO_2 , или если бы приток венозной крови к легким был бы прекращен, парциальное давление кислорода в альвеолярном воздухе значительно бы возросло, а $p\text{CO}_2$ понизилось; б) растет частота сердечных сокращений, минутный объем крови в малом и большом круге кровообращения, что приводит к увеличению количества кислорода, транспортируемого артериальной кровью в минуту; в) увеличение вентиляции и усиление кровотока в малом круге кровообращения приводит к увеличению количества альвеол с высокой интенсивностью газообмена, к уменьшению доли физиологического мертвого дыхательного пространства, к повышению доли альвеолярной вентиляции в минутном объеме дыхания, что улучшает газообмен между воздухом альвеол и кровью.

Усиление активности центральных нервных образований, регулирующих дыхание и кровообращение, происходит при физической нагрузке также и благодаря импульсации, поступающей еще до нагрузки на сигналы о ней от телерецепторов благодаря выработавшимся в процессе онтогенеза условным рефлексам.

Таким образом, в результате возбуждения центральных нервных механизмов регуляции дыхания и кровообращения рабочими органами регуляторов вентиляции и циркуляции — грудной клеткой и легкими, сердечно-сосудистой системой вырабатываются регулирующие воздействия — объем вентиляции легких и альвеол и минутный объем крови в малом и большом круге кровообращения, которые направлены на то, чтобы увеличить поступление кислорода в легкие и альвеолы,

транспорт его артериальной кровью, повысить напряжение кислорода в альвеолярном воздухе и артериальной крови и наряду с этим усилить выведение из организма углекислоты, понизить напряжение ее в альвеолярном воздухе и артериальной крови.

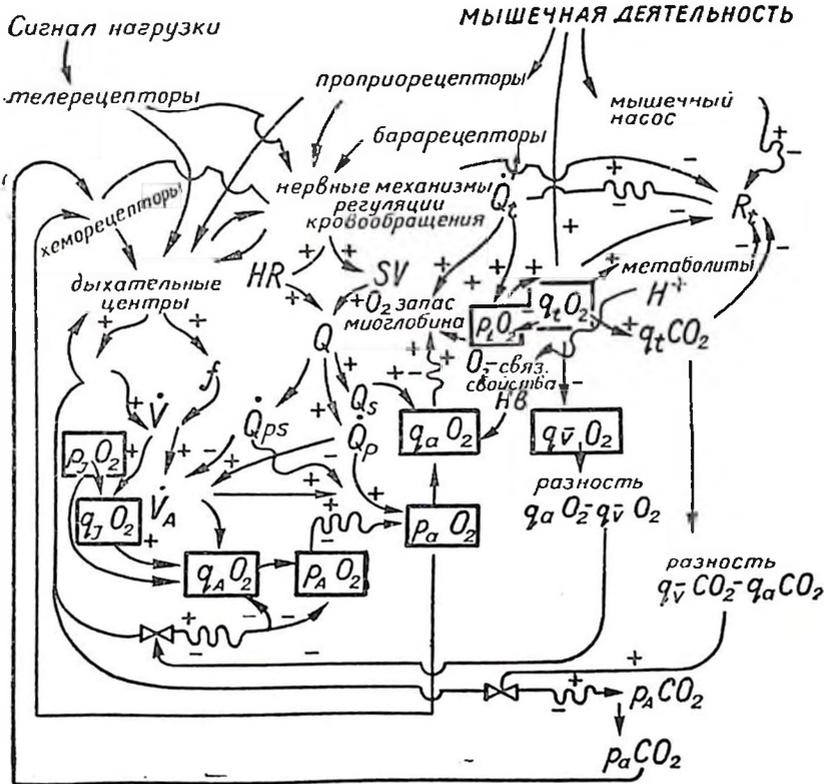


Рис. 1. Изменения кислородных параметров в условиях мышечной деятельности — количество O₂, поступающего в минуту в легкие (q_lO₂) альвеолы (q_AO₂), транспортируемого артериальной (q_aO₂) и смешанной венозной кровью (q_{v̄}O₂), парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе (p_AO₂), артериальной (p_aO₂), смешанной венозной крови (p_{v̄}O₂) и регулирующих воздействий — минутного объема дыхания (V̇), его частоты (f), дыхательного объема (V_T), альвеолярной вентиляции (V_A), частоты сердечных сокращений (HR), систолического (Q) и минутного объемов крови (Q̇) в малом (Q̇_p) и большом круге кровообращения (Q̇_s), объема крови, шунтируемой в легких (Q_{ps}), периферическое сопротивление (R_t), параметров CO₂.

С другой стороны в связи с тем, что мышечная деятельность сопровождается увеличением потребления кислорода и снижением напряжения кислорода в тканевых жидкостях, уменьшается запас его в миоглобине, его напряжение в ве-

нозной крови и количество кислорода, уносимое ею от тканей к легким. Возникает резкая венозная гипоксемия, пропорционально потреблению кислорода тканями увеличивается разность между количеством кислорода, транспортируемым в минуту артериальной и смешанной венозной кровью. Если бы газообмен в легких не усилился, артериальная кровь оказалась бы недостаточно оксигенированной. В результате характерного для артериальной гипоксемии снижения напряжения кислорода в артериальной крови в центральные нервные образования начал бы поступать усиленный поток импульсов от хеморецепторов аортальной и синокаротидной зон, что привело бы к усилению дыхания и кровообращения.

Колебания pO_2 в альвеолярном воздухе (очевидно, и артериальной крови) * происходят на протяжении каждого дыхательного цикла. Но если в обычных условиях в покое они равны 3—5 мм рт. ст., то при интенсивной мышечной деятельности, в связи с тем, что увеличивается количество кислорода, извлекаемого кровью из воздуха альвеол, а дыхательный объем растет не строго пропорционально этому увеличению, колебания P_AO_2 вокруг его среднего значения увеличиваются примерно в два раза. Так как pO_2 (и pCO_2) являются для регулятора вентиляции регулируемыми величинами, то, как это следует из теории регулирования, в замкнутых системах с обратной связью регулирование будет происходить тем надежнее, чем ошибка (отклонение регулируемой величины от ее заданного значения) больше. Возрастающие при мышечной деятельности циклические колебания pO_2 и pCO_2 ведут, очевидно, к большему возбуждению нервных образований, принимающих участие в регуляции дыхания и кровообращения. При этом следует учесть то, что из-за возникающей при физической нагрузке артериальной гипоксемии, возбуждающей хеморецепторы, циклические колебания pO_2 будут происходить вокруг его более низких уровней, что, очевидно, усиливает возбуждающее влияние хеморецепторов на центральные нервные образования.

Далее, вполне возможно, что снижение напряжения O_2 (A. Guyton and oth., 1967), и повышение напряжения pCO_2 , увеличение концентрации водородных ионов в тканевых жидкостях при мышечной деятельности вызывает расслабление сфинктеров прекапилляров, что приводит к усилению кровотока в работающих мышцах. Если бы не увеличился сердечный выброс или не изменилось бы периферическое сопротивление в других сосудистых областях, артериальное давление снизилось бы, что вызвало бы усиление импульсации, поступающей от барорецепторов в центральные нервные механизмы регуляции кровообращения, в результате чего про-

/ На схеме они изображены в виде синусоиды.

изошло бы увеличение сердечного выброса и повышение артериального давления (R. Rushmer and J. Smith, 1959; Wagner, 1965).

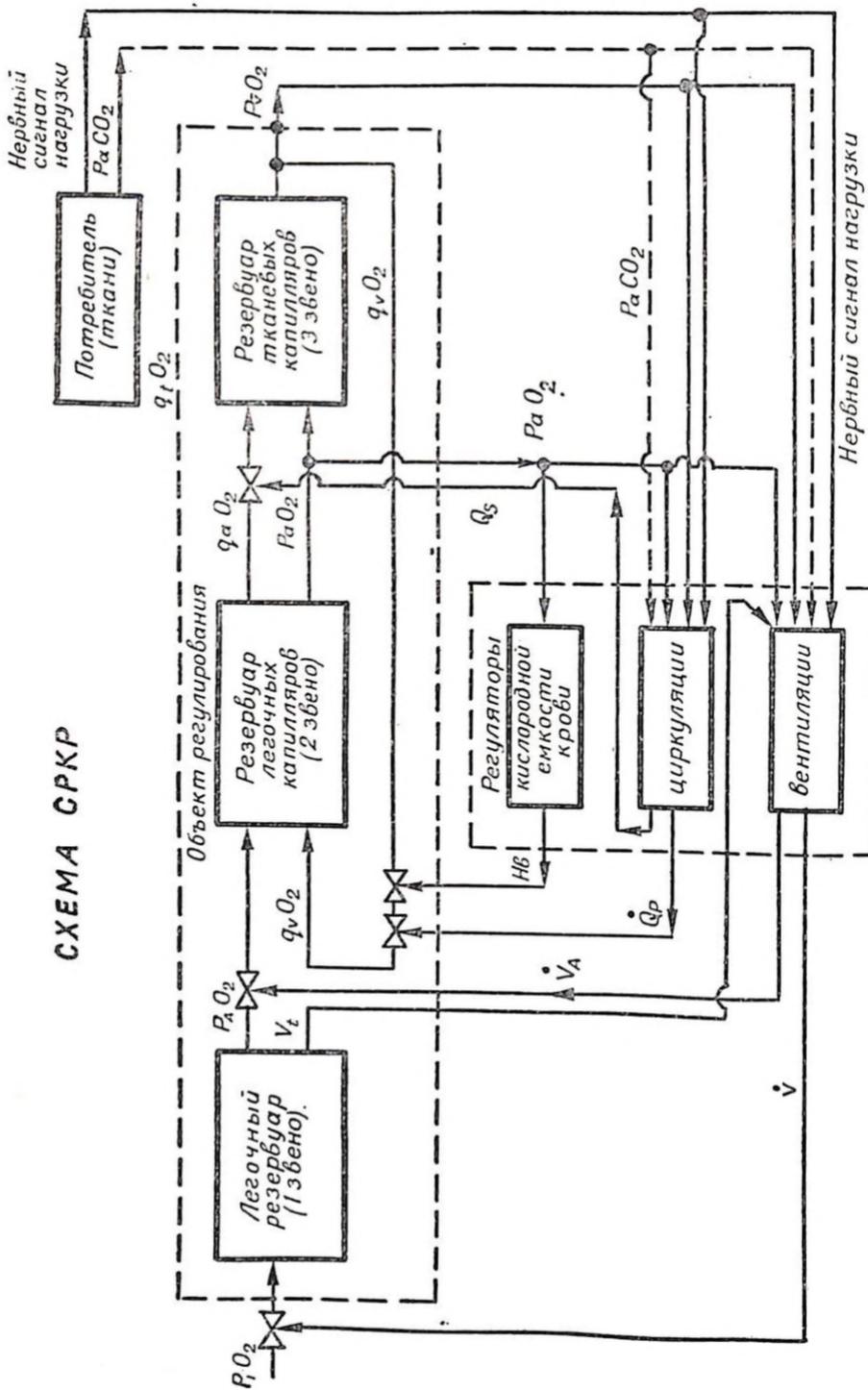
При ритмической мышечной деятельности кровотоков в мышце, периферическое сопротивление и артериальное давление изменяются периодически в ритме мышечных сокращений. Чем больше амплитуда происходящих колебаний, тем большее регулирующее влияние на кровоток они будут оказывать через барорецепторы.

Таким образом, на предлагаемой схеме представлены основные кислородные параметры — парциальное давление и количество кислорода, поступающее в единицу времени в легкие, альвеолы, транспортируемые артериальной и смешанной венозной кровью и потребляемые тканями, парциальное давление кислорода в легких и альвеолах, напряжение его в артериальной и смешанной венозной крови, указаны основные регулирующие воздействия, направленные на поддержание определенных взаимосочетаний этих параметров на заданных для каждого индивидуума, состоянии, возраста уровнях. Из сказанного видно, насколько эти параметры взаимозависимы. Сочетание qO_2 и pO_2 на каждом и на последующих и предыдущих этапах пути кислорода в организме, регулируемые вентиляцией, циркуляцией крови и ее кислородсвязывающими свойствами, Н. В. Лауэр и нами было названо кислородными режимами организма.

Если изобразить сказанное в виде самой общей схемы системы регулирования (рис. 2), то можно себе представить, что эта система состоит из объекта, в котором происходит регулирование КР и который состоит из трех звеньев — легочного резервуара, резервуара легочных капилляров и резервуара тканевых капилляров — и трех регуляторов: вентиляции, циркуляции крови и ее кислородсвязывающих свойств. Регулирующие воздействия, включаясь на вход соответствующих звеньев, поддерживают регулируемые величины на уровнях, близких к заданным, благодаря чему выполняется основное назначение системы — приводить потребление кислорода в соответствии с изменяющимся кислородным запросом организма.

Как это показано на схеме, регулирование по отклонению текущих значений регулируемых величин от заданных (уставок) не является единственным принципом регулирования, реализующимся в системе. Так как в результате окислительных процессов в тканях образуются продукты метаболизма и в первую очередь углекислота, то мерой произошедшего возмущения (нагрузки на систему) могут служить количества выделяемой углекислоты, сопровождающие их изменения параметров углекислоты в смешанной венозной крови, альвеолярном воздухе, а показателем качества регулирования —

СХЕМА СРКР



напряженные углекислоты в артериальной крови, так как этот параметр при образовании избыточных количеств углекислоты в организме будет характеризовать соответствие вентиляции метаболическим потребностям.

Кроме того, мерилом возмущения при мышечной деятельности служит импульсация, возникающая в проприорецепторах мышц, сухожилий и пр. Информация регуляторов о происходящей нагрузке обуславливает осуществление в системе принципа регулирования по возмущению.

У человека, у которого условнорефлекторные компоненты играют существенную роль в регуляции функций при мышечной деятельности, регулирование кислородных параметров осуществляется и по принципу упреждения возмущений. Таким образом, система регулирования кислородных режимов организма, являясь комбинированной, в известных пределах возмущений может обеспечить инвариантность основного регулируемого параметра, то есть обеспечить соответствие потребления кислорода меняющемуся при нагрузке кислородному запросу организма.

С возрастом до зрелости общее количество потребляемого организмом кислорода, количество его, поступающее в легкие, альвеолы, транспортируемые артериальной и смешанной венозной кровью, растут. Но интенсивность поступления кислорода в легкие и альвеолы, транспорта его кровью и потребления тканями (из расчета на кг веса тела или m^2 его поверхности) — падает. В связи с тем, что интенсивность поступления кислорода в легкие и альвеолы снижается с возрастом в большей степени, чем интенсивность потребления кислорода, кислородные режимы организма ребенка, подростка и юноши оказываются менее эффективными и экономичными, чем у человека средних лет. Так, если у ребенка 7—8 лет в легкие поступает в 6 раз, у подростка 14—15 лет — в 5,3 раза, то у мужчины 30 лет поступает только в 4,8 раза больше кислорода, чем в это же время потребается.

Каждые 100 мл кислорода организм ребенка извлекает из 3,3 л воздуха, поступающего в легкие, подростка — из 2,9 л, а человека среднего возраста — только из 2,3—2,6 л. За время одного дыхательного цикла ребенок потребляет 5,5 мл кислорода, подросток — около 14 мл, человек среднего возраста — свыше 21 мл. За время одного сердечного цикла организмом ребенка потребляется 1,2 мл, подростка 2,6 мл, человека среднего возраста примерно 4 мл кислорода (то есть у ребенка и подростка кислородный эффект и дыхательного, и сердечного цикла меньше). Как видно из сказанного, по мере роста и развития организма эффективность и экономичность кислородных режимов организма увеличивается, но растет также и их напряженность, так как парциальное давление кислорода в альвеолярном воздухе, артериальной

крови и крови тканевых капилляров с возрастом снижаются, альвеолярно-венозный градиент pO_2 уменьшается.

В связи со сложными перестройками нейрогуморальной регуляции, усиленным ростом и развитием пубертатный период характеризуется лабильностью функциональных показателей, приводящей к значительному непостоянству кислородных параметров, несовершенству регулирования КР в этом возрасте, что может особенно ярко проявиться при различного рода нагрузках на организм.

Регулярная физическая тренировка, занятия спортом в подростковом и юношеском возрасте приводят к более быстрому развитию всей системы регулирования кислородных режимов организма, что проявляется как в состоянии покоя, так и особенно при мышечной деятельности (В. С. Мищенко, 1968 в).

Наряду с тем, что под влиянием спортивной тренировки быстро нарастает мышечная масса и ускоряется общее физическое развитие, потребление кислорода организмом несколько увеличивается, возрастает поступление кислорода в легкие и транспорт его кровью. Однако интенсивность потребления кислорода так же как и интенсивность поступления его в легкие, альвеолы и транспорта артериальной кровью уже за один год регулярной тренировки (занятия греблей) в возрасте 15 лет снижаются — потребление кислорода уменьшается с 4,5 мл/кг/мин. до 3,7 мл/кг/мин., интенсивность поступления кислорода в легкие падает с 24 до 18,5 мл/кг/мин., интенсивность транспорта кислорода артериальной кровью — с 16 до 12,2 мл/кг мин.

Сопоставление количества кислорода, поступающих в легкие и транспортируемых артериальной кровью, с потребляемым говорит о возрастающей эффективности кислородных режимов у тренированных. Более экономной становится деятельность дыхательной и циркуляторной систем, частота дыханий и сердечных сокращений снижаются с 15 до 11 в минуту и с 66 до 58 сердечных сокращений в минуту, кислородный эффект дыхательного и сердечного циклов возрастают, вентиляционный эквивалент снижается с 30 до 27, гемодинамический — с 18,9 до 17,6, то есть кислородные режимы организма подростка и юноши под влиянием спортивной тренировки становятся более экономичными. С другой стороны, спортивная тренировка приводит к тому, что кислородные режимы организма юных спортсменов становятся более напряженными, чем у их нетренированных сверстников, — парциальное давление кислорода в альвеолярном воздухе снижается со 110 мм рт. ст. до норм взрослых, напряжение кислорода в артериальной крови и крови тканевых капилляров несколько падает, что могло бы поставить ткани в худшие условия, если бы не вырабатывались специальные механизмы,

способствующие лучшей утилизации кислорода. Наибольшее выражение направленность изменений кислородных режимов организма под влиянием тренировки находит у взрослых спортсменов высокого класса.

В связи с тем, что интенсивность выполняемой юношами и особенно детьми работы еще не может достичь уровня ее в среднем возрасте, кислородный запрос на выполняемую работу (при максимальном желании довести нагрузку до предельных величин) у детей и подростков намного меньше, чем у взрослых. Так, если у взрослых спортсменов суммарный кислородный запрос на работу субмаксимальной интенсивности на велоэргометре или при гребле на дистанции 200 м может возрасти в 35—55 раз по сравнению с уровнем основного обмена, то у подростков 14—16 лет при гребле на той же дистанции он возрастает в 20—30 раз, при работе на велоэргометре в 20—35 раз, а у детей 9—10 лет только — в 12—20 раз. При этом потребление кислорода во время самой работы у детей достигает одной четверти — одной пятой от его цифр у взрослых; организм подростков 14—16 лет во время работы субмаксимальной интенсивности потребляет немногим более 50% от потребления взрослого. То есть с возрастом потребление кислорода во время работы субмаксимальной интенсивности, мощность которой с возрастом увеличивается, растет.

Увеличение потребления кислорода обуславливается развитием функциональных возможностей органов внешнего дыхания, кровообращения, возрастанием кислородной емкости крови и др. Во время работы субмаксимальной интенсивности, о которой шла речь, минутный объем дыхания у детей 9—10 лет достигает 31 л/мин, при этом альвеолярная вентиляция составляет 71% от легочной вентиляции; у нетренированных подростков 13—14 лет — МОД — 46 л/мин., а отношение АВ к МОД — 72%, у подростков 15—16 лет МОД во время работы достигает 58 л/мин., но только 70,4% падает на альвеолярную вентиляцию.

Спортивная тренировка ведет к увеличению мощности предельной работы и соответственно к возрастанию кислородного запроса на нее. Так, у подростков 13—14 лет годовичная спортивная тренировка увеличивает кислородный запрос на работу почти на одну четверть (до 4,5 л по сравнению с 3,5 л у их нетренированных сверстников). Потребление кислорода во время работы возрастает до 1,9 л/мин. (у нетренированных оно равно 1,3 л/мин.). Легочная вентиляция у тренированных подростков увеличивается до 65 л/мин., причем альвеолярная вентиляция у них составляет 75,8% от МОД.

Еще более значительно общий кислородный запрос на работу увеличивается под влиянием тренировки у юных спортсменов 15—16 лет (с 4 л до 5,7 л). Возрастает также

потребление кислорода во время работы с 1,6 до 2,1 л/мин. Легочная вентиляция у тренированных юных спортсменов возрастает до 73,5 л/мин., альвеолярная вентиляция составляет при этом около 75% от МОД.

У взрослых спортсменов, у которых МОД достигает во время гребли на дистанции 200 м 100—110 л/мин., соотношения альвеолярной вентиляции и МОД еще более эффективны — АВ составляет 78% от МОД.

Аналогичное влияние спортивной тренировки на организм подростка оказывают занятия и тяжелой атлетикой (Ю. В. Степанов, 1968 б).

Таким образом, спортивная тренировка ведет не только к увеличению минутного объема дыхания во время работы, но и к повышению эффективности внешнего дыхания, к увеличению доли альвеолярной вентиляции в минутном объеме дыхания. Особенно влияние тренировки сказывается в пубертатном возрасте, когда в силу перестройки нейрогуморальной регуляции вегетативных функций внешнее дыхание оказывается менее эффективным, чем в детском и среднем возрасте.

С увеличением легочной и альвеолярной вентиляции, минутного объема крови, ее кислородной емкости с возрастом увеличивается и количество кислорода, поступающее во время работы в легкие и особенно в альвеолы, количество кислорода, транспортируемое артериальной кровью (рис. 3). При этом молодому организму для обеспечения меньшего количества потребленного кислорода требуется относительно большее усиление вентиляции и минутного объема крови. То есть при более низких уровнях каскада количества кислорода (как в абсолютных величинах, так и на кг веса тела), кислородные режимы организма детей и юношей оказываются менее эффективными и экономичными, чем у взрослого человека. Особенно ярко это проявляется, если сравнивать кислородные режимы детского, юношеского и взрослого организмов при выполнении нагрузок, в условиях которых кислородный запрос составляет половину запроса при работе субмаксимальной интенсивности.

Анализ каскадов rO_2 при мышечной деятельности указывает на меньшую напряженность кислородных режимов организма в молодом возрасте. Благодаря развитию капиллярной сети и механизмов тканевой адаптации при мышечной деятельности с возрастом увеличивается возможность использования кислородного резерва венозной крови. Поэтому напряжение кислорода в смешанной венозной крови во время мышечной деятельности снижается тем больше, чем старше и тренированней организм.

Несмотря на значительное развитие всей системы снабжения тканей кислородом, аэробные возможности даже у спорт-

смена высокой квалификации, как известно, оказываются ограниченными и значительная часть работы производится организмом в долг. Детский и юношеский организмы отличаются от взрослого не только тем, что обладают ограничен-

$q O_2$
л/мин.

$P O_2$
мм рт. ст.

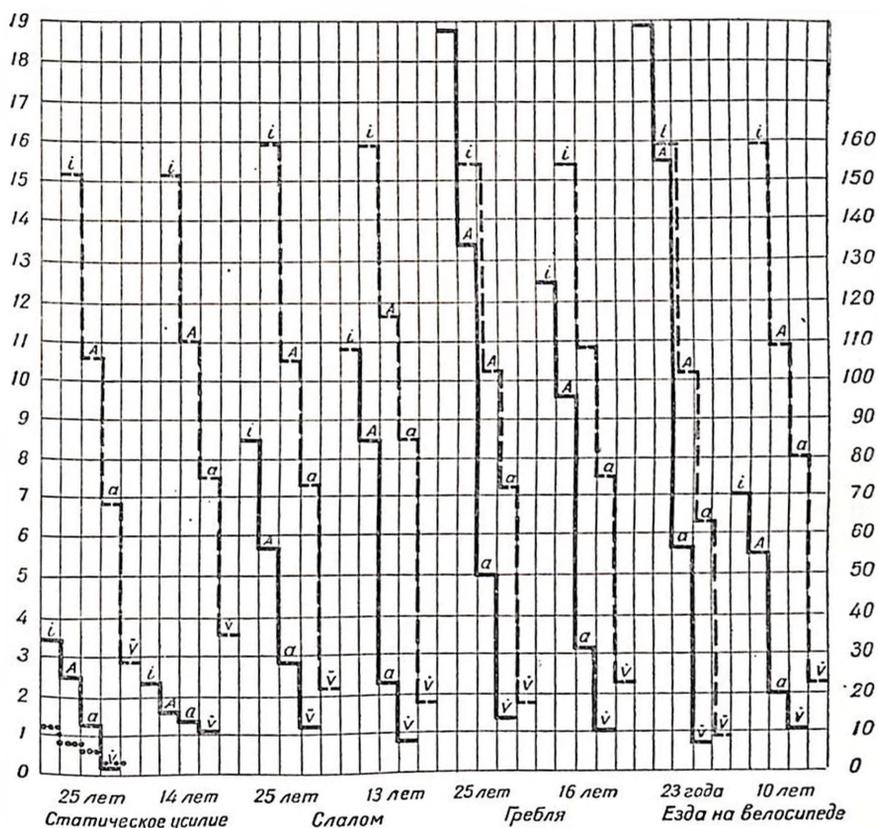


Рис. 3. Каскады количества кислорода ($q O_2$), поступающего в минуту в легкие ($q_l O_2$), альвеолы ($q_a O_2$), транспортируемого артериальной ($q_a O_2$), смешанной венозной кровью ($q_v O_2$) и каскады парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе ($p_a O_2$), артериальной ($p_a O_2$) и смешанной венозной крови ($p_v O_2$) у спортсменов разного возраста, выполняющих нагрузку субмаксимальной интенсивности при разного рода спортивной деятельности.

ными возможностями в отношении увеличения доставки кислорода, но и тем, что в меньшей степени могут работать в долг. Возможность работать в долг с возрастом и по мере тренированности увеличивается. У детей кислородный долг на приведенном примере работы субмаксимальной интенсив-

ности составлял 1350 мл, у подростков — 2170 мл, у юношей — 3500 мл. У тренированных подростков кислородный долг составлял 2,7 л, у тренированных юношей — 3,35, а у взрослых спортсменов — 5—7 л.

Течение ближайшего восстановительного периода имеет свои особенности в разные возрастные периоды, хотя основная часть кислородного долга, при его меньшей величине у детей и подростков ликвидируется почти полностью в течение первых пяти минут восстановительного периода так же, как и у взрослых. У нетренированных детей и подростков погашение кислородного долга происходит при менее эффективной и экономной деятельности внешнего дыхания и кровообращения, чем у их тренированных сверстников или взрослых людей. В восстановительном периоде отмечается значительное повышение вентиляционного и гемодинамического эквивалентов, снижение отношения альвеолярной вентиляции к минутному объему дыхания, увеличение кислородного резерва венозной крови. Несмотря на то, что потребление кислорода быстро приходит к исходному уровню у нетренированных подростков минутный объем дыхания, его частота, минутный объем крови, систолическое и диастолическое давление не приходят к исходным цифрам на протяжении 15—20 минут. У тренированных подростков и у взрослых спортсменов хотя и наблюдается снижение экономичности кислородных режимов организма по сравнению с уровнем покоя или нагрузки, ближайший восстановительный период меньше отличаются от цифр покоя или нагрузки.

Если вернуться к схемам на рис. 1, 2 и графикам на рис. 3, то станет ясным, что с возрастом изменяются не только регулируемые параметры, но и регулирующие воздействия.

В связи с еще недостаточно развившейся сетью тканевых капилляров, быстрым кровотоком, известным несовершенством тканевых механизмов, коэффициент использования кислорода тканями из артериальной крови у детей во время мышечной деятельности невысок и венозная кровь уносит относительно большой запас кислорода и меньшее количество углекислоты к легким. Это могло бы ограничить циклические колебания напряжения респираторных газов в альвеолярном воздухе и артериальной крови, если бы не малые размеры альвеолярного резервуара у детей. Последнее обстоятельство увеличивает колебания напряжения респираторных газов во время дыхательного цикла, что может быть причиной более частого дыхательного ритма у детей (А. З. Колчинская, 1967).

Еще не развитая в такой мере как у взрослых, система легочных капилляров ограничивает у детей возможность увеличения доли альвеолярной вентиляции в минутном объе-

ме дыхания и поэтому уменьшает эффективность внешнего дыхания во время нагрузки.

В процессе индивидуального развития (речь идет о развитии до зрелости) происходят значительные изменения во всей системе регулирования кислородных режимов организма — изменяется и объект регулирования, и регуляторы, и заданные значения для регулируемых величин. Возрастает, особенно во время мышечной деятельности, кислородный запрос организма, что меняет установку для регулируемой величины на выходе всей системы, значительно расширяются пределы ее изменений — от сравнительно небольшой потребности в кислороде в покое до в десятки раз увеличивающегося кислородного запроса организма при интенсивной мышечной деятельности. При этом интенсивность окислительных процессов, так же как и интенсивность поступления кислорода в легкие и альвеолы, транспорта его кровью в покое снижаются, а во время напряженной мышечной деятельности — многократно возрастают.

В процессе индивидуального развития и во время спортивной тренировки происходит такое отлаживание всей системы регулирования, которое приводит систему к выбору наиболее эффективных и экономичных кислородных режимов, но такой выбор осуществляется за счет увеличения напряженности КР. Заданные значения для парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе, артериальной крови, крови тканевых капилляров снижаются, альвеолярно-венозный градиент pO_2 уменьшается.

Изменяются оптимальные соотношения между регулирующими воздействиями — минутным объемом дыхания, сердечным выбросом, кислородсвязывающими свойствами гемоглобина, — система осуществляет выбор таких оптимумов, которые обеспечивают установление наиболее экономичных кислородных режимов.

Таким образом, если на самых ранних этапах онтогенеза еще не всегда точно и надежно осуществляется регулирование кислородных режимов организма даже в нормальных условиях, то в детском и подростковом возрасте в покое в нормальных условиях регулирование осуществляется надежно, но при действии больших возмущений (тяжелая физическая нагрузка, значительные снижения pO_2 вдыхаемого воздуха и др.) еще не достигается большая надежность регулирования. С возрастом расширяются границы тех возмущений при которых возможно надежное регулирование кислородных режимов. Физическая тренировка, регулярные занятия физической культурой и спортом приводят к более раннему совершенствованию системы регулирования кислородных режимов организма.

ЛИТЕРАТУРА

- Васильева В. В.* В сб.: VI конфер. по возрастн. морфол., физиол. и биохим., М., 286, 1965. *Гандельсман А. Б.* В сб.: Кислородный режим организма и его регулирование, К., 24, 1, 1966. *Гандельсман А. Б., Смирнов К. М.* Физич. воспитание детей школьного возраста, М., 1960. *Гуняди Б. К.* Фізіол. журнал АН УРСР, XIV, 2, 267, 1968. *Гуняди Б. К.* Матеріали VIII з'їзду Укр. фізіол. тов-ва, Львів, 187, 1968. *Гуняди Б. К.* Матеріали X Всесоюзн. научн. конфер. по физиол., морфол., биомехан. и биохим. мышечн. деят., М., 1, 86, 1968. *Зимкин Н. В.* В кн.: Физиология человека, Л., 1954. *Коробков А. В., Шкурорда В. А., Яковлев Н. Н., Яковлева Е. С.* Физич. культура людей разного возраста, М., 1963. *Колчинская А. З.* В сб.: Матеріали VIII конфер. по возрастн. морфол., физиол. и биохим., М., II, 180, 1967. *Колчинская А. З.* Недостаток кислорода и возраст, Изд-во «Наукова думка», Киев, 1964. *Колчинская А. З.* В сб.: Матеріали X Всесоюзн. научн. конфер. по физиол., морфол., биомехан. и биохим. мышечной деят., М., 11, 54, 1968. *Колчинская А. З., Лауэр Н. В., Шкабара Е. А.* В сб.: Кислородный режим организма и его регулирование, К., 341, 1966. *Колчинская А. З., Мищенко В. С., Гуняди В. К., Силаев А. П., Малиновская Л. В.* Труды конференции социалистических стран по акклиматизации спортсменов, М., 1967. *Колчинская А. З., Мищенко В. С., Гуняди Б. К.* В сб.: Вопросы акклиматизации и тренировки спортсменов в среднегорье, М., 49, 1968. *Колчинская А. З., Мищенко В. С., Гуняди Б. К., Степанов Ю. В.* В сб.: Матер. симпоз. по физиол. мышечн. деят. при старении, К., 35, 1968. *Крестовников Н. Н.* Физиология спорта, М.—Л., 1939. *Лауэр Н. В., Колчинская А. З.* Фізіол. журн. АН УРСР, 1964. *Лауэр Н. В., Колчинская А. З.* В сб.: Кислородный режим организма и его регулирование, К., 3, 1966. *Лауэр Н. В., Колчинская А. З.* В сб.: Регуляция вегетат. и анимальных функций в онтогенезе, М., 81, 1966. *Летунов С. П.* В сб.: Кислородн. режим организма и его регулирование, К., 230, 1966. *Маршак М. Е.* Регуляция дыхания у человека, М., 1961. *Мищенко В. С.* Фізіол. журн. АН УРСР, XIV, 6, 750, 1968. *Мищенко В. С.* Фізіол. журн. АН УРСР, XIV, 4, 563, 1968. *Мищенко В. С.* Фізіол. журн. АН УРСР, XII, 15, 640, 1966. *Мищенко В. С.* Матеріали VIII з'їзду Укр. фізіол. тов-ва, Львів, 352, 1968. *Могылянская Р. Е., Стогова Л. И., Иовданская Ф. А.* Физкультура и возраст, М., 1967. *Соколов И. В.* Матер. X Всесоюзн. научн. конфер. по физиол., морфол., биомехан. и биохим. мышечной деят., М., 111, 83, 1968. *Соколов И. В.* Физиол. и биохим. функциональн. система организма, К., II, 119, 1968. *Степанов Ю. В.* Матер. X Всес. научн. конфер. по физиол., морфол., биомехан. и биохим. мышечной деят., М., 111, 93, 1968. *Степанов Ю. В.* Фізіол. журн. АН УРСР, XIV, 6, 772, 1968. *Фарфель В. С., Михайлов В. В.* Кислородный режим организма и его регулирование, К., 1966. *Фарфель В. С., Фрейдберг И. М.* Теория и практика физ. культуры, 11, 6, 1948. *Яковлев Н. Н.* Теория и практика физ. культуры, 7, 25, 1962. *Armstrong B., Hurt H., Blide R., Workman J.* Science, 1961, 1897. *Asmussen E.* In: Handbook of Physiol., Section 3, Respiration, Washington, VII, 36, 939, 1965. *Astrand I.* Acta physiol. Scand., Suppl., 169, 1960. *Astrand P., Salten B. J.* Appl. Physiol., 16, 977, 1961. *Astrand P.* Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age. Copenhagen, Munkhgaart, 1952. *Christensen E.* Arbeitsphysiol., 5, 463, 1932. *Christensen E., Krogh A., Lindhard J.* Scand. Arch. Physiol., Suppl., 10, 1936. *Dejours P.* In: Handbook of Physiol., Wash., Section 3, Respiration, 1, 25, 631, 1964. *Dill D., Horvath S., Craig F. J.* Appl. Physiol., 12, 195, 1958. *Grodins E.* Physiol. Rev., 30, 220, 1950. *Haldane J., Priestly J.* Respiration, Oxford Clarendon Press, 493, 1935. *Guyton A., Ross J., Carrier O., Warner I.* Circul. Res., XIV—XV, 1, 60, 1967. *Hill A.* Living Machinery, N.—Y., Harcourt, 1927. *Johnson W.* Science a. Medicine of Exercise a. Sports, N.—Y., 1960. *Kao F., Ray L.* Am. J. Physiol., 179, 255, 1954. *Krogh A.* Skand. Arch. Physiol., 27, 126, 1912. *Krogh A.* The

Anatomy a. Physiol. of Capillaries. New Heaven—Yale Univ. Press., 1936. Lindhard J. Scand. Arch. Physiol., 40, 145, 1920. Nielsen M. Scand. Arch. Physiol., 10, 83, 1936. Rahn H., Otis H. J. Appl. Physiol., 717, 1949. Rushmer R., Smith J. Physiol. Rev., 39, 41, 1959. Riley R. In: Regulation of Human Respiration. Oxford—Blackwell, 1963. Zuntz N., Schumburg W. Studien zu einer Physiol. des Marsches Bibliothek von Coler. Berlin—Hirschwald, 6, 1901.

CONTROL OF THE BODY OXYGEN REGIMEN DURING MUSCULAR ACTIVITY IN PERSONS OF VARIOUS AGE

A. Z. KOLCHINSKAYA, V. S. MISHCHENKO,
B. K. GUNYADI, Y. V. STEPANOV

*Division of age physiology of the A. A. Bogomoletz
Institute of Physiology, Academy of Sciences of the Ukrainian S.S.R.,
Kiev*

This paper presents schematically the various pathways through which the oxygen parameters (pO_2) and quantity of O_2 entering the lungs and alveoli, transported by the arterial and mixed venous blood and consumed by the tissues) are affected during muscular activity, and the pathways through which pulmonary and alveolar ventilation and blood circulation may be controlled. The role of the oxygen parameters in ventilation and hemodynamic control is discussed.

A diagram of a hypothetical system of oxygen regimen control (SORC) is presented with regulators of the ventilation, circulation and oxygen-binding properties of the blood. The assumption is made that at least three principles of control are used in SORC: closed loop control with feedback, open loop control, and control by anticipation of disturbances.

These schemes are based on data in the literature and data obtained by the authors in studying external respiration, hemodynamics and oxygen transport function of the blood and the oxygen regimen parameters of the organism in over 500 athletes (rowers, cyclists, skiers, weightlifters) aged from 8 to 30 years (from beginners to highly trained athletes) at rest, during muscular activity and in the recovery period immediately after exercise.

It was found that during physical strain there is an increase in the range of fluctuations in the oxygen and CO_2 tension of the alveolar air during each respiratory cycle. It is assumed that the increase in pO_2 and pCO_2 fluctuations are of importance for the organism's oxygen regimen control.

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА НЕКОТОРЫЕ СТОРОНЫ УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА В ОНТОГЕНЕЗЕ

Л. Н. БОГАЦКАЯ, В. П. ВОЙТЕНКО, А. Я. ЛИТОШЕНКО

Институт геронтологии АМН СССР, Киев

Одной из задач в изучении механизмов изменения работоспособности при старении является анализ тех энергетических процессов, которые поддерживают и определяют мышечную деятельность.

Уже в состоянии покоя отмечаются возрастные особенности энергообразования. При старении понижается потребление кислорода тканями (Leibetseder, 1961, В. В. Креслов, 1965), уменьшается кислородная емкость организма, понижается напряжение кислорода в тканях (Böhlaу, Knoblock, 1951), изменяется активность ряда дыхательных и гликолитических ферментов (Baggows и др., 1958, Sallman и др., 1966), в результате чего снижается количество макроэргов, определяющих энергетический потенциал тканей (В. В. Фролькис, Л. Н. Богацкая, Е. В. Эпштейн, 1966).

В настоящее время считается твердо установленным, что в процессе мышечной деятельности на разных ее этапах складываются различные соотношения между аэробным и анаэробным путями образования энергии.

Так, уже в начальном, пусковом периоде работы, когда особенно резко проявляется несоответствие между потребностью организма в кислороде и степенью ее удовлетворения, работа обеспечивается энергией, образованной в результате экономически невыгодного анаэробного фосфорилирования, что в значительной мере лимитирует работоспособность.

В связи с неадекватностью поступления кислорода к тканям и их потребностью в нем, в организме возникает кислородный долг, который определяется накоплением недоокисленных продуктов обмена, что также лимитирует работоспособность.

По мере продолжения работы наступают респираторные и гемодинамические сдвиги, приводящие к тому, что все возрастающее потребление кислорода устанавливается на определенном уровне, то есть возникает устойчивое состояние — steady state (Hill и др., 1923). При этом удельный вес анаэробного фосфорилирования понижается при одновременном повышении удельного веса дыхательного фосфорилиро-

вания. Одновременно с этим уменьшается интенсивность расщепления гликогена мышц за счет использования других источников энергии, в частности, жиров (Яковлев Н. Н., 1952).

В то время, как изучению возрастных особенностей потребления кислорода в процессе мышечной деятельности и в восстановительном периоде посвящено сравнительно большое количество исследований, возрастные сдвиги в анаэробном звене образования энергии остаются вне должного внимания исследователей. Вместе с тем, изучение гликолитических механизмов образования энергии может иметь определенное значение для выяснения диапазона приспособительных возможностей стареющего организма в процессе мышечной деятельности.

Отсюда задача наших исследователей: во-первых, сосредоточить внимание на анаэробном гликолизе, во-вторых, попытаться выяснить, как зависит перераспределение путей образования энергии при мышечной деятельности от возраста.

С этой целью нами были проведены две серии исследований. В первой серии под нашим наблюдением находились люди двух возрастных групп: мужчины 19—28 и 66—80 лет. Всего 42 человека. Во второй серии опыты проводились на белых крысах-самцах 10—11 и 24—26 месячного возраста. Всего 75 животных.

Поскольку характер энергетических сдвигов определяется интенсивностью работы, ее продолжительностью, величиной мышечного массива, выполняющего работу, в исследованиях, проведенных на людях, мы использовали два типа мышечных нагрузок:

1. Прерывистая работа одной рукой (сжатие гофрированной резиновой трубки) в режиме 1 минута работы — 1 минута отдыха, 80 сжатий в минуту, всего 15 рабочих минут. Кровь исследовалась до начала работы, также после 1, 3, 6, 10 и 15-й минут работы и на 5-й минуте восстановительного периода.

2. Работа мощностью 120—140 кгм/мин., длительностью 40 минут производилась двумя руками на ручном эргометре в сидячем положении. Кровь исследовалась перед началом работы и на 5-й, 20-й и 120-й минутах восстановительного периода.

Для суждения о метаболических сдвигах, происходящих в процессе энергообразования при указанных типах физических нагрузок в крови определялись концентрации ключевых продуктов межклеточного обмена: лактата, пирувата и α -кетоглютарата.

Как видно на рисунке (1) в состоянии покоя содержание лактата в крови молодых и старых людей практически оди-

наково. Однако уже после 1-й минуты работы отмечаются существенные возрастные различия: прирост содержания молочной кислоты у молодых людей в 2 раз выше, чем у старых. В дальнейшем возрастные различия становятся еще более отчетливыми: в то время как у молодых людей на 3-й минуте работы наблюдается достоверное снижение уровня лактата, в крови старых людей содержание лактата продол-

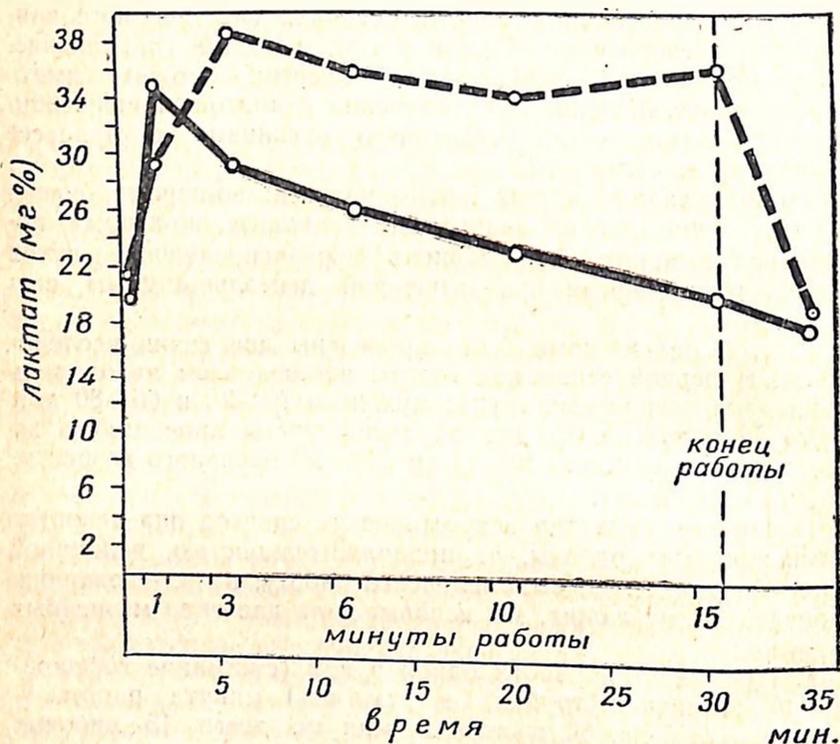


Рис. 1. Изменение концентрации лактата в крови (в мг%) под влиянием прерывистой физической работы у людей разного возраста.

Обозначения: сплошная линия — молодые, прерывистая — лица пожилого возраста.

жает расти и почти вдвое превосходит исходный уровень. В процессе работы содержание лактата в крови молодых людей продолжает снижаться и уже к 10-й минуте работы достигает исходной величины. В дальнейшем работа осуществляется при нормальном содержании молочной кислоты.

Совершенно иные соотношения складываются у старых людей, в крови которых на протяжении всей работы сохраняется высокий уровень концентрации лактата, понижающийся только в восстановительном периоде.

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о том, что в механизмах обеспечения мышечной деятельности у молодых людей компенсаторное усиление анаэробных процессов наступает в более ранние сроки и в более ранние сроки развивается устойчивое состояние. У старых людей на протяжении всей работы сохраняется высокий удельный вес анаэробного гликолиза.

В таблице 1 представлены данные, показывающие изменение содержания лактата после интенсивной мышечной деятельности. При этом виде нагрузки высокое содержание лактата наблюдается не только у старых, но и у молодых людей, однако у старых людей оно выражено гораздо больше. Так на 5-й минуте восстановительного периода концентрация лактата в крови старых людей превышает вдвое исходный уровень, а у молодых — лишь на 50%. К 20-й минуте возрастные различия сохраняются и сглаживаются лишь к 120-й минуте восстановительного периода.

Подобные изменения выявляются и при определении пирувата, являющегося центральным метаболитом аэробных и анаэробных путей обмена основных энергетических субстратов (табл. 1).

Через 5 минут после окончания работы в крови старых людей содержание пирувата значительно выше, чем в крови молодых людей. К 20-й минуте восстановительного периода возрастные различия сглаживаются. Содержание пирувата в крови людей обеих возрастных групп возвращается к исходному уровню.

Возрастные различия отмечаются и в динамике содержания в крови α -кетоглутарата (табл. 1), являющегося одним из ключевых субстратов в реакциях цикла Кребса.

В состоянии покоя достоверные возрастные различия не отмечаются. После окончания работы содержание α -кетоглутарата в крови молодых людей имеет некоторую тенденцию к повышению по сравнению с исходным уровнем, но статистически достоверных различий нет. В крови старых людей концентрация α -кетоглутарата через 5 минут после окончания нагрузки превышает уровень покоя в 1,5 раза, а к 20-й минуте восстановительного периода приближается к исходному уровню.

Полученные данные свидетельствуют о возрастных различиях в содержании лактата, пирувата и α -кетоглутарата в крови людей под влиянием мышечной деятельности. У старых людей наступают более выраженные сдвиги в содержании исследуемых продуктов межклеточного обмена, особенно проявляющиеся к концу нагрузки и в восстановительном периоде.

Результаты полученных данных позволяют предположить, что при старении изменяется соотношение между

Изменение содержания в крови людей разного возраста лактата, пирувата и α -кетоглутарата под влиянием мышечной работы (мощность работы 120—140 кгм/мин., длительность работы 40 мин.)

	Статистические показатели	Лактат (мкг%)		Пируват (мкг%)		Кетоглутарат (мкг%)	
		молодые	старые	молодые	старые	молодые	старые
	n	9	12	9	12	9	13
До работы	M	24,49	29,43	1,45	0,99	87	91
	$\pm m$	1,76	1,74	0,24	0,07	9,7	7,4
	P_1		<0,1		<0,1		<0,8
5 мин.	M	37,00	58,38	1,66	2,46	120	145
	$\pm m$	2,68	2,61	0,28	0,20	16,7	16,1
	P_2	<0,01	<0,01	<0,6	<0,01	<0,2	<0,01
20 мин.	P_1		<0,01		<0,02		<0,3
	M	34,64	46,42	1,35	1,35	105	76
	$\pm m$	1,56	3,27	0,16	0,16	11,9	8,6
120 мин.	P_2	<1,01	<0,01	<0,8	<0,05	<0,3	<0,2
	P_1		<0,01				<0,1
	M	25,88	29,77	<1,25	1,29	94	73
После работы через	$\pm m$	2,04	3,02	0,17	0,15	17,3	9,5
	P_2	<0,7	<0,9	<0,6	<0,1	<0,8	<0,2
	P_1		<0,3		<0,9		<0,3

 P_1 —возрастные различия. P_2 —по сравнению с дорабочим состоянием.

аэробными и анаэробными путями образования энергии, повышается доля анаэробного гликолиза в обеспечении мышечной деятельности старых людей.

Это наглядно демонстрируют данные, представленные на следующем рисунке (2), в котором приведены значения коэффициентов пируват/лактат и α -кетоглутарат/пируват, отражающие в известной мере соотношения аэробного и анаэробного путей. Как видно из рисунка, изменение этих коэф-

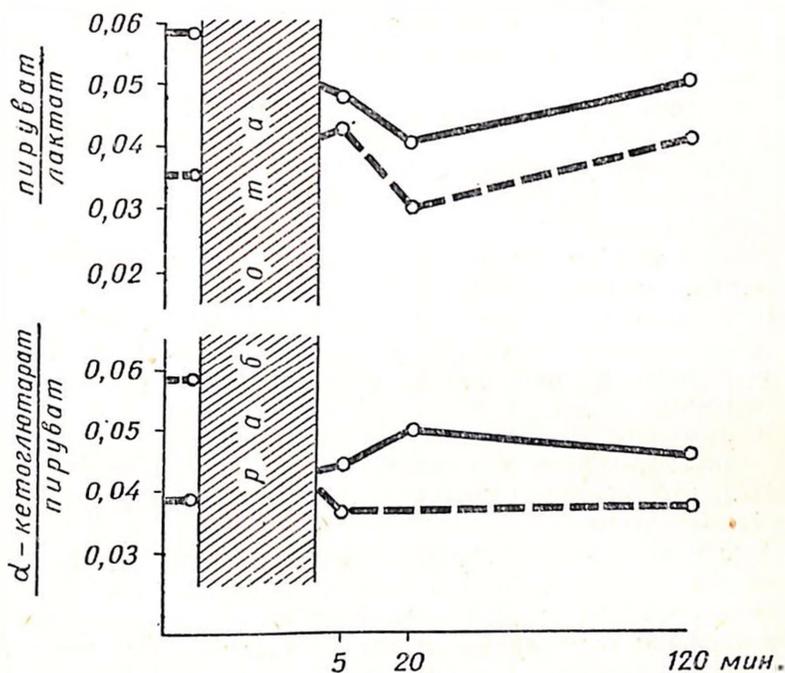


Рис. 2. Изменение коэффициентов пируват/лактат и α -кетоглутарат/пируват в крови людей разного возраста под влиянием интенсивной мышечной работы.

Обозначения те же, что на рис. 1.

фициентов имеет разный характер, но общим для них является то, что у молодых людей они выше, чем у старых, что свидетельствует о более высокой интенсивности аэробных процессов у молодых людей по сравнению со старыми.

Итак, анализ результатов, полученных при мышечной работе, свидетельствует о том, что в онтогенезе на разных этапах мышечной деятельности складываются разные соотношения между аэробным и анаэробным путями образования энергии.

Так, у молодых людей удельный вес анаэробного фосфорилирования резко повышается только в начальном, пуско-

вом периоде работы, постепенно снижаясь по мере ее продолжения, а у старых людей этот энергетически мало эффективный механизм достигает своего максимума несколько позже и сохраняется до конца работы.

Однако кровь не может в полной мере отражать сдвиги, наступающие в мышечной ткани, так как в ней интегрируются результаты процессов, происходящих во всех органах и тканях организма.

Поэтому исследования были продолжены на белых крысах разного возраста с целью определения изменений, наступающих в процессе деятельности непосредственно в самой мышце.

Животные подвергались мышечной нагрузке двух типов, которые различались по интенсивности и продолжительности мышечной деятельности.

Первый — плавание в течение 15 минут с грузом, составляющим 5% веса тела.

Второй тип — плавание в течение 2-х часов. Температура воды при плавании 28—30° С.

В крови и в т. *gastrochemius* определялись лактат, пируват и альфа-кетоглутарат, в мышце, кроме того, определялись гликоген, окисленные и восстановленные пиридин-нуклеотиды.

В исходном состоянии возрастные различия в содержании лактата, пирувата и α -кетоглутарата в крови не отмечаются, что вполне совпадает с данными, полученными в опытах с людьми.

После 15 минут плавания содержание лактата в крови взрослых животных возрастает гораздо резче, чем у старых. Однако после 2-х часового плавания складываются обратные соотношения: содержание лактата в крови старых животных достоверно превышает его уровень у взрослых. Аналогичные взаимоотношения характеризуют динамику содержания в крови пирувата и α -кетоглутарата.

Эти изменения, то есть изменения в крови, соответствуют сдвигам, происходящим в самих мышцах.

Обращает на себя внимание то, что уже в состоянии покоя отмечаются возрастные различия в содержании гликогена, являющегося основным энергетическим субстратом мышц: его содержание при старении снижается (рис. 3). В процессе плавания содержание гликогена падает в мышцах животных обеих возрастных групп. Однако градиент падения при 15-минутном плавании выше у взрослых животных, а при 2-часовом — у старых.

Иные соотношения складываются в изменении содержания лактата. При 15-минутном плавании содержание лактата выше у взрослых животных. Однако после 2-х часов плавания в воде содержание лактата в мышцах взрослых живот-

ных возвращается к исходному уровню, а у старых — продолжает нарастать.

Обнаруженные соотношения между изменениями содержания гликогена и молочной кислоты свидетельствуют о том, что энергетическая эффективность использования гликогена при старении значительно снижается. Это проявляется в накоплении молочной кислоты, сохраняющей в себе около

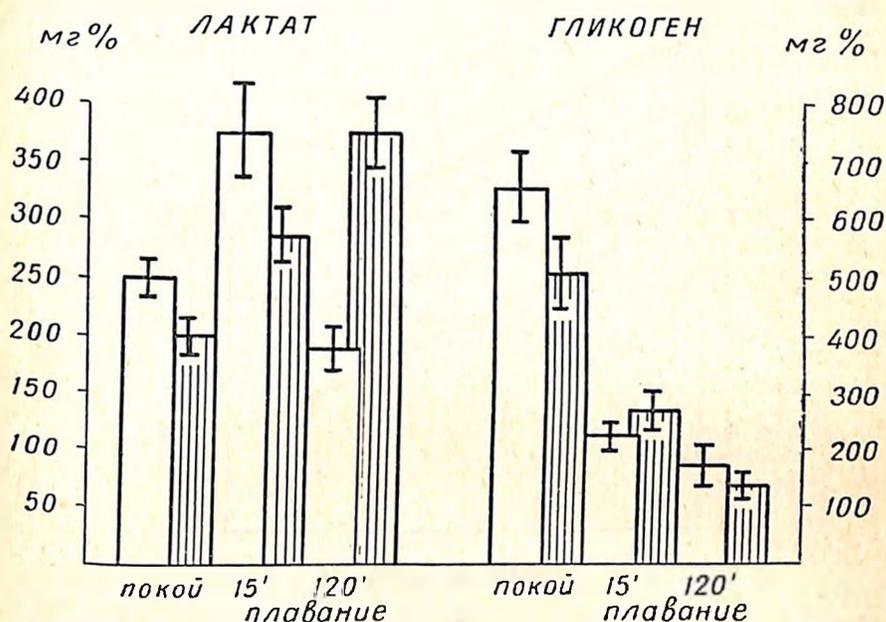


Рис. 3. Изменение содержания лактата и гликогена в скелетной мышце белых крыс разного возраста при плавании.

Обозначения: белые столбики — крысы 10—11 мес., зачерченные — 24—26 мес.

95% потенциальной энергии окисления углеводов. 15-минутное плавание вызывает однонаправленные сдвиги в содержании пирувата и α -кетоглутарата мышц в обеих возрастных группах животных.

То обстоятельство, что у взрослых животных после двухчасового плавания содержание пирувата в мышцах практически не меняется, но при этом значительно снижается содержание лактата, по-видимому, свидетельствует об усилении аэробных процессов, не только полностью обеспечивающих мышечную работу, но и ликвидирующих их последствия анаэробного процесса, который так ярко выражен в начальном периоде работы.

Низкий же уровень пирувата после 2-часового плавания у старых животных при высоком содержании молочной кислоты свидетельствует о том, что при обеспечении работы ин-

тенсивность анаэробного пути образования энергии продолжает оставаться достаточно высокой.

Эти возрастные различия в механизмах обеспечения работы энергией наглядно проявляются при сопоставлении коэффициентов пируват/лактат и НАД «окисленные»/НАД «восстановленные» (рис. 4).

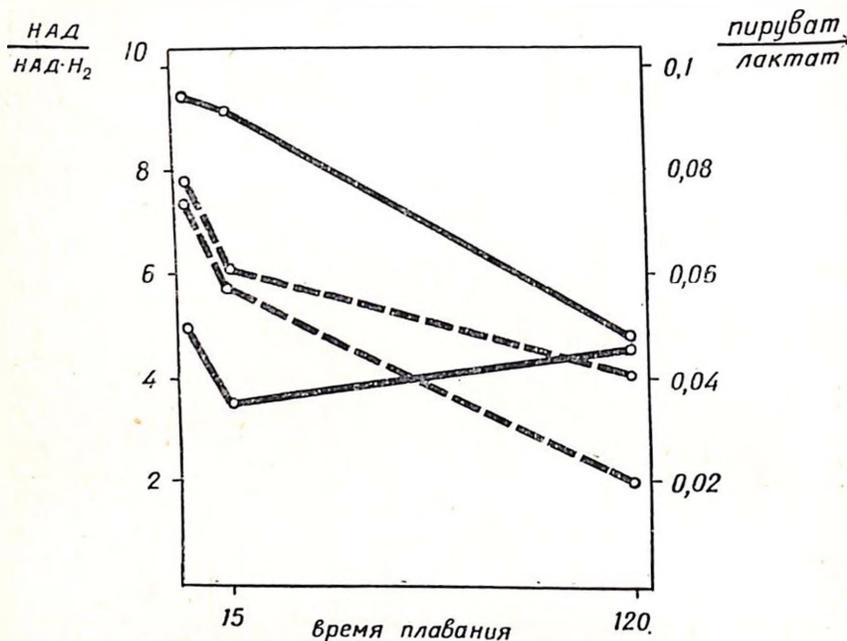


Рис. 4. Изменение коэффициентов НАД/НАД·Н₂ и пируват/лактат в скелетной мышце белых крыс разного возраста при плавании.

Обозначения: сплошные линии — взрослые животные; прерывистые — старые животные. Верхними двумя линиями обозначен коэффициент НАД/НАД·Н₂, нижними — коэффициент пируват/лактат.

Снижение коэффициента НАД/НАД·Н₂ может быть обусловлено с одной стороны уменьшением количества окисленных форм, а с другой — увеличением восстановленных форм. У старых животных в условиях мышечной работы при общем снижении количества пиридиновых коферментов падение коэффициента связано с увеличением восстановленных форм пиридиновых коферментов (В. П. Войтенко, 1966), что свидетельствует о преобладании анаэробных процессов.

Таким образом, при старении изменяются механизмы обеспечения работы энергией. Это выражается в изменении соотношения между аэробным и анаэробным путями образования энергии. При этом определяющим является снижение при старении аэробных процессов, которые независимо от возраста являются основным путем образования энергии для

обеспечения работающей мышцы. Повышение интенсивности анаэробных процессов в состоянии покоя в старом организме приводит к тому, что в пусковом периоде работы, когда мобилизация гликолиза имеет наибольшее значение, потенциальные возможности для увеличения энергопродукции за счет этого механизма снижаются.

В то же время при продолжительной работе, когда аэробные процессы обеспечивают устойчивое состояние, возрастное снижение их интенсивности является причиной значительного снижения мышечной работоспособности при старении.

ЛИТЕРАТУРА

Войтенко В. В. Проблемы геронтологии и гернатрии в ортопедии и травматологии. Киев, 54, 1966. Креслов В. В. Материалы VII научной конференции по вопросам возрастной морфологии, физиологии и биохимии. М., 354, 1965. Никитин В. Н., Иваненко Т. В. Проблемы возрастной физиологии и биохимии. Труды НИИ биологии и биологического ф-та ХГУ, Харьков, 140, 1962. Фролькис В. В., Эпштейн Е. В. Вопр. мед. химии, 12, 3, 248, 1966. Фролькис В. В., Богацкая Л. Н., Эпштейн Е. В. Укр. биохим. журн., 38, 5, 514, 1966. Яковлев Н. Н. Укр. биохим. журн., 24, 1, 113, 1952. Barrows C. H., Yiengst M. J., Shock N. W. J. Gerontology, 13, 4, 351, 1958. Böhlau W., Knoblock J. Zs. Altersforsch., 13, 302, 1951. Hill A., Lupton H., Quart. J. Med., 16, 135, 1923. Leibetseder I. Ztschr. für Alterforsch., 15, 3, 201, 1961. Sallman B., Starck A. R., Develasco F. A. Abstracts resumes kurz-fassungen, 7-th International Congress of Gerontology, Vienna, 29, 1966.

EFFECT OF PHYSICAL LOAD ON CERTAIN ASPECTS OF CARBOHYDRATE METABOLISM IN ONTOGENESIS

L. N. BOGATSKAYA, V. P. VOITENKO, A. Y. LITOSHENKO

Institute of Gerontology of the Academy of Medical Sciences of the USSR, Kiev

The authors present the results of investigations conducted on persons of two age groups (19—28 and 66—80 years old) and in experiments on animals (albino rats aged 10—11 months and 24—26 months), with a physical load of varying intensity and duration.

The contents of lactate, pyruvate and alpha-ketoglutarate were determined in the blood of the human subjects and animals; in the skeletal muscles of the rats the contents of glycogen, NAD and NAD·H₂ were determined, in addition to the above-mentioned metabolites.

An analysis of the data obtained showed that under the effect of transitory physical load the anaerobic way of carbohydrate conversion is stimulated in the young organism to a greater degree than in the old organism. During a prolonged load the relative proportion of the anaerobic way of carbohydrate decomposition, which is not advantageous with respect to energetics, is higher in the old organism.

The results indicate age-conditioned changes in the correlation between the aerobic and anaerobic phases of carbohydrate metabolism, the direction and the degree of intensity of which are determined by the nature of the muscular activity.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЫХАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ И МЫШЕЧНОЙ СИЛЫ У ЖЕНЩИН ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА, ЗАНЯТЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ТРУДОМ

Г. ОТТОВИЧ, Г. ЛЯМЕРС, А. ЛИСЕЦКИИ

*Научно-исследовательский институт физической культуры,
Варшава, Польша*

Опыты, результаты которых приведены в настоящей работе, являются частью наших исследований в области взаимосвязи между физической выносливостью и работоспособностью человека в разные периоды жизни. Этот вопрос имеет большое значение для геронтологии потому, что сохранение функциональных возможностей рабочих старшего возраста ведет к улучшению их социальных условий. Сохранение динамического стереотипа у пожилого человека часто сопровождается удлинением периода его работоспособности и предупреждает развитие заболеваний (W. Missiuro, 1962; 1965). Многие физиологи труда подчеркивают, что такое продление периода работоспособности зависит и от правильной организации труда, защиты рабочего от вредного действия ряда патогенных факторов — шума, промышленных газов и пыли, высокой температуры внешней среды и т. п. (L. Vrouha, 1960; W. Missiuro, 1961). Большое значение в поддержании работоспособности имеет соответствующий физиологическим возможностям людей пожилого возраста подбор видов производственных заданий, а также рациональный отдых во время работы (В. С. Фарфель, 1959; С. А. Косилов, 1955; I. Wojcieszak, H. Lamers, A. Pobudkowski, 1967). Физиологические исследования помогают правильно организовать режим труда с учетом психофизических особенностей рабочих, а также функциональных и морфологических изменений у них в процессе старения (Т. Tomaszewski, 1961). Кроме физиологических показателей рекомендуется наблюдение за состоянием здоровья и учет числа дней нетрудоспособности, а также оценка экономических показателей индивидуальной производительности труда человека (W. Missiuro, 1965). Величина физиологических показателей, заболеваемость и производительность труда определяются общим состоянием генетически обусловленных и развившихся в процессе онтогенеза адаптационных механизмов.

Физиология труда занимается в этой области изучением состояния здоровья, определением морфологических парамет-

ров, мышечной силы, жизненной емкости легких, оценкой функциональной способности сердечно-сосудистой системы и анализаторов.

В данной работе приводятся результаты исследований группы работающих женщин в постклимактерическом периоде. Все они имели удовлетворительные навыки в производственной деятельности, которой занимались в течение 11—18 лет.

Исследования были проведены на Варшавском заводе, изготовляющем одежду, в швейном цехе с конвейерным циклом производства. Обследовано 226 практически здоровых работниц в возрасте от 50 до 76 лет и 66 здоровых работниц в возрасте от 20 до 36 лет.

Все испытуемые прошли врачебный контроль перед физиологическим исследованием, которое заключалось в оценке функционального состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем, а также в определении мышечной силы обеих рук. В условиях покоя определялась частота пульса и дыхания, кровяное давление методом Рива—Роччи—Короткова, длительность произвольной задержки дыхания в условиях умеренного вдоха. Жизненная емкость легких измерялась водным спирометром. Мышечная сила определялась при помощи пружинного динамометра.

У всех испытуемых были измерены вес тела и его соотношение с возрастом. По экономически-финансовым показателям за полугодие были определены работоспособность и число дней нетрудоспособности исследованных лиц.

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что частота пульса и дыхания в группе лиц пожилого возраста находится в пределах нормы. Наибольшее учащение пульса наблюдается у женщин в возрасте 65—67 лет, а частота дыхания одинакова в обеих группах (рис. 1 и 2).

Показатели артериального давления в группе женщин старшего возраста имеют значительные индивидуальные колебания в каждом возрасте, но средние результаты и их прогрессия соответствуют возрастным нормам. Наиболее высокое кровяное давление отмечено у женщин 68—70 лет (средняя величина доходит до 195/100 мм рт. ст.), в то время как у испытуемых 50—52 лет его средний показатель составляет 127/63 мм рт. ст. (рис. 3).

У молодых женщин обнаружено сравнительно низкое кровяное давление — в пределах от 112/65 до 114/74 мм рт. ст.

Время задержки дыхания в группе старших женщин значительно сокращено и равняется в среднем 15—20 сек., тогда как молодые женщины могут задержать дыхание на 20—41 сек.

Жизненная емкость легких у старших женщин составляет в среднем от 1700 до 2286 мл. Понижение этого показателя

наблюдается в возрасте старше 65 лет. В старшей возрастной группе выражены большие индивидуальные различия. У молодых женщин жизненная емкость легких составляет 2750—3050 мл.

Исследования мышечной силы рук обнаруживают значительные различия этого показателя правой и левой руки. (Средняя разность составляет около 3,3 кг). Уменьшение мышечной силы с возрастом наступает постепенно. Так, на-

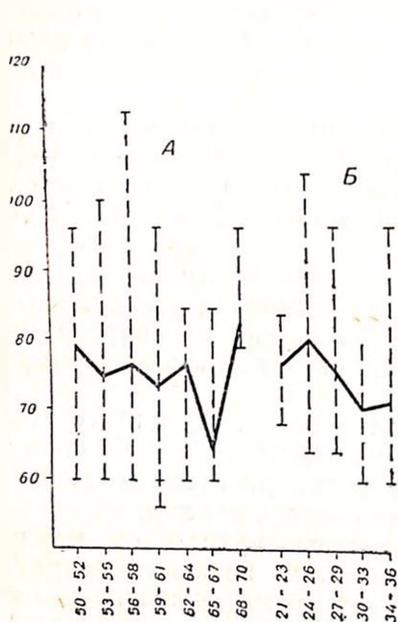


Рис. 1. Частота сокращений сердца (уд/мин) у швей разного возраста, работающих на конвейере.

А — 50—70 лет; Б — 21—36 лет.

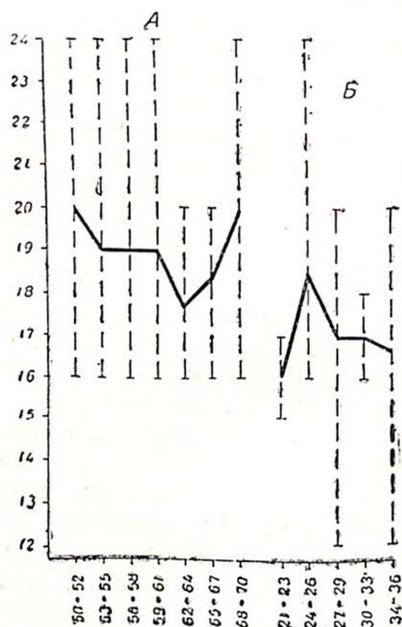


Рис. 2. Частота дыхания (дых/мин) у швей разного возраста, работающих на конвейере.

А — 50—70 лет; Б — 21—36 лет.

пример, у женщин в возрасте от 50 до 61 года мышечная сила составляет в среднем 22 кг для правой и 19 кг для левой руки, в то время как у женщин в возрасте 68—70 лет этот показатель равен в среднем 18 кг для правой и 15 кг для левой руки. В группе молодых женщин максимальная мышечная сила составляет в среднем 32 кг для правой и 27 кг для левой руки и минимальная 28 кг для правой и 25 кг для левой руки (рис. 4).

В старших по возрасту группах женщин обнаружен избышек веса. Больше всего он выражен в возрасте 50—64 лет. В контрольной группе молодых женщин избышек веса наблюдается редко.

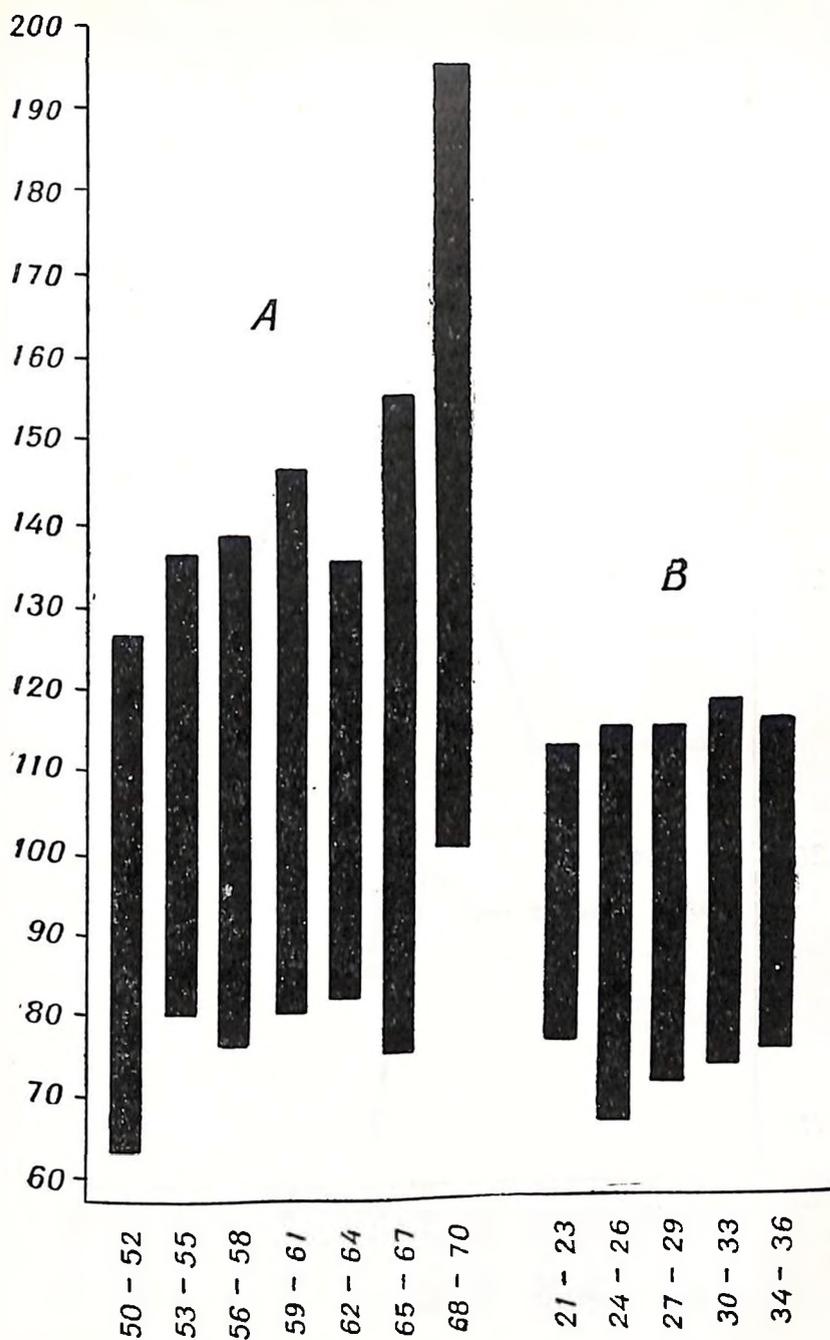


Рис. 3. Кровяное давление (мм рт. ст.) у швей разного возраста, работающих на конвейере.

А — 50—70 лет; Б — 21—36 лет.

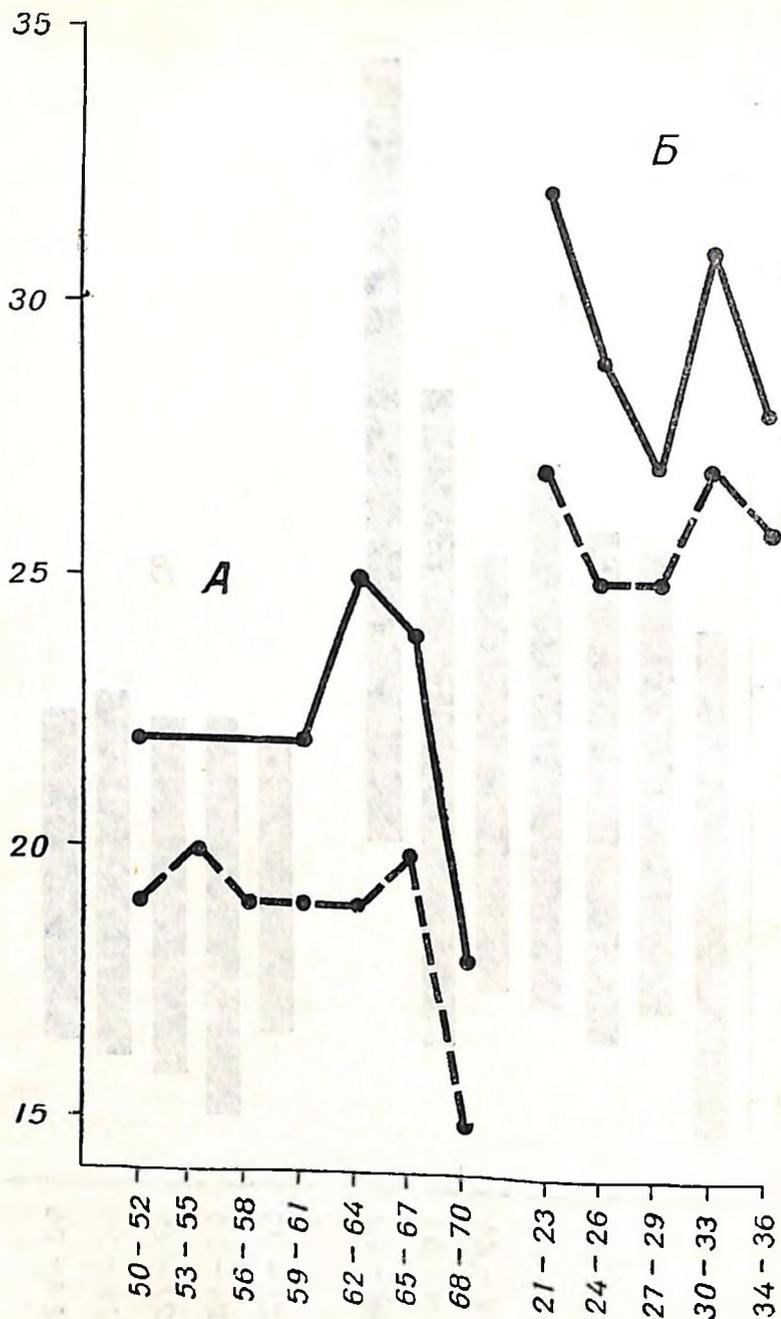


Рис. 4. Мышечная сила (кг) у швей разного возраста, работающих на конвейере.

А — 50—70 лет; Б — 21—36 лет.

Анализ показателей, характеризующих производительность труда пожилых женщин показывает, что производительность труда в основной группе удерживается на уровне около 100% (от 90% до 111,6%). В группе молодых работниц этот показатель мало отличается от уровня основной группы. Максимальная его величина составляет 105,4% (табл. 1).

Число дней нетрудоспособности в группе старших женщин, к нашему удивлению, оказалось ниже, чем в контрольной группе молодых женщин. Подробный анализ этого факта показывает: более низкая трудоспособность женщин в молодом возрасте является результатом не только их заболеваемости, но и других причин, как, например, болезнь детей, декретных отпусков и т. д. Таким образом, число дней нетрудоспособности мы не можем считать показателем степени заболеваемости или состояния здоровья работниц. Этот фактор явно влияет на финансово-экономическую оценку производительности труда и понижает ее в группе молодых работниц.

Таблица 1

Средняя производительность труда и число дней нетрудоспособности за полугодие

Возраст, годы	Показатель производительности труда, %	Число дней нетрудоспособности
21—23	94,1	24,0
24—26	101,3	28,1
27—29	105,8	10,0
30—33	102,7	7,0
34—36	102,2	13,9
50—52	101,6	1,2
53—55	95,5	1,2
56—58	101,6	0,8
59—61	98,7	1,0
62—64	100,3	0,5
65—67	90,0	0,6
68—70	111,6	0,6

Таким образом, исследования 226 работниц в возрасте от 50 до 76 лет, занятых в швейном цехе с конвейерным циклом производства, показали, что их состояние здоровья и функциональные возможности сердечно-сосудистой и дыхательной систем по изучаемым показателям в целом не снижены, по сравнению с группой молодых работниц. Различия в величине некоторых физиологических параметров, характеризующих влияние старения, не влияют на уровень производительности труда. Время произвольной задержки дыхания, жизненная емкость легких и динамометрические показатели мышечной силы обеих рук в старшей возрастной группе понижены по сравнению с результатами молодых работниц. Оценка показателей производительности труда женщин старшего возраста за полугодие показала, что вследствие меньшего числа дней нетрудоспособности у них производственные показатели удерживаются почти на таком же уровне, как и в группе молодых работниц. Результаты наших исследований показы-

вают, что рациональная организация труда и подбор для людей старшего возраста соответствующих форм производственной деятельности дает удовлетворительный эффект без ухудшения состояния здоровья рабочих.

Понижение некоторых показателей функции дыхания можно объяснить сложным процессом старения организма, который возникает в результате действия целого комплекса механизмов регуляции физиологических процессов, обусловленных генетически, а также приобретенных в процессе онтогенетического развития организма.

Дегенерационные болезни являются одной из основных проблем геронтологии. Развитие этих заболеваний наступает постепенно и ведет к уменьшению функциональной способности организма, что выражается в снижении некоторых физиологических параметров. Это проявляется в уменьшении у лиц старшего возраста жизненной емкости легких и в развивающемся в связи с этим ухудшении снабжения организма кислородом (P. O. Astrand, 1952; D. B. Dill, S. M. Horvath, F. N. Craig, 1958).

Параллельно с этими явлениями постепенно развиваются атеросклеротические изменения в кровеносных сосудах, а также морфологические и функциональные инволюционные изменения центральной нервной системы, желез внутренней секреции и других систем организма.

Наши исследования, таким образом, свидетельствуют о том, что многолетняя работа женщин старшего возраста в условиях конвейерного производства в швейном цехе не ухудшает у них состояния здоровья и физиологических функций сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

ЛИТЕРАТУРА

- Astrand O.* Experimental Studies of Physical Working Capacity in relation to sex and age. Copenhagen, 1952. *Broucha L.* Physiology In industry, Pergamon Press, London, 1960. *Dill D. B., Horvath S. M., Craig F. N.* J. Appl. Physiol., 12, 195, 1958. *Фарфель В. С.* Физиология отдыха, «Знание», 1959. *Косилов С. А.* Работоспособность и пути ее повышения, М., 1955. *Missiuro W.* Zarys Fizjologii Pracy, PZWL., Warszawa, 1965. *Missiuro W.* Wych. Fiz. i Sport, 1, 1961. *Миссиуро В.* Работоспособность и возраст. М., 15, 1962. *Tomaszewsky T.* Wiedza o pracy ludzkiej. Warszawa, 1961. *Wojcieszak I., Lamers H., Podudkowski A.* Wych. Fiz. i Sport, 4, 1967. *Золina З. М.* Исследования по физиологии трудовых процессов. М., 1962.

**INVESTIGATION OF THE RESPIRATORY FUNCTION
AND MUSCULAR STRENGTH IN ELDERLY WOMEN ENGAGED
IN INDUSTRIAL WORK**

G. OTTOWICZ, G. LAMERS, A. LISECKI

Research Institute for Physical Culture, Warsaw, Poland

Results are presented of examinations of women workers of the sewing shop of a Warsaw clothing factory. 226 practically healthy workers aged from 50 to 76 years and 66 women 20—36 years old were examined.

The results show that the state of health of the workers of 50—76-year-old group did not differ essentially from that of the younger workers. The observed differences in the values of some physiological parameters (blood pressure, vital capacity of the lungs, strength of the hand muscles, heart beat) did not affect the productivity of labour.

Thus, long years of work under conditions of sewing shop conveyor production does not deteriorate the state of health and physiological functions of the cardiovascular and respiratory systems in elderly women.

ВЛИЯНИЕ МЫШЕЧНЫХ НАГРУЗОК ДЛИТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ НА СЕКРЕТОРНУЮ ФУНКЦИЮ НАДПОЧЕЧНИКОВ

*Н. В. СВЕЧНИКОВА, В. И. БЕККЕР,
Р. Г. ЛИСИЦКАЯ, Ю. Т. ПОХОЛЕНЧУК*

Институт геронтологии АМН СССР, Киев

Последнее время все чаще появляются работы, посвященные участию эндокринной системы в нейро-гуморальном механизме регуляции и реактивности организма при воздействии различных внешних факторов среды.

Проблема приспособления, возникшая еще в прошлом столетии, стала одной из ведущих в понимании движущих факторов онто- и филогенеза. Уровень приспособления, совершенство и подвижность приспособительных реакций раскрывают конкретную сущность многообразия реакций организма. Особое значение приобретает эта проблема для медицины. Срыв, нарушение оптимума приспособления нередко является основной причиной развития патологических ситуаций в организме.

К настоящему времени раскрыт ряд чрезвычайно важных конкретных механизмов, при помощи которых осуществляют адаптационные приспособительные реакции организма. Эти механизмы, в первую очередь, связаны с совершенными формами регуляции со стороны центральной нервной системы. В осуществление различных приспособительных механизмов включаются и железы внутренней секреции.

Особый интерес в этом вопросе приобретает изучение функционального состояния надпочечника. Как мозговое вещество надпочечника, так и его кора играют исключительно важную роль в механизме адаптации, трофики и стрессорных реакций организма. Поэтому любой вид активности организма, в том числе и физическая нагрузка не мыслимы без участия надпочечника.

Со времени исследований, проведенных А. А. Богомольцем (1905), впервые доказавшим взаимосвязь и зависимость мышечной деятельности от функционального состояния коркового слоя надпочечников, внимание ученых продолжает привлекать изучение влияния физической нагрузки на деятельность надпочечниковой железы у здоровых людей (В. М. Весселкина, 1936; Romz, 1936; Rausher, 1932; Н. Б. Медведева, 1934, 1946; Gold, 1957; Frenkl, Csalay, 1962; Ю. Г. Синаюк, 1964, 1966 и др.).

Ими экспериментально и клинически доказано, что мышечная деятельность способствует гиперфункции, а при длительных нагрузках и гипертрофии коры надпочечников. С другой стороны, секреция кортикостероидов, участвуя в реакции фосфорилирования является необходимым условием для обеспечения обменных процессов в работающей мышце (Raab, 1941; Schönholzer, 1961).

Однако эти данные немногочисленны, разноречивы, а в возрастном аспекте их почти нет (Р. Е. Мотылянская, П. М. Бабарин, В. П. Эрез). Противоречивые выводы возникли очевидно в результате того, что исследователи не учитывали силу и длительность физических упражнений, а также степень тренированности испытуемых. При этом, большинство авторов судили о функциональном состоянии коркового слоя надпочечников при мышечной деятельности по изменению количества эозинофилов в периферической крови или по уровню содержания 17-кетостероидов в моче испытуемых лиц. И лишь единичные работы построены на данных исследования 17-оксикортикостероидов в моче и плазме крови.

Исследования функционального состояния коры надпочечников у пожилых лиц под воздействием физических нагрузок до сих пор проводились, в основном, без контрольных групп молодых людей. А в тех случаях, где эти группы существовали, физическая нагрузка была различной для каждой возрастной группы, что значительно затрудняло сравнительную характеристику полученных данных.

В настоящей работе на первом этапе мы стремились дать конкретную характеристику изменений функционального состояния коры надпочечников у людей молодого и пожилого возраста. На втором — попытаться установить значение интенсивности нагрузок для реакции коры надпочечников.

И, наконец, на третьем этапе дать целостную характеристику общей направленности эндокринных реакций у молодых и пожилых людей под влиянием физических нагрузок.

С целью выяснения функционального состояния коркового слоя надпочечников у людей под влиянием длительной мышечной деятельности, исследованию подвергнута группа испытуемых мужского пола в количестве 30 человек, из них 12 — молодых, в возрасте от 18 до 30 лет и 18 пожилых в возрасте от 60 до 70 лет. Проводили эксперимент в лабораторных условиях, заключающийся в выполнении непрерывной физической работы испытуемых на ручном эргометре. Общая длительность выполняемой работы 40 минут, мощность работы для всех испытуемых 110—140 кгм/мин., функциональное состояние коры надпочечников оценивалось путем определения 17-кетостероидов по методу Келлоу, 17 — оксикортикостероидов в плазме крови и моче по Сильберу и Партеру в модификации Н. А. Юдаева, Ю. А. Панкова и М. А. Крехо-

вой, а также по эозинопенической реакции крови. Все ингредиенты, определяемые в моче, исследовались в ее суточном количестве. Функция коркового слоя надпочечников изучалась в состоянии относительного покоя (до нагрузки) и после физической работы через 2, 24 и 48 часов.

Так, при исследовании контрольной группы молодых людей исходный уровень суммарных 17-кетостероидов в моче находился в пределах нормы и составлял 15,00 мг в сутки. После выполнения мышечной работы количество их несколько снизилось (14,96 мг/24 ч.). Однако это снижение было статистически не достоверно. Что касается экскреции 17-оксикортикостероидов в моче, то их уровень у обследуемых контрольной группы не изменился после мышечной нагрузки. Если до нагрузки выделение их с суточной мочой было 4,68 мг, то после нагрузки этот показатель составил 4,54 мг. Не произошло никаких изменений в экскреции этих гормонов в порциях дневной и ночной мочи (рис. 1).

Таким образом в показателях содержания 17-оксикортикостероидов в крови у молодых лиц при статистическом анализе выявлена лишь тенденция к увеличению их уровня после мышечной нагрузки. Так, до нагрузки содержание их в плазме крови было 11,47%, а после нагрузки — 12,29%. Процент прироста 17-оксикортикостероидов крови после мышечной нагрузки составил 7,1. Количество эозинофилов в крови снизилось после работы через 2 часа на 47%. Через 24 часа у лиц молодого возраста показатели функционального состояния коры надпочечников нормализовались.

Полученные данные в группе молодых лиц свидетельствуют лишь о незначительном вовлечении функций коркового слоя надпочечников в общую реакцию организма под действием применяемой мышечной нагрузки. Очевидно данная нагрузка для контрольной группы обследуемых является недостаточной. Такая нагрузка (по данным литературы) или не действует на кору надпочечников, либо вызывает лишь некоторую активацию деятельности коркового слоя надпочечников.

У лиц пожилого возраста, применяемая мышечная нагрузка вызвала несколько отличную реакцию со стороны коры надпочечников.

В этой группе обследуемых нагрузка привела к увеличению уровня 17-кетостероидов в суточной моче. Так, если до нагрузки количество 17-кетостероидов составляло 15,74 мг/24 ч., то после нагрузки экскреция их увеличилась до 16,27 мг/24 ч. Восстановление функции надпочечника по этому показателю не произошло и через 48 часов.

У пожилых лиц обнаружено статистически достоверное повышение 17-оксикортикостероидов мочи с 4,38 мг до 5,74 мг/24 ч. А в плазме периферической крови это увеличе-

ние было еще более выраженным: с 9,21% до 14,81% (рис. 1).

Восстановление глюкокортикоидной функции коры надпочечников через 48 часов нами у пожилых лиц не отмечено. Что касается эозинопенической реакции крови на мышечную нагрузку у людей пожилого возраста, то она оказалась пониженной.

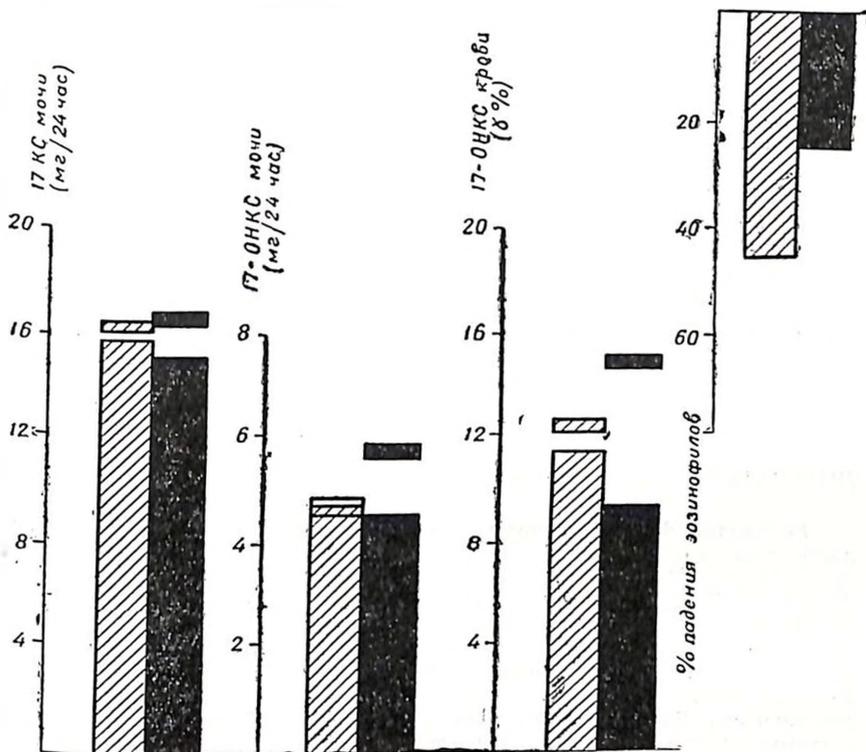


Рис. 1. Процент падения эозинофилов, а также содержание 17-кетостероидов в моче; 17-оксикортикостероидов в моче и в плазме периферической крови у мужчин разного возраста после мышечной нагрузки.

Обозначения: столбики с косой штриховкой — молодые, черные — мужчины пожилого возраста.

Так, количество эозинофилов снизилось через 2 часа после работы у пожилых лиц на 26%. Через 24 часа снижение количества эозинофилов было еще менее выражено, а у 30% обследуемых наблюдалась неадекватная реакция. Через 48 часов восстановления функции коры надпочечников и по этой реакции не отмечено.

Таким образом, результаты исследований группы пожилых людей свидетельствуют о том, что применяемая мышечная нагрузка приводит к существенным изменениям функционального состояния коры надпочечников, заключающихся

в выраженном увеличении 17-кетостероидов в суточной моче после нагрузки, 17-оксикортикостероидов мочи и плазмы периферической крови. Восстановление функционального состояния коры надпочечников не наступает через 48 часов после нагрузки.

Приведенные результаты исследований позволяют предположить, что под влиянием физической работы активизируется как андрогенная, так и глюкокортикоидная функция коркового слоя надпочечников, деятельность которого, видимо, зависит с одной стороны от возраста обследуемых, а с другой стороны от величины и интенсивности мышечной работы. Полученный фактический материал еще раз подтверждает данные В. В. Фролькиса, Н. В. Свечниковой, Н. В. Вержиковской и Н. С. Верхратского о том, что с возрастом меняется как соотношение между интенсивностью сдвигов функции системы гипофиз — кора надпочечников, так и выраженностью адаптационных возможностей организма. Это еще раз свидетельствует о возникновении при старении определенной перестройки и развитии нового уровня механизмов приспособления.

ЛИТЕРАТУРА

- Богомолец А. А. К вопросу о микроскопическом строении и физиологическом значении надпочечников. Докторская диссертация. Сиб., 1909. Веселкина В. М. Функция коры надпочечников. ОГИЗ, Л., 1936. Медведева Н. Б. Кортикалин. Из-во АН УССР, 1943. Мотылянская Р. Е., Бабарин П. М. В кн.: Нейро-гуморальная регуляция в онтогенезе. (Материалы симпозиума), Киев, 40—42, 1964. Синаюк Ю. Г. Материалы XVII научной конференции КГИФК (тезисы), Киев, 1964. Синаюк Ю. Г. Изменение функционального состояния коркового слоя надпочечников при мышечной деятельности. Канд. диссерт., Киев, 1966. Эрез В. П. Изменение функции системы гипофиз — кора надпочечников у пожилых людей, занимающихся физической культурой. Автореферат диссертации., М., 1963. Frenkl R. Kiserl. ervostuf., 14, 5, 473—476, 1962. Gold J. J. J. Clin. endocrinol., 17, 2, 296—316, 1957. Raab W. Endocrinology, 29, 4, 564, 1941. Schönholzer G. Schweiz. Ztschr. für Sportmedizin, 9, 1, 9—88, 1961.

REACTION OF THE ADRENAL CORTEX IN ELDERLY PERSONS TO PROLONGED MUSCULAR LOAD

N. V. SVECHNIKOVA, V. I. BECKER,
R. G. LISITSKAYA, Y. T. POKHOLENCHUK

*Institute of Gerontology of the Academy of Medical Sciences
of the USSR, Kiev*

The experiment consisted in the performance of continuous physical work by the subjects on a manual ergometer. The total duration of the work performed was 40 minutes; the power was 110—140 kgm per minute.

The adrenal cortex function was studied in a state of relative dormancy (before the load) and 2, 24 and 48 hours after physical work.

Only a slight stimulation of the adrenal cortex, which returned to the normal state within 24 hours, was noted in the group of young subjects.

In elderly persons the muscular load applied leads to considerable stimulation of the adrenal cortex, while the restoration of the gland function does not set in even after 48 hours since the end of the load. The gland function and its restoration evidently depends, on the one hand, on the age of the subject, and on the other hand, on the magnitude and intensity of the load.

The correlation between the intensity of the changes in the function of the hypophysis—adrenal cortex system and the intensity of the adaptive capacities of the organism alters with age. This is another proof of the emergence during aging of a definite reconstruction and the development of a new level of the adaptation mechanism.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ МЫШЦ У ЛЮДЕЙ ПОЖИЛОГО И СТАРЧЕСКОГО ВОЗРАСТОВ

Е. П. ПОДРУШНЯК, А. С. ЯНКОВСКАЯ

Институт геронтологии АМН СССР, Киев

Одним из признаков старения организма человека является нарушение и ослабление его двигательных реакций, что связано с изменением состояния как нервной, так и, в значительной мере, мышечной системы.

Наше сообщение объединяет результаты многолетних исследований нервно-мышечного аппарата у 1090 пожилых и старых людей при различных условиях в возрасте от 50 до 100 лет.

Исследования, положенные в основу сообщения, были направлены на выявление старческих изменений: 1) в деятельности одной нейро-моторной единицы; 2) в характере реакции мышцы на строго дозированную нагрузку; 3) особенностях соотношения деятельности мышц-антагонистов. Проведены все наблюдения на электромиографах «Disa», «Galileo» и восьмиканальном шлейфном осциллографе МПО-2 при произвольных сокращениях мышц конечностей, спины и передней брюшной стенки с применением поверхностных и игольчатых электродов. Определялись сила мышц, работа, выносливость. Проводились и морфологические исследования.

Для изучения изменений в деятельности одной нейро-моторной единицы испытуемому вводили концентрический электрод системы Эдриана и предлагали произвести минимальное напряжение мышцы. Результаты нашего исследования показали, что у пожилых людей отмечается замедление ритма импульсации, увеличение количества полифазных токов и удлинение продолжительности тока действия, по сравнению с людьми среднего возраста. F. Buchthal, P. Pinelli, P. Rosenfolok (1954) дают среднюю продолжительность тока действия одной моторной единицы к 80 годам равной 10 мсек. По нашим данным она обычно превышала 10 мсек., а у отдельных испытуемых достигала 20 мсек. и больше. Продолжительность деятельности нейро-моторной единицы у стариков короче, чем у молодых. В литературе вопрос о продолжительности деятельности одной нейро-моторной единицы освещен мало. D. Lindsley (1935) наблюдал длительность

действия одной моторной единицы в течение 30 мин. Анализ записи активности одной нейро-моторной единицы при непрерывном ее функционировании показал, что частота импульсов, идущих от мотонейрона изменяется и амплитуда колебаний уменьшается. В начале напряжения мышцы частота импульсов обычно довольно постоянна и интервалы между импульсами более или менее равномерны.

Выявленные особенности деятельности нейро-моторной единицы определяются не только своеобразием импульсации со стороны нервных клеток и непосредственными возрастными изменениями в мышце, но и функциональным состоянием периферического нерва — его способностью проводить нервные импульсы. Наши исследования в этом плане показали, что у людей старше 60 лет, в отличие от людей молодого возраста, скорость проведения возбуждения в периферическом двигательном нерве по мере старения человека прогрессивно снижается. При этом латентный период удлиняется, для получения порогового и максимального ответа нужна большая сила тока; разница в силе тока, вызывающего максимальный и пороговый ответ становится больше; явления аккомодации выражены ярче.

Прежде чем характеризовать физическую и тоническую деятельность отдельных мышц у людей пожилого и старческого возраста, нам представляется целесообразным вкратце остановиться на полученных нами у этого же контингента лиц результатах изучения электрической активности мышц в состоянии покоя. К. Altnburger (1937) и А. Maginacci (1955) считали, что состояние «покоя» всегда характеризуется биологическим молчанием; большинство других исследователей при тех же условиях постоянно отмечали низкоамплитудные колебания токов действия. Это определялось применением более высокочувствительной аппаратуры. В наших исследованиях А. С. Янковская и Г. М. Сидорко (1968) в состоянии «покоя» достаточно закономерно выявлялась определенная электрическая активность — тем чаще и отчетливее, чем старше возраст обследуемого. Полученные факты свидетельствуют о том, что в процессе старения организма происходят такие изменения в нервно-мышечном аппарате, при которых в состоянии «покоя» электрическая активность мышцы возрастает. В этом же плане определенный интерес могут представлять некоторые возрастные особенности реакции организма на фармакологические нагрузки. Так, если у молодых людей введение адреналина и аминозина в большинстве случаев не изменяло электрической активности мышц в состоянии покоя, то аналогичные дозы этих веществ у пожилых и старых людей уже изменяли электрическую активность: аминозин ее снижал, а адреналин — повышал. У людей в пожилом возрасте (60—74 лет) клинически обычно выра-

женной атрофии мышц нами не выявлено и, тем более, их дряблости. В старческом возрасте (75—90) чаще всего уже выявляется четкая атрофия мышц. Клинически возрастные изменения мышц выражаются прежде всего в уменьшении их периметра (окружности). Мышцы становятся дряблыми, иногда провисают. При волевом их напряжении подчеркнута вырисовываются их контуры, особенно у худощавых пациентов. Вместе с тем, изучение электрической активности мышц при активном сгибании и разгибании конечностей показывает, что люди пожилого и старческого возраста не могут четко выполнять этот двигательный акт в заданном темпе метронома, движения их теряли плавность и последовательность, становились резкими, отрывистыми.

Уже в возрасте 50—59 лет выявлялось изменение кривой электромиограммы в виде потери ее веретенообразной формы, удлинения периода нарастания высоты импульсов (300 мсек), укорочения периода максимально высоких потенциалов (700 мсек.).

В группе людей 60—69 лет (рис. 1), кривая электромиограммы теряла еще больше веретенообразную форму, трудно определялись максимально высокие потенциалы, удлинялся период угасания электрической активности.

У людей в возрасте 70—79 лет электромиограмма редко имела форму веретена. Обнаруживались участки выпадения токов действия; изредка появлялись две вспышки электрической активности во время одного движения.

В более позднем возрасте (80—89 лет) отмеченные выше изменения были еще более выражены.

Анализируя последовательность развития старческих изменений в различных группах мышц организма нами было выявлено, что наиболее рано изменения в электрической активности наблюдаются в мышцах нижних конечностей (нередко уже в возрасте 50—59 лет). Раньше и грубее они выражены в икроножной мышце, позже в большеберцовой. Затем изменения наступают в мышцах туловища, при этом в мышцах спины и живота они происходят приблизительно одновременно. Изменения в мышцах спины происходят вначале в грудном отделе, а затем в поясничном. Наиболее поздно старческие изменения выявляются в мышцах верхних конечностей. Таким образом, наши исследования показывают, что сроки появления старческих изменений в мышцах обратно пропорциональны их функциональной активности.

В изучении физической деятельности мышц у людей пожилого и старческого возрастов нас, в частности, интересовало как реагирует мышца на увеличивающуюся нагрузку и какие изменения происходят в электрической активности мышц в процессе ритмичной длительной работы.

Поднимание и опускание груза было связано со сгибанием и разгибанием конечности. При этом было установлено, что у пожилых людей трудно, а иногда невозможно выработать быстрый ритм сгибания и разгибания. Отмечено удлинение

a



b



Рис. 1. Изменения электромиограммы под влиянием физической тренировки.

Исп. Б-в, 62 лет (*a* — до; *b* — после физической тренировки).

параметров, характеризующих фазы сгибания и разгибания, сокращение периода отдыха между сгибанием и разгибанием. При проведении исследований с увеличивающимся грузом отмечено, что у лиц пожилого возраста не происходит соответствующего нарастания электрической активности в мышце, как это наблюдалось у людей молодого возраста. Следова-

тельно, при подъеме различного груза отсутствует дифференцированная реакция.

Одновременная регистрация механограммы и электромиограммы, показала (Я. С. Янковская, В. Н. Князева, 1963), что у пожилых людей в процессе сокращения мышцы при поднимании груза включение новых нейро-моторных единиц происходит медленнее, чем у молодых и протекает неравномерно.

С физиологической точки зрения важным представляется еще тот факт, что у части пожилых людей, особенно у глубоких стариков, в период отдыха мышцы между предыдущим и последующим сгибанием сустава регистрировались отдельные токи действия или группы их. Это дает основание говорить о том, что в период полного расслабления мышцы к ней поступают нервные импульсы, и, следовательно, мышца не имеет полного отдыха. По-видимому это обусловлено нарушением функционального состояния центральных регулирующих аппаратов.

При изучении мышц, находящихся в состоянии длительной работы, выявлен также ряд особенностей. У молодых людей на протяжении первой минуты, а у некоторых даже в течение нескольких секунд происходит процесс вработывания. Затем во время всех последующих периодов работа осуществлялась при равномерном одинаковом напряжении мышц. В случае выраженного утомления к концу работы отмечалось усиление мышечной активности, проявляющейся в удлинении периода ее сокращения, повышения амплитуды колебаний.

У обследованных нами людей пожилого возраста электрическая активность мышц характеризовалась теми данными, которые свойственны людям этого возраста. Токи действия в период сокращения мышцы теряют веретенообразную форму, появляется неравномерность импульсации с отсутствием периода максимальной электрической активности и соответствующим изменением периода нарастания и угасания электрической активности. У людей старческого возраста на протяжении длительной работы состояние нервно-мышечного аппарата значительно изменялось и отличалось от того, что наблюдалось при аналогичной работе у молодых.

Период вработывания у лиц пожилого возраста резко удлинялся. На протяжении всех периодов работы происходило перераспределение электрической активности мышц при выполнении одного и того же трудового комплекса. Об определенном перераспределении электрической активности функциональных мышц имеются указания в работе В. С. Аверьянова (1963), который также наблюдал переход от локальной электрической активности к групповой.

Признаки постепенного утомления мышц проявлялись в начале постепенным снижением электрической активности мышц, что выражалось в укорочении периода сокращения мышцы и соответствующим удлинением паузы между сокращениями, а также в изменении амплитуды токов действия.

В период резкого утомления и максимального напряжения мышцы происходит значительное удлинение периода сокращения мышцы, исчезает интервал и, следовательно, мышца теряет способность к восстановлению. Несколько повышается амплитуда колебаний, вслед за этим наступает прекращение работы, так как испытуемый не может ее продолжать.

Выявленные нами возрастные изменения электрической активности мышц далеко не у всех испытуемых являются необратимыми. В этом отношении весьма важная роль принадлежит соблюдению определенного двигательного режима.

В геронтологической практике хорошо известно, что активный образ жизни с выполнением постоянной, не изнуряющей физической работы, регулярное применение определенных физических комплексов обеспечивает лучшее самочувствие, большую продолжительность жизни людей, гораздо более позднее появление тех изменений в организме, которые характеризуются как специфически старческие. Изучение влияния двигательного режима на опорно-двигательный аппарат человека было проведено с применением на протяжении 2,5 месяцев комплекса физических упражнений, разработанного лабораторией физиологии двигательного режима Института геронтологии АМН СССР. Перед началом и в конце этих упражнений проводились клинико-рентгенологические исследования пациентов, электромиография, эргография и динамометрия мышц, а также подография.

После проведенного комплекса двигательного режима у всех испытуемых была отмечена та или иная степень улучшения самочувствия, работоспособности и подвижности. У многих испытуемых, у которых прежде отмечалось замедление и изменение походки, последняя заметно улучшалась. Средние показатели динамометрии и эргографии мышц конечностей повысились. Электромиографическая кривая (рис. 1, а, в) приобретала более выраженную веретенообразную форму. уменьшалась растянутость периода токов действия, наблюдалось повышение электропотенциалов, исчезновение или уменьшение пауз.

По мере обучения и тренировки у лиц, ранее не занимавшихся физическими упражнениями, происходит совершенствование техники движений: устраняются ошибки, движения приобретают необходимую плавность, легкость, ритмичность.

При изучении реакции нервно-мышечного аппарата на дозированную нагрузку установлено, что у большинства обследу-

дованных до применения двигательного режима эта реакция была не адекватной, так как обычно на небольшой груз мышца отвечала максимальным сокращением, тогда как после применения комплекса физических упражнений у обследованных вырабатывается адекватная реакция.

Полученные результаты наблюдений свидетельствуют об эффективности воздействия комплекса двигательного режима на систему органов движения человека, а также о его перс-

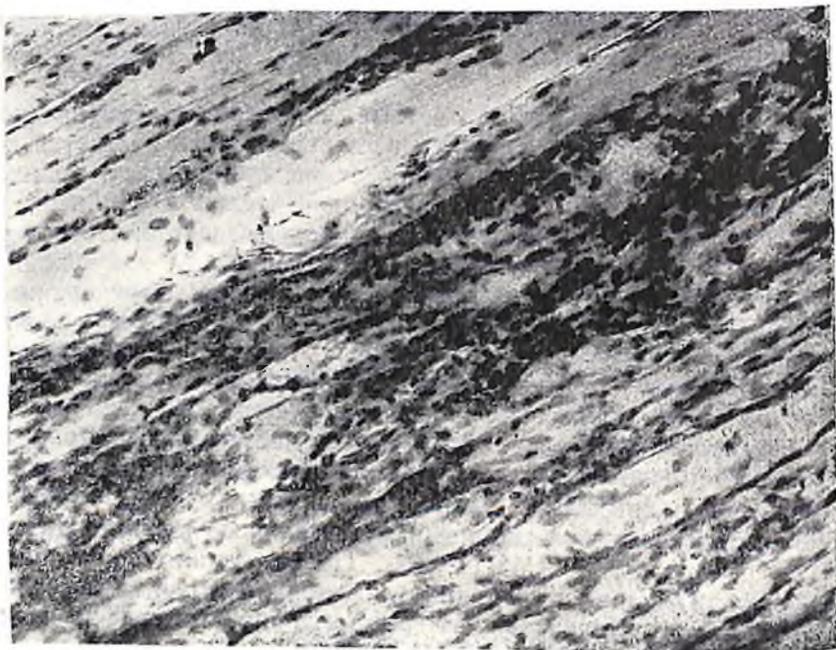


Рис. 2. Микрофотограмма прямой мышцы бедра женщины 93 лет. Участками отмечается распад мышечных волокон, на месте которых образуется соединительная ткань.

Окраска по ван Гизон. $\times 270$.

пективности и необходимости продолжения исследований в этом направлении.

Анатомо-морфологические исследования мышц пожилого человека показывают, что они чаще всего несколько дряблые. Брюшко по длине и в объеме меньше обычного, а сухожильная часть большая и хорошо выражена.

Гистоморфологически, наряду с нормальными мышечными волокнами, имеются волокна, у которых изменены нуклеопроtoplазматические образования. Отмечаются неравномерности окраски мышечных волокон с участками бледно-розового или ярко-желтого цвета, не содержащие ядер. Местами мышечные пучки замещаются соединительной тканью (рис. 2).

Отдельные волокна отличаются своей повышенной извитостью; ядра в них округлой формы, меньше размерами, богаты хроматином. В некоторых препаратах волокна на ограниченном участке (60—90 микронов) резко утолщены, напоминая форму цилиндра («муфты»), кое-где происходит их фрагментирование и распад (рис. 3).

По ходу сосудисто-нервных образований в рыхлой клетчатке происходит образование различных по величине и фор-



Рис. 3. Микрофотограмма большой ягодичной мышцы женщины 74 лет. Мышечные волокна не одинаковой ширины. Поперечная исчерченность выражена неравномерно, местами отсутствует. На одном участке мышечное волокно резко утолщено в виде «муфты», бесструктурно и фрагментируется.

Окраска по ван Гизоп. X300.

ме кальцинатов. Отмеченные выше гистоморфологические изменения мышц человека, сопровождающиеся разрушением саркоплазмы и образованием более тонких мышечных волокон, являются примером, подтверждающим мнение проф. В. В. Фролькиса о том, что с возрастом происходит мобилизация приспособительных механизмов с возникновением менее совершенного уровня приспособления к среде. Это положение подтверждается также произведенными вычислениями количественного и объемного состояния мышечных волокон. Измерение микрометром в препаратах мышц, взятых из области тазобедренного сустава (сделано свыше 1200 измерений), по-

казывает, что с возрастом уменьшается ширина мышечных волокон как у женщин, так и у мужчин. Так, в возрасте 25—40 лет средняя величина мышечного волокна составляет 37 микрон, в возрасте 60—74 года — 34,4, а в возрасте 75—90 лет — 33,8 микрон.

При этом у мужчин с возрастом отмечается более стремительное уменьшение толщины мышечного волокна.

Все приведенные выше факты функционального и анатомоморфологического изменения мышц у людей пожилого и старческого возрастов требуют пристального внимания и изучения в направлении раскрытия механизма этого процесса. Сегодня мы еще не можем окончательно ответить на вопрос, что лежит в основе многих функциональных нарушений мышечной деятельности стареющего организма человека — структурные изменения мышечного волокна, либо нервного волокна нейро-моторной единицы или же центрального происхождения. Ясно, что наблюдаемые с возрастом функциональные и морфологические изменения мышц являются, по-видимому, не чисто регрессивным явлением, а адаптационно-приспособительным, механизмы которого до настоящего времени мало изучены.

ЛИТЕРАТУРА

- Аверьянов В. С.* Вестник Ленинградского университета, 9, в. 2, 1963.
Янковская А. С., Князева В. Н. Физиол. ж. АН УРСР, 9, 1, 61, 1963.
Attenburger K. Elektrodiagnostik. In Buch-Bumkt O. und Foerster O. Handbuch der Neurologie. Berlin, III, 747, 1937.
Buchthal F., Pinnelli P., Rosenfalk P. Acta physiol., scand., 32, 2—4, 1954.
Marinacci A. A. Clinical electromyography. Los Angeles, 201, 1955.

SOME PECULIARITIES OF THE FRACTIONAL AND MORPHOLOGICAL CHANGES IN THE MUSCLE IN ELDERLY AND OLD PEOPLE

E. P. PODRUSHNYAK, A. S. YANKOVSKAYA

Institute of Gerontology of the Academy of Medical Sciences of the USSR, Kiev

This report presents the data of an investigation, carried on during many years, of the neuromuscular apparatus in 1090 elderly and old people, aged from 50 to 100 years, under various conditions.

The result of the research showed that the average duration of the action current of one neuromotor unit in elderly persons is longer than 10 m/sec; in old people shorter than in young.

In people over 60, in distinction to young people, the rate of conduction in the peripheral motor nerve decreases progressively with age, while the latent period becomes longer, and the accommodation phenomena are more

pronounced. In the process of aging of the organism changes occur in the neuromuscular apparatus, during which the electrical activity of the muscles increases in the state of «rest».

The electromyogram curve loses its spindle shape, the highest potentials are determined with difficulty, the period of damping of electrical activity is longer, the earliest changes occur in the muscles of the lower limbs, then in the muscles of the torso, and lastly in the upper limbs.

The muscle of an elderly man often has a belly which is less than the usual one, the tendon part being large and pronounced. Non-uniform colour of the muscle fibres is noted, as well as areas that do not contain nuclei. In some preparations the fibres are distinguished by an elevated twisting; in some spots they are thickened into cylinders; in others calcinates of varied shape and size are encountered. The thickness of the muscle fibres decrease with age, and this occurs more rapidly in men.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗРАСТНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ
РЕГУЛИРОВАНИЯ ФУНКЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ
ПРИ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

С. Ф. ГОЛОВЧЕНКО, П. В. ВАСИЛИК

*Институт геронтологии АМН СССР,
Институт кибернетики АН УССР, Киев*

К настоящему времени накоплен большой фактический материал об особенностях реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку. Малая адаптационная возможность, меньшая реактивность, более растянутый период вработывания и более медленное достижение максимального изменения функции, более затяжной характер восстановления, наличие ступенчатых реакций в этот период — вот те особенности, с которыми приходится сталкиваться при исследовании людей пожилого возраста.

Механизм возрастных отличий изменения функции сердечно-сосудистой системы при мышечной деятельности может быть понят на основе знания особенностей нейро-гуморальной регуляции.

Особенности нейро-гуморальной регуляции к настоящему времени достаточно хорошо изучены в экспериментах на животных. Работами, проведенными в лаборатории физиологии под руководством В. В. Фролькиса, были доказаны возрастные особенности изменения отдельных звеньев системы регуляции: ослабление нервных влияний на сердце и сосуды, повышенная чувствительность их к ряду гуморальных факторов, ослабление рефлексов с механорецепторов и повышение рефлексов с хеморецепторов сосудов и т. д.

Конкретный экспериментальный анализ с одной стороны, характер реакции сердечно-сосудистой системы у людей разного возраста с другой — дают реальную возможность еще одного подхода к анализу возрастных особенностей регуляции сердечно-сосудистой системы у человека — методами математического моделирования.

Методы математического моделирования находят все большее применение в биологии. Все шире используют математические выражения для описания биологических процессов. В области математического моделирования сердечно-сосудистой системы необходимо отметить работы Cluyes (1960), В. М. Зациорского (1966) о зависимости сердечной деятельности от фаз дыхания, работу J. Defares, J. Osborn, H. Naag,

(1965), по математическому моделированию деятельности замкнутой сердечно-сосудистой системы, G. Roston (1962), создавшего математическую модель среднего давления в больших артериях, работы L. Pater (1966), Гродниса (1966). Однако в перечисленных работах разрабатывались подходы к моделированию управляемой части системы кровообращения.

Мы ставили перед собой задачу, во-первых, создания математической модели регуляции сердечно-сосудистой системы, в частности, частоты деятельности сердца, притом не в стационарных условиях, а при мышечной деятельности, во-вторых использование созданной модели для изучения возрастных особенностей регуляции.

Создание математической модели предусматривало следующие этапы работы:

1. Описание математическими зависимостями взаимоотношения звеньев системы регуляции сердечно-сосудистой системы при мышечной деятельности, то есть математическое моделирование.

2. Количественная и качественная характеристика кривой изменения исследуемой функции — частоты сердечных сокращений при стандартной физической нагрузке у людей разного возраста.

3. Проверка математической модели по кривым переходного процесса исследуемой функции при воздействии на симпатическое или парасимпатическое звено и при увеличении длительности нагрузки.

В основу используемой для математического моделирования схемы регуляции была положена предложенная Wagner в 1965 году блок-схема регуляции деятельности сердца при физической нагрузке. Работы Sagnoff (1961), Rushmer (1961) позволили изменить схему применительно к исследованию частоты пульса. При выполнении физической нагрузки сигнализация, поступающая, с одной стороны, в виде волевой импульсации с коры головного мозга, с другой — по путям моторно-висцеральных рефлексов, изменяет активность симпатических и парасимпатических центральных нейронов. Изменение их активности передается синусному узлу сердца. Роль гормональных факторов повышается при увеличении длительности нагрузки. Информация о работе сердца по системе обратных связей передается в центральные структуры.

Таким образом, в системе управления сердечной деятельностью принимают участие нервные структуры и пути, состоящие из большого количества нейронов. Так как частота импульсации нейрона меняется непрерывно, суммарная активность множества нейронов может претерпевать плавные изменения и описываться непрерывными функциями.

Исходя из этих позиций, скорость изменения частоты деятельности сердца при физической нагрузке мы описали следующим уравнением:

$$\frac{dn}{dt} = K_{14y} + K_{24x} + K_{34z} - K_{44n} \quad (1)$$

Символам этого уравнения мы присвоили следующее содержание: $\frac{dn}{dt}$ — скорость изменения частоты сокращений сердца, она зависит от симпатических влияний (y), поступающих на синусный узел и ускоряющих деятельность сердца, и парасимпатических влияний (x), тормозящих частоту сокращений сердца. Скорость изменения сокращений увеличивается также при возрастании уровня гормонов (z), циркулирующих в крови, и через механизмы обратной связи зависит от текущего значения частоты сокращений (n). Коэффициенты в модели отражают взаимодействие отдельных звеньев.

Для реализации уравнения (1) должна быть определена каждая из перечисленных переменных. Скорость изменения симпатических влияний на сердце мы описали следующим уравнением:

$$\frac{dy}{dt} = K_1P - K_{21x} - K_{11y} \quad (2)$$

Здесь, K_1P величина, пропорциональная сигналам, поступающим на вегетативные центры, определяющая величину нагрузки. Важными ее составляющими являются волевая импульсация с высших отделов центральной нервной системы и проприорецептивная импульсация. Вместе с тем, изменения активности центральных симпатических нейронов $\left(\frac{dy}{dt}\right)$ зависят и от состояния парасимпатических центров (О. А. Михалева, 1956, В. И. Климова-Черкасова, 1964), причем, активность их повышается при снижении активности парасимпатических центральных нейронов (x). Кроме того, изменения активности центральных симпатических нейронов $\left(\frac{dy}{dt}\right)$ зависят от текущего состояния собственной активности (y), которое можно представить определенным количеством замкнутых возбужденных циклов (Рашевски, 1964). Случайные изменения симпатического механизма будут уменьшать количество циклов. Чем большее количество новых активных циклов (y), тем больше будет вероятность влияния синаптического механизма и ослабление симпатического влияния на сердце. Эта зависимость может быть записана $\frac{dy}{dt} = -K_{11}y$.

Скорость изменения парасимпатических влияний на сердце $\frac{dx}{dt}$ описана следующим уравнением:

$$\frac{dx}{dt} = -K_5P - K_{12y} + K_{2n} - K_{22x} \quad (3)$$

где K_5P величина, отражающая влияние на парасимпатические нейроны вследствие изменения метаболизма тканей при работе (Wagner, 1961). Реципрокные воздействия на активность парасимпатических центральных нейронов от активности симпатических центральных нейронов (y) выражаются членом ($-K_{12y}$). Центральные парасимпатические нейроны получают обширную информацию о деятельности сердца (K_{2n}), что влияет на их активность (В. П. Черниговский, 1960; Schaeffer, 1961; П. Ф. Ясиновская, 1967, и др.).

Подобно симпатическим центральным нейронам здесь так же справедливо положение Рашевски (1964) о зависимости изменения активности от текущего значения активности (K_{22x}).

Деятельность сердца обусловлена также скоростью изменения уровня гормональных влияний ($\frac{dz}{dt}$), зависящего от стимулирующих воздействий симпатической активности (y). Кроме того, скорость изменения уровня гормонов зависит от его текущего значения (z) (D. Danziger, G. Elmergreen, 1957) и выражена нами в виде уравнения

$$\frac{dz}{dt} = K_{13y} - K_{33z}$$

Таким образом, получена система дифференциальных уравнений, отражающая регуляцию частоты деятельности сердца при физической нагрузке:

$$\begin{aligned} \frac{dn}{dt} &= K_{14y} - K_{24x} + K_{34z} - K_{44n} \\ \frac{dy}{dt} &= K_1P - K_{21x} - K_{11y} \\ \frac{dx}{dt} &= -K_5P - K_{12y} + K_{2n} - K_{22x} \\ \frac{dz}{dt} &= K_{13y} - K_{33z} \end{aligned} \quad (5)$$

Следует оговориться, что при составлении математической модели функционирования физиологических структур, мы специально несколько упростили те сложные взаимоотношения, которые складываются в организме. Эти четыре уравнения отражают изменения симпатических и парасимпатических

звеньев экстракардиальной регуляции, а также влияния гормональных факторов.

Как было показано работами сотрудников лаборатории физиологии под руководством проф. В. В. Фролькиса, при старении наступают существенные изменения в разных звеньях регуляции. Это должно отразиться во взаимодействии различных звеньев, а на модели — в величине соответствующих коэффициентов. Ослабление нервных влияний на сердце (Н. С. Верхратский, 1963, 1965; Ю. К. Дупленко, 1963; А. А. Идлис, 1967) отражено в модели уменьшением соответствующих коэффициентов K_{14} и K_{24} . Увеличение чувствительности к гуморальным влияниям — величине коэффициента K_{34} . С возрастом изменяются и внутрицентральные отношения (С. А. Танин, 1963, 1966, 1967; В. В. Безруков, 1966, 1967; Ю. К. Дупленко, 1967). Эти изменения отражаются в увеличении коэффициента K_{12} . Возрастным изменениям подвержены и звенья обратной афферентации (В. В. Фролькис, И. В. Щеголева, 1963; И. В. Щеголева, 1967), что отражается в модели изменением коэффициента K_2 . Направление изменений коэффициентов учитывалось при построении и реализации модели старших возрастных групп.

На основе реализации математической модели на аналоговой установке можно получить модельные реакции частоты деятельности сердца на мышечную нагрузку для людей разного возраста. Однако, справедливость этих модельных реакций может быть проверена только при тщательном физиологическом исследовании. Кроме того, физиологические исследования дадут материал, с помощью которого можно решить уравнения математической модели, то есть найти численные значения коэффициентов, отражающих возрастные сдвиги звеньев регуляции.

Для математического моделирования необходимо было сосредоточить внимание на количественных особенностях переходного процесса. С этой целью была проведена серия исследований с непрерывной регистрацией частоты деятельности сердца до, во время и в течение 10 минут после выполнения стандартной нагрузки средней интенсивности у 118 испытуемых молодого и пожилого возрастов. При анализе кривых изменения частоты сердечной деятельности особое внимание нами было уделено началу восстановительного периода после снятия нагрузки, т. к. в этот период наиболее сказываются особенности регуляции, кроме того, при исследовании на людях — наименьшее влияние побочных факторов.

Для анализа кривых изменения пульса мы применили комплекс показателей: а) местонахождение минимума и максимума первой волны колебаний в восстановительном периоде, б) характер прохождения аperiodической составляющей колебаний в восстановительном периоде, в) количественные

характеристики кривых, применяемых в функциональной диагностике.

Анализ полученных в исследованиях кривых показал, что по местонахождению минимума и максимума первой волны колебаний пульса в восстановительном периоде они могут быть разделены на три типа: I тип — первый минимум ниже исходного уровня, следующий за ним максимум волны превышает исходный уровень; II тип — первый минимум выше исходного уровня или только приближается к нему, затем следует максимум, расположенный выше исходного уровня, т. е. первая волна выше исходного уровня; III тип — первый минимум ниже исходного уровня, первый максимум тоже ниже исходного уровня или только приближается к нему, затем наблюдается вторичное снижение ниже исходного уровня, т. е. первая волна колебаний ниже исходного уровня.

Эти три типа значительно отличаются и по другим показателям. Аперриодическая составляющая колебаний, построенная с помощью двух экспонент, проходящих по амплитудам, размещается по-разному в разных типах кривых, и величина перерегулирования различна. Ось колебаний, аперриодическая составляющая, проходит по исходному уровню или несколько ниже в кривых I типа, во II типе — ось колебаний выше исходного уровня, III тип — ось колебаний ниже исходного уровня.

Анализ количественных параметров, выделенных нами типов, показал вполне определенные закономерности: I тип характеризуется наибольшими сдвигами во время деятельности, наименьшим временем полного восстановления; по времени первичного достижения исходного уровня, глубине и длительности отрицательной фазы, минимума и максимума первой волны колебаний кривые I типа занимают промежуточное положение между II и III типами. Общим для кривых II и III типов является длительность времени полного восстановления. Время первичного восстановления наименьшее в III типе и наибольшее во II типе. Глубина отрицательной фазы в III типе наибольшая и наименьшая во II типе. Таким образом, для каждого типа кривой характерны свои особенности количественного выражения отдельных параметров. На рис. 1А представлены типы кривых с количественными характеристиками.

Распределение типов кривых по возрастам показало, что для молодых людей из 54 испытуемых I тип кривой был у 36 человек, II тип кривой — у 9 человек и III тип кривой у 6 человек. Из 64 испытуемых пожилого возраста I тип кривой встретился только у одного человека, II тип — 22 человека, III тип — 24 человека. Из этого следует, что для испытуемых 20—29 лет характерен I тип кривой, III тип встречается преимущественно у людей 60—79 лет. Следует отметить, что

18,6% всех реакций, преимущественно у пожилых людей, не укладываются в выделенные нами типы, они требуют дальнейшего анализа.

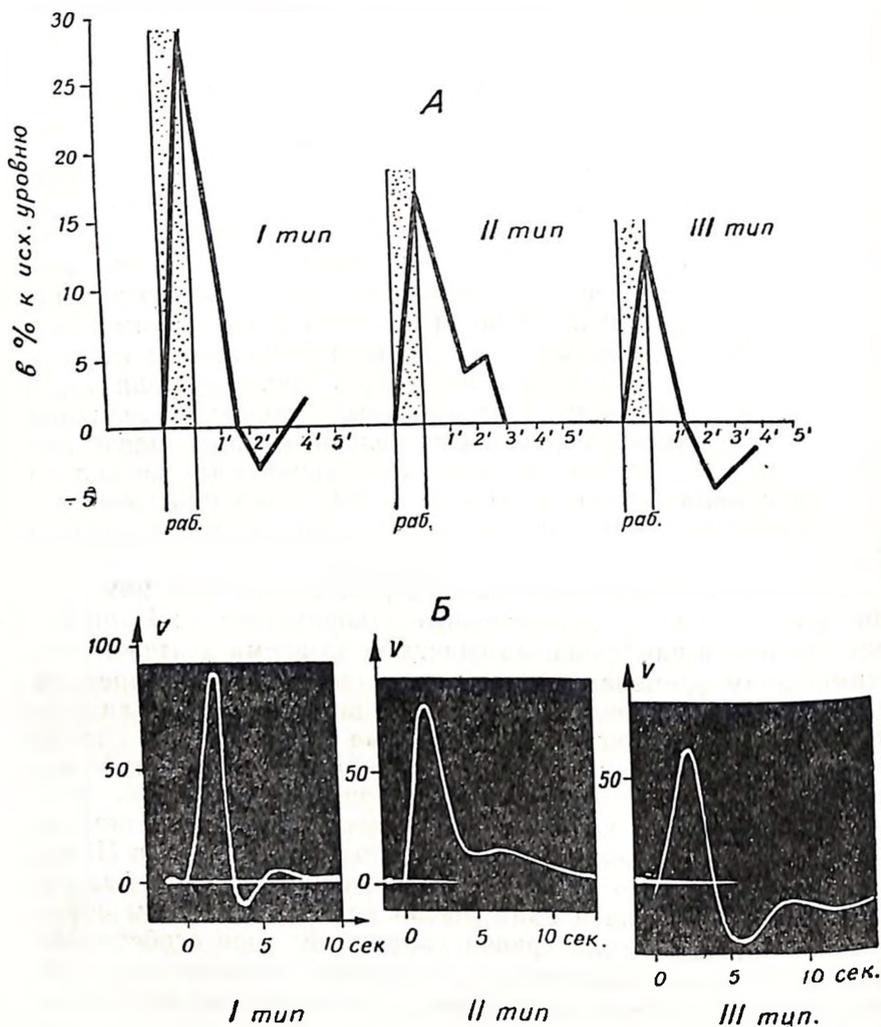


Рис. 1. Типы кривых изменения частоты сокращений сердца при стандартной физической нагрузке, построенных по данным физиологических исследований на людях (А) и полученных в машинном эксперименте (Б).

Проведенный анализ кривых по качественным и количественным показателям был использован для решения математической модели. На аналоговой установке МН-7 были получены кривые, параметры которых соответствовали (в опреде-

ленных масштабах) параметрам экспериментальных кривых (рис. 16). При этом были получены цифровые значения коэффициентов, отражающие взаимодействие звеньев (табл. 1).

Постоянные параметры модели имели следующие значения: $K_1=1,1$; $K_5=1,0$; $K_{11}=0,41$; $K_{13}=1,0$; $K_{21}=0,29$; $K_{22}=0,91$, $K_{44}=0,2$ $P=20$ вольт. В модели для кратковременной нагрузки функционирует звено, отражающее гормональные влияния. Параметры этого звена были определены при моделировании длительной нагрузки (табл. 2).

Как видно из таблицы, реакции, соответствующие типам кривых, могут быть

получены при таких изменениях взаимодействий звеньев, модели, которые соответствуют изменениям, наблюдаемым в эксперименте на животных разного возраста. Так, например, для того чтобы получить III тип реакции, следует уменьшить по сравнению с I типом значение коэффициентов, отражающих симпатические (K_{14}) и парасимпатические (K_{24}) влияния на синусный узел, уменьшить значение коэффициентов, отражающих чувствительность механорецепторов (K_2) и повысить коэффициенты, отражающие гормональные влияния (K_{34}).

Таблица 1
Цифровые значения коэффициентов для типа кривых, полученных в машинном эксперименте (в вольтах)

Коэффициент	Тип реакции		
	I	II	III
K_{14}	9,9	7,0	6,0
K_{24}	0,96	0,60	0,57
K_2	0,09	0,07	0,04
K_{12}	5,6	5,9	6,7

Таблица 2

Параметры гормонального звена регуляции K_{33} и чувствительности к их влияниям K_{34} (в вольтах)

Коэффициенты	Тип реакции		
	I	II	III
K_{33}	10,0	4,6	2,1
K_{34}	2,5	7,2	10,0

Эти результаты моделирования позволяют сделать вывод, что подобные изменения взаимоотношения звеньев имеют место у людей пожилого возраста.

Возможен и еще один путь проверки и анализа предложенной математической модели. Если действительно выделенный II и III типы характеризуют изменение ритма деятельности сердца, связанного с возрастными сдвигами симпатической и парасимпатической регуляции сердца то, следовательно, с одной стороны, в исследовании на человеке при введении адрено- и холинолитиков, с другой, уменьшением по сравнению с I типом соответствующих коэффициентов при решении математической модели на машине, мы должны получить аналогичные кривые.

На рис. 2 представлены изменения модельных кривых I типа при уменьшении на модели коэффициентов K_{24} и K_{12} , отражающих парасимпатические влияния, и кривые, полученные в физиологическом эксперименте при введении холинолитика атропина. Модельные кривые изменились

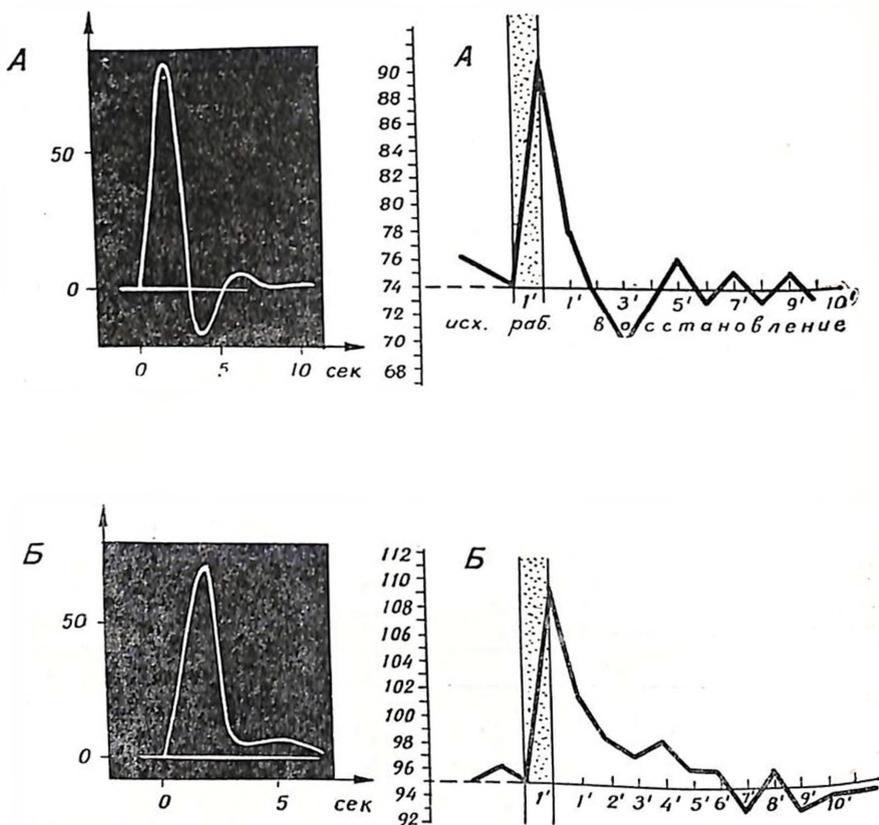


Рис. 2. Влияние атропина на кривую изменения частоты сокращений сердца при стандартной физической нагрузке в машинном эксперименте (слева) и при физиологическом исследовании у исп. Ц-ва, 20 лет (справа). А — без атропина, Б — после введения атропина.

следующим образом: первая волна колебаний расположена выше исходного уровня, отрицательная фаза исчезла, увеличилась длительность восстановительного периода, сдвиг во времени деятельности стал меньше. В приведенных нами контрольных исследованиях на 37 испытуемых однократное введение атропина в дозе 1 мг или длительная атропинизация дозой 0,5 мг три раза в день проводили к аналогичным изменениям реакции частоты деятельности сердца на стан-

дартную нагрузку: ось колебаний сместилась вверх от исходного уровня, величина перерегулирования возросла, минимум и максимум первой волны колебаний сместился вверх от исходного уровня, уменьшился сдвиг во время деятельности,

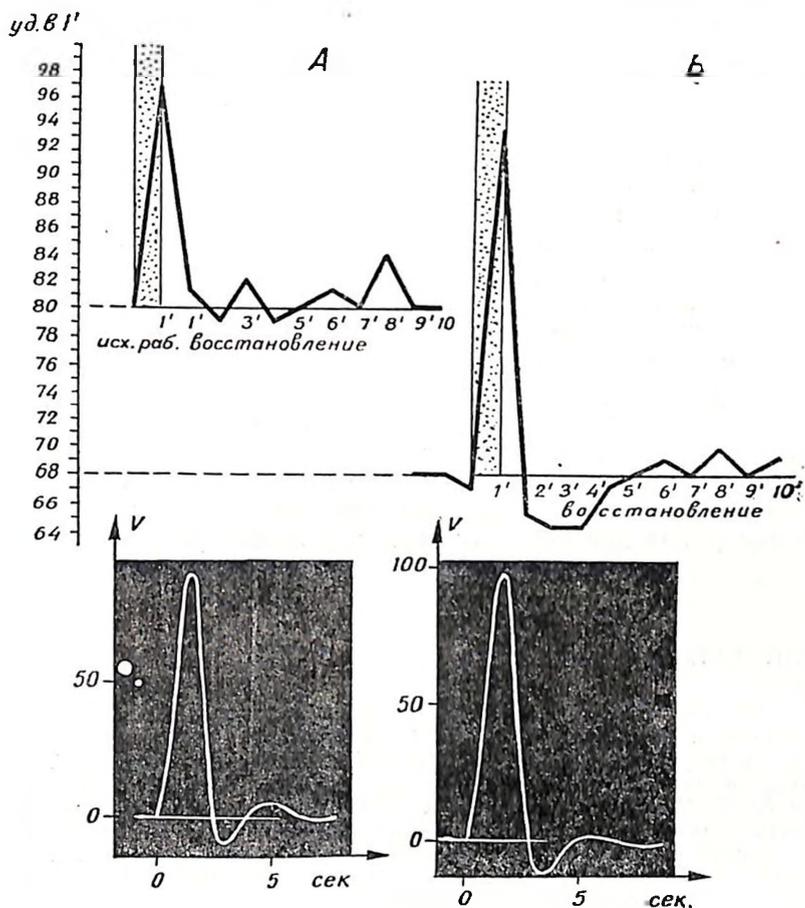


Рис. 3. Влияние оринда на кривую изменения частоты сокращений сердца при стандартной физической нагрузке в машинном эксперименте (внизу) и при физиологическом исследовании у исп. К-ко, 21 года (вверху).

А — без оринда; Б — после введения оринда.

увеличилось время первичного и полного восстановления. Под влиянием атропина I тип реакции изменился и стал сходен со II типом.

На рис. 3 представлены изменения модельных кривых при уменьшении на модели коэффициентов K_{14} и K_{12} , отражающих симпатические влияния, и кривые, полученные в физиологи-

ческом эксперименте при введении аденолитика орнида. Модельные кривые I типа изменились следующим образом: больше выражена отрицательная фаза, более затянут период восстановления, сдвиг во время деятельности несколько увеличился. В проведенных контрольных исследованиях на 15 молодых испытуемых однократное введение 50 мг орнида приводило к аналогичным изменениям: уменьшилось время первичного достижения исходного уровня, увеличилась глубина отрицательной фазы, величина перерегулирования получила отрицательное значение. Тип кривой изменился под влиянием атропина и стал сходен с III типом.

Ранее мы показали, что II и III тип кривых характерен для людей пожилого возраста. Кривые, близкие II и III типам, мы смогли получить и у молодых при введении холино-аденолитиков. Следовательно, возрастные изменения характера кривой на стандартную физическую нагрузку во многом обусловлены изменениями экстракардиальной регуляции сердечной деятельности.

Сопоставление данных математического моделирования и итогов физиологических исследований подтверждает положение о характере описываемых возрастных изменений в разных звеньях нейрогуморальной регуляции в механизме изменения ритма деятельности сердца у людей разного возраста.

ЛИТЕРАТУРА

- Безруков В. В.* Тез. VIII научн. конф. по возрастн. морфологии, физиологии и биохимии, М., 28, 1967. *Верхратский Н. С.* В сб.: Головной мозг и регуляция функций, К., 206—207, 1963. *Верхратский Н. С.* В кн.: Конференция венгерских геронтологов, Будапешт, 271—275, 1965. *Дупленко Ю. К.* Механизмы старения, К., 184—193, 1963. *Дупленко Ю. К.* Возрастные особенности влияния гипоталамуса на деятельность сердечно-сосудистой системы, (личное сообщение), 1967. *Зацюрский В. М., Саранин С. К.* Биофизика, т. XI, в. V, 894—901, 1966. *Идлис А. А.* Функции и холинэргическая регуляция миокарда при нарушении гликолиза и сопряжения фосфорилирования с дыханием в сердце животных разного возраста. Автореф. канд. дисс., 1968. *Климова-Черкасова В. И.* Физиол. журнал СССР, т. 50, 8, 1008—1016, 1964. *Михалева О. А.* В кн.: Материалы по эволюционной физиологии. *Танин С. А.* Матер. симпоз., «Нейрогуморальная регуляция в онтогенезе», Киев, 1964. *Танин С. А.* В сб.: Регуляция функций в различные возрастные периоды, 200—211, 1966. *Черниговский В. Н.* Интерорецепторы, М., 1960. *Фролькис В. В.* Приспособительные возможности стареющего организма. Киев, 11—41, 1968. *Фролькис В. В., Шеголева И. В.* В сб.: Материалы VIII научной конф. по возрастной морфологии, физиологии и биохимии, 453—454, 1967. *Ясиновская Ф. П.* Докл. АН СССР, т. 173, 1, 237—241, 1967. *Ясиновская Ф. П.* В кн.: Саморегуляция сердца, Тезисы докл. симпоз., М., 40—43, 1967. *Danziger D., Almergreen G. Z.* Bull. Math. Biophysics, 19, 9—18, 1957. *Defares J., Osborn J., Hara H.* Bull. Math. Bioph. v. 25 special issue, 1965. *Clynes J.* Appl. Physiol., 15, 86, 1960. *Pater I.* Электрический аналог сердечно-сосудистой системы человека. Нидерланды, 1966. *Рашевски Н.*

Некоторые медицинские аспекты математической биологии. М., 1966. *Rashmer R. F., Smith O. A.* Physiological Reviews, 39, 1, 41—69, 1959. *Roston S.* Ann. N. Y. Acad. Sci., 96, 1962. *Sarnoff S. J., Mitchell J. H.* Amer. J. of Med., 747—771, 1961. *Worner.* Physiological dictionary, Part II, vol. 3, 1965.

INVESTIGATION OF AGE-CONDITIONED PECULIARITIES OF THE REGULATION OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM FUNCTION DURING MUSCULAR ACTIVITY BY THE METHODS OF MATHEMATICAL SIMULATION

S. F. GOLOVCHENKO, P. V. VASILIK

*Institute of Gerontology of the Academy of Medical Sciences
of the USSR, Kiev
Institute of Cybernetics of the Academy of Sciences
of the USSR, Kiev*

A mathematical model is obtained, consisting of a system of four differential equations of the first order, which reflects the process of regulation of the heart beat during temporary physical load in people of various age. The model reflects the neural and hormonal circuits of regulation. The parameters of the model were found as a result of comparing its reference data with those obtained in the experiment.

The model was investigated by acting on various links of regulation both on the model (change in some coefficients) and on the experimental subjects (injecting atropine and ornide) and comparing the results.



ГИПОКИНЕЗИЯ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ
НА СТАРЕЮЩИЙ ОРГАНИЗМ

ВЛИЯНИЕ ДВИГАТЕЛЬНОГО РЕЖИМА НА НЕКОТОРЫЕ ФУНКЦИИ ОРГАНИЗМА ПОЖИЛЫХ И СТАРЫХ ЛЮДЕЙ

Д. Ф. ЧЕБОТАРЕВ, О. В. КОРКУШКО, Е. Г. КАЛИНОВСКАЯ

Институт геронтологии АМН СССР, Киев

Современному уровню развития знаний в области геронтологии соответствует представление о старении как о процессе сложной перестройки и приспособления организма, включающей как элементы инволюции, так и элементы активной адаптации и компенсации (Д. Ф. Чеботарев, В. В. Фролькис, С. И. Фудель-Осипова, 1962; Д. Ф. Чеботарев, 1963, 1965, 1966, 1967, 1968; Д. Ф. Чеботарев, О. В. Коркушко, 1965, 1966, 1968; В. В. Фролькис, 1964, 1965, 1966, 1967, 1968; Н. Б. Маньковский, 1965, 1966, 1967, 1968 и др.). Подобное представление о старении теоретически обосновывает принципиальную возможность успешного регулирования жизнедеятельности стареющего организма, что нашло свое практическое подтверждение в результатах многочисленных наблюдений. В плане изыскания действенных методов и средств повышения функций стареющего организма особого внимания заслуживает мышечная деятельность, которая, согласно последним достижениям физиологии движений, представляет собой источник мощных стимулирующих влияний на обмен веществ и деятельность важнейших функциональных систем организма (Р. Е. Мотылянская, 1956, 1965, 1966, 1968; А. А. Савельев, 1959, 1963; А. В. Коробков, 1962, 1963; И. В. Муравов, 1962, 1963, 1965, 1966, 1967, 1968; И. Д. Суркина, 1962, 1963; В. В. Фролькис, 1964, 1965, 1967, 1968; Д. Ф. Чеботарев, О. В. Коркушко и др., 1967, 1968; К. Т. Соколов, 1968; Н. Б. Маньковский и др., 1963; Д. Матеев, 1968 и др.).

В аспекте этих воззрений наблюдаемое в старости сокращение диапазона и объема движений и связанной с ним интенсивности мышечной деятельности само по себе на поздних этапах онтогенеза может явиться одним из звеньев в цепи факторов, способствующих преждевременному старению организма. Поэтому изучение влияния мышечной активности на функциональное состояние стареющего человека имеет два интересных и важных аспекта — теоретический, вскрывающий определенные закономерности старения, и практический,

намечающий действенные пути профилактики и лечения преждевременного старения.

Группой сотрудников отделения возрастных изменений внутренних органов и лаборатории функциональной диагностики института проведено изучение влияния мышечной деятельности на некоторые обменные процессы и функции отдельных систем практически здоровых людей старшего возраста при помощи двух методических приемов — ограничения и повышения мышечной активности. Настоящее сообщение посвящено изложению основных результатов исследования некоторых показателей окислительно-восстановительных процессов и функций ряда внутренних органов у 22 практически здоровых, стареющих приблизительно по физиологическому типу людей пожилого и старческого возраста, находящихся в течение шести дней на строгом режиме ограниченной двигательной активности. По условиям проведенного клинического эксперимента, кроме резкого сокращения объема мышечной деятельности, режим подвергшихся наблюдению ничем не отличался от обычного стационарного. Испытуемый укладывался на 6 суток в постель. В течение дня он, как правило, бодрствовал: читал литературу, слушал музыку, беседовал с соседями по палате. В часы дневного отдыха и после отбоя — спал. Прием пищи и все физиологические отправления совершались в постели, в положении лежа. Контроль за строгим соблюдением предписанного режима осуществлялся как дежурным медицинским персоналом, так и при помощи специальных регистрирующих движения устройств.

Анализ полученных в ходе описанного эксперимента материалов убеждает в том, что в условиях ограничения движений — при гипокинезии — в стареющем организме очень быстро развивается ряд серьезных нарушений.

Так, уже данные общеклинического изучения находившихся на режиме гипокинезии говорят о том, что в ближайшие два-три дня пребывания их в постели наступало закономерное ухудшение субъективного состояния. Как правило, в указанные сроки возникало ощущение какого-то дискомфорта: появлялись апатия, чувство безразличия, отрешенности от всего происходящего вокруг. В других случаях нарастало ощущение немотивированной внутренней тревоги, напряжения. Нередко присоединялись сонливость или, наоборот, бессонница. Обычно исчезал аппетит, у отдельных пациентов возникали неприятные ощущения в голове, в области сердца, в конечностях. Состояние указанного дискомфорта с течением времени усиливалось и к концу заданного срока пребывания в постели люди, бывшие практически здоровыми к началу эксперимента, чувствовали себя разбитыми и больными. Последующий момент перехода от гиподинамического режима к обычному привычному режиму сопровождался еще более

тягостными ощущениями и проявлениями. Резкая общая слабость, быстрая утомляемость, скованность во всем теле, неловкость при движениях, боль в икроножных мышцах, головокружение, пошатывания, сердцебиение, одышка, частое развитие ортостатических коллапсов — вот вся гамма субъективных и объективных показателей, характеризующих недельный, а иногда и двухнедельный восстановительный период после шестидневной гипокинезии.

Дальнейшее углубленное изучение ряда показателей у подвергшихся исследованию не только подтвердило предварительные клинические наблюдения, но и вскрыло физиологический смысл отмеченных явлений.

Так, изучение влияния гиподинамии на некоторые стороны окислительно-восстановительных процессов у людей пожилого и старческого возраста, проведенное методом определения вakat-кислорода крови и мочи, установило четкое закономерное снижение в связи с ограничением двигательной активности интенсивности и качества этих процессов. Как показали выполненные наблюдения, после шестидневного режима гиподинамии у подвергшихся эксперименту наступило абсолютное увеличение недоокисленных продуктов как в крови, так и в моче, что выразилось в повышении средних уровней вakat-кислорода в крови и в суточном количестве мочи (рис. 1). В соответствии с отмеченными сдвигами заметно возрос и коэффициент недоокисления, составляющий 1,4 против исходного 1,1. Чрезвычайный интерес представляет в этом плане и отмеченный факт повышения в моче у обследованных после гиподинамии содержания безбелкового азота (рис. 1). Последнее обстоятельство является серьезным основанием полагать, что ограничение мышечной активности уменьшает и без того пониженную с возрастом способность организма к утилизации белка для пластических нужд. Эти данные находятся в полном соответствии с данными ряда исследователей (Р. В. Чаговец, 1957; П. З. Гудзь, 1963; А. Г. Жданова, 1965 и др.), показавших, что под влиянием гиподинамии обмен веществ, в частности в мышечной ткани, приобретает атрофическую направленность, при которой распад белков не компенсируется их синтезом.

Таким образом, оценка динамики валовых показателей состояния окислительно-восстановительных процессов и некоторых показателей обмена веществ с несомненностью говорит о том, что ограничение мышечной деятельности у людей старших возрастов сопровождается серьезными извращениями межуточного обмена. Согласно результатам выполненных методом спирографии исследований функции внешнего дыхания, шестидневная гипокинезия ухудшает у людей пожилого и старческого возраста и функцию внешнего дыхания. Наблюдавшееся ухудшение функции внешнего дыхания обусловлено

в основном нарушении внутрибронхиальной проводимости, ухудшением равномерности вентиляции легких, что становится понятным, если учесть возрастные особенности функциональных и структурных изменений аппарата дыхания, способствующие бронхоспазмам, образованию участков субателектазов и ателектазов. Так, согласно данным этой серии наблюдений, время наступления равномерности вентиляции

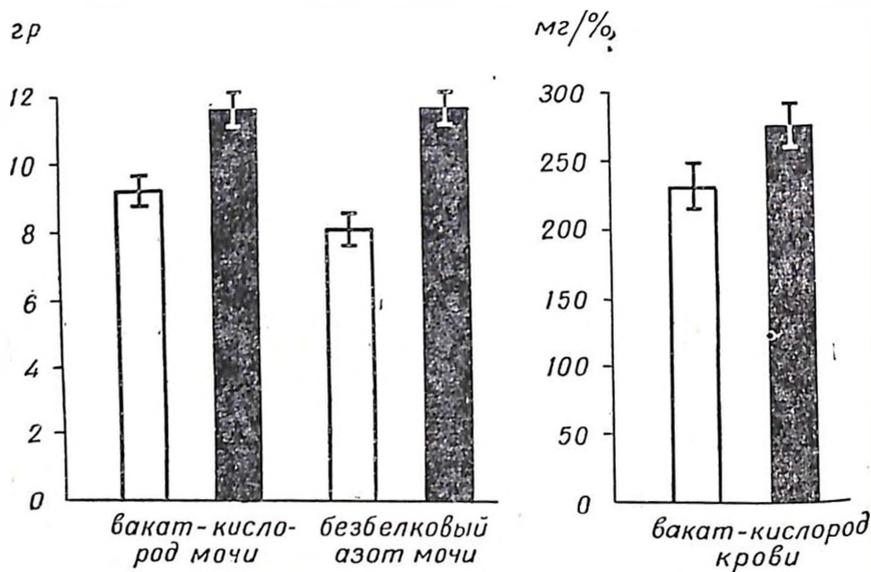


Рис. 1. Изменение некоторых показателей, характеризующих окислительные процессы в организме, в связи с гиподинамией.

О б о з н а ч е н и я: белые столбики — до гиподинамии; черные — после гиподинамии.

легких, определенное по гелиевому методу, после гиподинамии возросло в среднем примерно на 15—20% его начальной величины (рис. 2). Форсированная жизненная емкость за секунду, выраженная в процентах (проба Тиффно), снизилась с 68,5 до 64,1. Статистически достоверно увеличились емкость вдоха и добавочный воздух. Подобное перераспределение объемов в структуре жизненной емкости по отношению к общей емкости легких, надо думать, является компенсаторно-приспособительной реакцией аппарата внешнего дыхания, направленной на сохранение постоянства соотношения между функциональной остаточной емкостью легких и емкостью вдоха, то есть направленной на обеспечение оптимальных условий вентиляции. Такой же приспособительной реакцией следует считать и увеличение в этих условиях минутной вентиляции легких за счет повышения частоты дыхания при неизменной глубине его. Однако, несмотря на включение аппа-

ратом внешнего дыхания ряда компенсаторных механизмов, у большинства обследованных гиподинамия привела к усилению кислородной задолженности, что и было выявлено про-

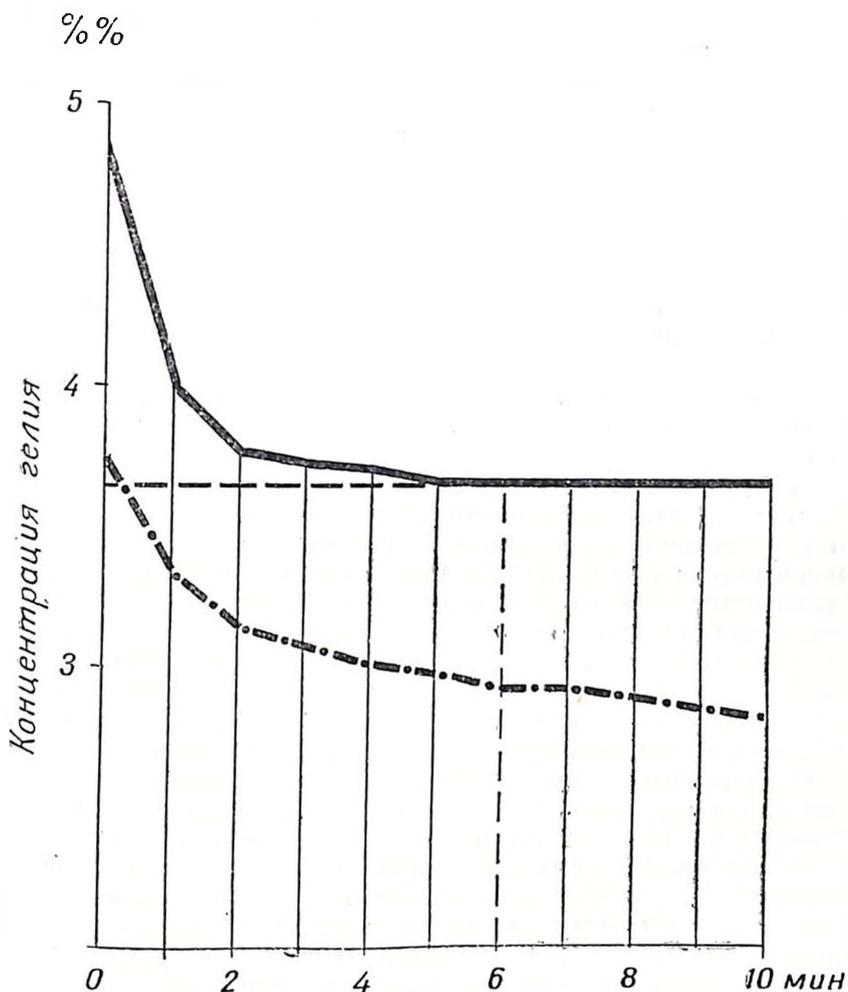


Рис. 2. Характеристика времени наступления равномерности вентиляции легких под влиянием гиподинамии у мужчины 84 лет.

Обозначения: сплошная линия — до гиподинамии; штрихпунктирная — после гиподинамии.

бой А. Г. Дембо с вдыханием воздуха при последующем переходе на дыхание кислородом. О несовершенстве механизмов компенсации, возникающих в аппарате внешнего дыхания, о неэкономичности действия их при гиподинамии свидетельствуют также коэффициент использования кислоро-

да, который снизился после гипокинезии с 35,5 до 28,6, а также вентиляционный эквивалент, возросший при этом с 2,9 до 3,5.

Итак, приведенные факты в своей совокупности говорят о том, что ограничение двигательной активности, снижение интенсивности мышечной деятельности очень быстро вызывает в стареющем организме серьезную дезинтеграцию многих его функций, физиологический смысл которых мы и пытаемся объяснить. Современная физиология располагает уже достаточным запасом фундаментальных данных, подтверждающих мощное стимулирующее влияние мышечной деятельности на трофику всего организма. Нет, видимо, ни одной вегетативно-висцеральной функции, которая не подчинялась бы в той или иной мере моторно-висцеральной регуляции. Мышечная активность, являясь привычным физиологическим раздражителем, биологически детерминированной необходимостью для организма, ведет не только к расходованию, но параллельно и к возрастанию ресурсов его, к расширению диапазона потенциальных возможностей, к совершенствованию его регуляторных и адаптационных механизмов. С другой стороны, современная геронтология уже достаточно богата сведениями, позволяющими охарактеризовать стареющий организм, как организм с потенциально ограниченными резервами, как организм, хотя и обладающий определенным запасом регулирующих и компенсаторных приспособлений, однако явно несовершенных в сравнении с молодым организмом. Именно это ограничение функциональных возможностей, известное несовершенство адаптационных реакций старческого организма и делает жизненно важным и необходимым для него постоянные воздействия, тренирующие его регуляторные и приспособительные устройства. К числу таковых в первую очередь и должна быть отнесена мышечная деятельность. Вот почему в организме пожилого человека уже шестидневный режим гиподинамии вызывает столь выраженную неблагоприятную перестройку, в то время, как согласно литературным данным, у молодых людей подобные нарушения отмечаются только после двух, а то и трехнедельной гипокинезии. Поэтому нам представляется наиболее обоснованным трактовать наблюдавшиеся при гиподинамии нарушения как непосредственное следствие быстро развивающихся детренированности, ограничения подвижности, понижения экономичности действия регуляторных систем и адаптационных механизмов, и без того несовершенных у пожилого и старого человека. Высказанное положение мы стараемся доказать на примере изучения реакций сердечно-сосудистой системы. Изучение влияния гипокинезии на сердечно-сосудистую систему пожилого и старого человека проведено с помощью двух функциональных проб — ортостатической и про-

бы с дозированной физической нагрузкой. Такой подход к исследованию настоящего вопроса нам представлялся наиболее рациональным. Известно, что действительно силы земного притяжения подвержены все органы нашего тела, однако наиболее сильно гравитация сказывается на перемещении жидких сред организма, в частности, крови. В процессе филогенеза в организме возникла целая система физиологических приспособлений, которые быстро и четко при перемене положения тела восстанавливают нормальный уровень кровообращения. В настоящее время доказана важная регулирующая антигравитационная роль проприорецепторов. Вот почему так интересно было проверить действенность антигравитационных механизмов после гиподинамии. Ортостатическая проба наиболее полно удовлетворяла этим требованиям. Так, уже в процессе выполнения контрольных обследований после эксперимента было установлено, что шестидневный режим гипокинезии вызывает у людей старшего возраста разрегулирование антигравитационных механизмов, которое наиболее ярко проявилось в развитии обморочных состояний, возникающих в результате некомпенсированного оттока крови от мозга. Так, у пяти из двадцати обследованных при выполнении ортопробы после гиподинамии наблюдался ортостатический коллапс. Для иллюстрации сказанного приводим следующее наблюдение (рис. 3). Из представленного рисунка видно, что у 79-летнего мужчины отмечен после гипокинезии выраженный гиподинамический тип сдвига артериального давления крови с развитием острой сосудистой недостаточности, в связи с чем исследование пришлось прекратить. После принятия пациентом горизонтального положения и введения кордиамина, указанные явления были устранены. Дальнейшее изучение хронотропной функции сердца при ортостатическом раздражении подтвердило представление о том, что гиподинамия у пожилых и старых людей очень быстро приводит к выраженной детренированности физиологических механизмов приспособления. Как показали наши наблюдения, при перемене положения тела включение ортостатического рефлекса после гиподинамии заметно задерживалось. Так, учащение ритма сердечных сокращений даже к 10-й минуте ортостатической пробы продолжало нарастать, в то время как до гиподинамии максимальное учащение отмечено на первой, второй минуте. Подобное значительное удлинение времени перестройки кровообращения в связи с ортопробой несомненно свидетельствует о выраженном нарушении действительности, подвижности антигравитационных приспособительных механизмов, которые после гиподинамии оказываются несостоятельными у пожилых и старых людей быстро и четко нивелировать развивающиеся в связи с переменной положения тела сдвиги в сердечно-сосудистой системе.

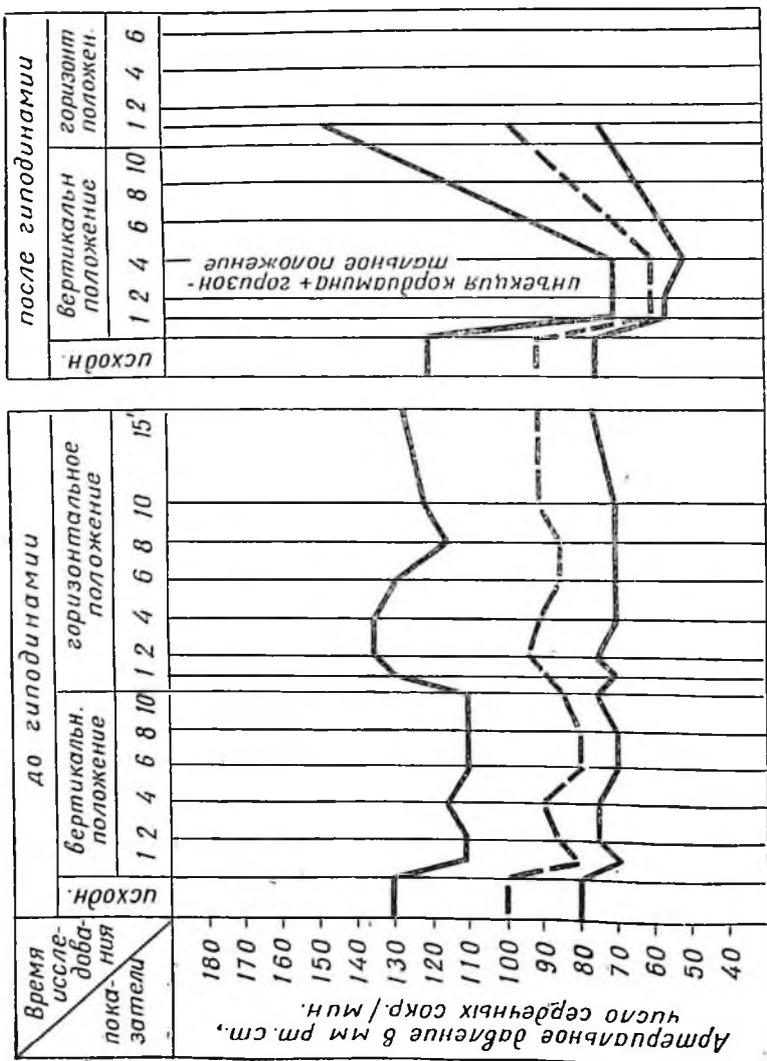


Рис. 3. Влияние гиподинамии на реактивность сердечно-сосудистой системы. Исп. Р-й 79 лет.

Обозначения: сплошная линия — максимальное и минимальное давление, прерывистая — среднее давление.

Так, по данным изучения хронотропной функции сердца применявшаяся стандартная физическая нагрузка после гиподинамии вызвала у испытуемых более выраженные и продолжительные сдвиги. Как показывают результаты исследований, одинаковый уровень минутного объема в ответ на стандартную нагрузку, после гиподинамии достигается в основном за счет учащения ритма сердечной деятельности, то есть мало эффективным, неэкономным путем. Об этом красноречиво свидетельствует и возрастающий после гиподинамии объем выполняемой левым желудочком работы в ответ на стандартную нагрузку.

Итак, приведенные материалы убеждают в том, что в формировании возникающих в различных органах и системах нарушений большая роль принадлежит наступающей в связи с гиподинамией детренированности и без того несовершенных в стареющем организме регуляторно-приспособительных механизмов.

О новом уровне функционирования регуляторно-адаптационных механизмов после гиподинамии свидетельствуют и данные, полученные при изучении реактивности симпатoadrenalовой системы. В ответ на одну и ту же стандартную физическую нагрузку после гипокинезии экскреция с мочой катехоламинов у наблюдавшихся значительно превышала исходный уровень (рис. 4).

Итак, результаты выполненных наблюдений убеждают в том, что мышечная деятельность является мощным стимулирующим фактором, влияющим на обменные процессы и функции организма, фактором, тренирующим регуляторные приспособления организма. Поэтому ограничение мышечной активности у людей старшего возраста приводит к детренированности, к разрегулированию и без того несовершенных адаптационных механизмов. В правильности сделанных выводов убеждают и результаты проведенных наблюдений о влиянии на стареющего человека рационально построенного активного двигательного режима. Согласно этим данным, активный двигательный режим повышает окислительно-восстановительные процессы, в частности тканевое дыхание, экономизирует функцию сердечно-сосудистой системы, системы внешнего дыхания и т. д.

Высказанные положения подтверждаются некоторыми фактами, полученными при исследовании 26 пожилых мужчин, выполнявших в стационаре в течение шести недель активный двигательный режим по специально разработанной программе. Согласно материалам этих наблюдений, прирост частоты сердечных сокращений, артериального кровяного давления на стандартную физическую нагрузку после курса лечения значительно уменьшился, восстановительный период реакции этих показателей сократился. О повышении функцио-

нальных возможностей сердечно-сосудистой системы после занятий активным двигательным режимом свидетельствуют и данные электрокардиографии. Согласно этим данным, после физической нагрузки в исходном состоянии к десятой минуте восстановительного периода нормализация векторкардиограммы наступила у 35% обследованных, после курса занятий — у 69%. К 15-й минуте пробы до занятий физически-

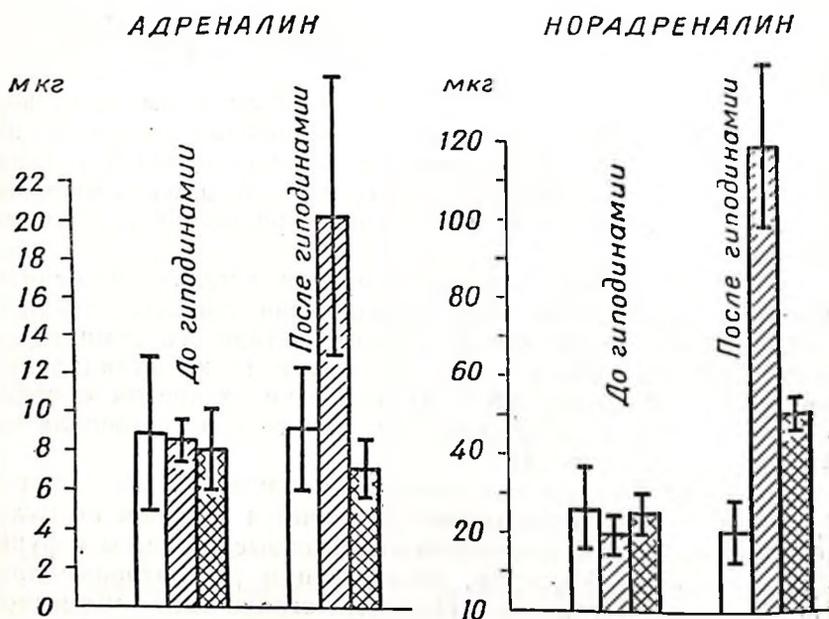


Рис. 4. Влияние гиподинамии на экскрецию катехоламинов.

Обозначения: белые столбики — фоновая экскреция; с косой штриховкой — в первые сутки после физической нагрузки; двойной штриховкой — на вторые сутки после физической нагрузки.

ми упражнениями не наступило нормализации показателей у 11% наблюдавшихся, после занятий — у всех обследованных показатели вернулись к исходному уровню. Таким образом, и эти данные свидетельствуют об ускорении восстановительного периода после активного двигательного режима. Более того, после лечения наблюдалось закономерное убыстрение темпа развертывания реакции, укорочение периода вработывания. Расширение диапазона функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы, улучшение сократительной способности миокарда у людей пожилого возраста под влиянием занятий активным двигательным режимом можно видеть на примере изучения минутного объема кровообращения. Так, в ответ на стандартную физическую

нагрузку прирост минутного объема на первой минуте восстановительного периода после физической тренировки заметно уменьшился. О наступившей после занятий экономизации в деятельности сердечно-сосудистой системы убедительно свидетельствует и уменьшение прироста работы левого желудочка на выполнение стандартной физической нагрузки. Эти факты хорошо подтверждаются и объясняются наблюдающимся после занятий активным двигательным режимом повышением сократительной функции сердца, так отчетливо проявляющимся в исчезновении после лечения существовавшей в исходном состоянии при физической нагрузке энергетически-динамической недостаточности, а также в уменьшении при этом расхождения между фактической и должной электрической систолой сердца.

Как показали наши наблюдения, занятия активным двигательным режимом расширяют функциональные возможности не только сердечно-сосудистой системы у людей старшего возраста. При этом повышается уровень деятельности аппарата внешнего дыхания, о чем свидетельствует укорочение времени наступления равномерности вентиляции легких, уменьшение признаков скрытой дыхательной недостаточности и т. д. В пользу приведенных фактов свидетельствуют и данные о повышении уровня окислительно-восстановительных процессов. Об этом также свидетельствует динамика напряжения кислорода в тканях при пробе с пережатием конечности. Так, после курса физической тренировки отмечалось укорочение латентного периода от начала пережатия до снижения уровня тканевого кислорода, несколько увеличивается темп снижения, то есть количество кислорода, потребляющегося за единицу времени при пережатии сосудов. Возрастает количества кислорода, потребляющегося за первую и первые две минуты при пережатии. Курс физической тренировки оказал влияние и на утилизацию избыточного количества кислорода в тканях, образовавшегося при дыхании кислородом. Потребление прироста напряжения кислорода в тканях начинается раньше и длится меньшее время. Ускоряется стабилизация кислородного насыщения артериальной крови после прекращения ингаляции кислорода. Таким образом, указанные выше показатели, отражающие повышение потребления кислорода тканями, свидетельствуют о стимуляции окислительных процессов в них под влиянием занятий активным двигательным режимом.

Наконец, изучение состояния свертывающей и противосвертывающей систем у систематически занимающихся физическими упражнениями установило увеличение в связи с активным двигательным режимом пластичности, действенности компенсаторно-приспособительных механизмов этих систем,

обеспечивающее больший, чем до лечения, запас прочности существующему динамическому равновесию в системе гемокоагуляции.

Таким образом, все приведенные данные подтверждают положение о том, что мышечная деятельность является мощным стимулирующим, регулирующим фактором, влияющим на функции и обменные процессы организма стареющего человека. Выключение или ослабление мышечной активности значительно быстрее, чем у молодого человека, приводит к разрегулированию, детренированности регуляторных и компенсаторно-приспособительных механизмов, и без того несовершенных с возрастом, к дезинтеграции ряда функций и обменных процессов. Поэтому в свете полученных результатов становятся понятными многочисленные клинические наблюдения, говорящие о частых и тяжелых осложнениях у людей старшего возраста, возникающих при тех или иных заболеваниях, способствующих ограничению мышечной активности (гипостатические пневмонии, тромбэмболические осложнения, левожелудочковая недостаточность, затяжное и осложненное послеоперационное течение и т. д.).

В целом выполненные исследования, с одной стороны, вскрывают важную патогенетическую роль так называемой возрастной гипокинезии в генезе преждевременного старения; с другой стороны, они открывают перспективные возможности с помощью рациональной мышечной активности направленно регулировать жизнедеятельность стареющего организма как в норме, так и при патологии.

ЛИТЕРАТУРА

- Гудзь П. З. Архив патологии, гистологии, эмбриологии, 7, 55—63, 1963. Жданова А. Г. Архив анатомии, гистологии и эмбриологии, 12, 29—33, 1965. Коробков А. В. В кн.: Проблемы космической биологии, М., 68—73, 1962. Коробков А. В. В кн.: Двигательный режим и старение, Киев, 53—55, 1963. Маньковский Н. Б., Минц А. Я. В кн.: Проблемы гериатрии в клинике нервных и психических заболеваний, Киев, 32—33, 1965. Маньковский Н. Б., Минц А. Я. In: 7th International Congress of Gerontology, Wien, 3, 1—4, 1966. Маньковский Н. Б., Минц А. Я. В кн.: Материалы IV съезда терапевтов Эстонской ССР, Тарту, 96—98, 1967. Маньковский Н. Б. В кн.: Лекарственная терапия в пожилом и старческом возрасте, Киев, 18—31, 1968. Маньковский Н. Б., Минц А. Я., Литовченко С. В., Белоног Р. П., В кн.: Мышечная деятельность и функции организма при старении, Киев, 92—93, 1968. Матеев Д. В кн.: Мышечная деятельность и функции организма при старении, Киев, 11—15, 1968. Мотылянская Р. Е. В кн.: Спорт и возраст, М., 1956. Мотылянская Р. Е. В кн.: Вопросы геронтологии и гериатрии, Л., 221—229, 1962. Мотылянская Р. Е. В кн.: Проблемы возрастной физиологии и патофизиологии сердечно-сосудистой системы. Материалы симпозиума, М., 93—99, 1966. Мотылянская Р. Е. В кн.: Мышечная деятельность и функции организма при старении, Киев, 94—97, 1968. Муравов И. В. Вопросы геронтологии

и герниатрии. Т. 2, Киев, 88—98, 1962. *Муравов И. В.* В кн.: Механизмы старения. Киев 355—366, 1963. *Муравов И. В.* Теория и практика физической культуры, 5, 31—37, 1964. *Муравов И. В.* В кн.: Физическая культура — источник долголетия. М., 142—153, 1968. *Муравов И. В.* В кн.: Проблемы возрастной физиологии и патофизиологии сердечно-сосудистой системы. М., 100—101, 1966. *Муравов И. В.* В кн.: Материалы Всесоюзной научной конференции по проблеме «Физическая культура и долголетие». Баку, 86—88, 167 *Муравов И. В.* В кн.: Мышечная деятельность и функции организма при старении. Киев, 5—8, 1968. *Савельев А. А.* В кн.: Спортивная медицина. Труды XII юбилейного международного конгресса спортивной медицины. М., 387—388, 1959. *Савельев А. А.* В кн.: Двигательный режим и старение. Киев, 87—88, 1963. *Соколов К. Т.* В кн.: Мышечная деятельность и функции организма при старении. Киев, 103—105, 1968. *Суркина И. Д.* В кн.: Вопросы геронтологии и герниатрии, т. 2. Киев, 404—412, 1962. *Суркина И. Д.* Особенности адаптации дыхания и кровообращения к физическим нагрузкам у пожилых людей (по данным легочного газообмена и электрокардиографии). Автореф. канд. дисс., М., 1963. *Фролькис В. В.* В кн.: Нейро-гуморальная регуляция в онтогенезе. Киев, 67—70, 1964. *Фролькис В. В.* В кн.: Активный отдых трудящихся. Днепропетровск, 134—136, 1964. *Фролькис В. В.* В кн.: International Conference of Gerontology, Budapest, 291—296, 1965. *Фролькис В. В.* В кн.: Физическая культура — источник долголетия. М., 24—39, 1965. *Фролькис В. В.* В кн.: Ведущие проблемы возрастной физиологии и биохимии. М., 247—278, 1966. *Фролькис В. В.* В кн.: Сердечно-сосудистая система при старении. М., 7—137, 1967. *Фролькис В. В.* В кн.: Материалы Всесоюзной научной конференции по проблеме «Физическая культура и долголетие». Баку, 135—136, 1967. *Фролькис В. В.* В кн.: Мышечная деятельность и функции организма при старении. Киев, 33—35, 1968. *Фролькис В. В.* В кн.: Приспособительные возможности стареющего организма, Киев, 11—44, 1968. *Чаговец Р. В.* В кн.: Труды Киевского института физической культуры. Выпуск 2, Киев, 105—109, 1957. *Чеботарев Д. Ф., Фролькис В. В., Фудель-Оситова С. И.* В кн.: Вопросы геронтологии и герниатрии, том 2. Киев, 7—19, 1962. *Чеботарев Д. Ф.* В кн.: Механизмы старения. Киев, 19—27, 1963. *Чеботарев Д. Ф., Коркушко О. В., Калиновская Е. Г., Токарь А. В., Штанько В. Н., Саркисов К. Г., Галака В. В.* В кн.: Проблемы герниатрии в клинике внутренних болезней. Киев, 73—79, 1965. *Чеботарев Д. Ф., Коркушко О. В.* В кн.: Материалы VII научной конференции по вопросам возрастной морфологии, физиологии и биохимии. М., 480—481, 1965. *Чеботарев Д. Ф.* В кн.: 7-th International Congress of Gerontology, Vienna, Austria, June 26—July 2, 1966, 2, 397—401, 1966. *Чеботарев Д. Ф., Коркушко О. В.* В кн.: Возрастная физиология и патофизиология сердечно-сосудистой системы. М., 147—149, 1966. *Чеботарев Д. Ф.* В кн.: Сердечно-сосудистая система при старении. М., 137—222, 1967. *Чеботарев Д. Ф.* В кн.: Материалы IV съезда терапевтов Эстонской ССР, Тарту, 69—72, 1967. *Чеботарев Д. Ф.* В кн.: Лекарственная терапия в пожилом и старческом возрасте. Киев, 5—18, 1968. *Чеботарев Д. Ф., Коркушко О. В.* В кн.: Приспособительные возможности стареющего организма. Киев, 159—177, 1968. *Чеботарев Д. Ф., Коркушко О. В., Калиновская Е. Г.* В кн.: Мышечная деятельность и функции организма при старении. Киев, 65—68, 1968.

EFFECT OF LIMITED MUSCULAR ACTIVITY ON THE STATE OF THE ORGANISM'S FUNCTION IN AN AGING PERSON

D. F. CHEBOTAREV, O. V. KORKUSHKO, E. G. KALINOVSKAYA

Institute of Gerontology of the Academy of Medical Sciences of the USSR, Kiev

A study of the effect of muscular activity on the functional state of the organism of an aging person was carried out with the aid of two procedures involving limited and elevated muscular activity. The level of the oxidation-reduction processes and of the functions of cardiovascular, respiratory and sympho-adrenal systems and kidneys was studied in 22 practically healthy elderly and old persons in connection with a six-day period of hypokinesia, and in 26 persons in connection with a six-week long rational active motor regimen. A considerable deterioration of the oxidation-reduction processes, a fall in the functional possibilities of the investigated systems, deregulation and detraining of their compensatory and adaptive mechanisms were noted after hypodynamy. After rational muscular activity, on the contrary, a favourable dynamics was noted in the investigated criteria.

МЕХАНИЗМЫ МОТОРНО-ВИСЦЕРАЛЬНОЙ ИНТЕГРАЦИИ И СТАРЕНИЕ ОРГАНИЗМА

М. Р. МОГЕНДОВИЧ

Медицинский институт, Пермь

Проблема нервной интеграции, поставленная Шеррингтоном, получила развитие в трудах И. П. Павлова (учение о динамическом стереотипе) и А. А. Ухтомского (принцип доминанты). Благодаря интеграции создается устойчивое единство организма в условиях громадной сложности и многообразия его функций на всех этапах онтогенеза.

Среди множества интегрируемых систем организма по своей сложности и биологической значимости выделяются две: локомоторная и вегетативная. Но их нервно-регуляторные механизмы настолько различны, что дало повод прежним, да и некоторым современным авторам, считать организм разделенным на анимальную и вегетативную части, якобы не связанные между собою. Однако произвольность вегетативной иннервации — это не автономность. Чтобы управлять вегетатикой нужно изучить особенности механизма ее регуляции. В скелетной мускулатуре регуляция возбуждения осуществляется по пуску в ход (то есть по мере возникшей работы), тогда как в висцеральной сфере регуляция возбуждения происходит по приходу энергии (А. А. Ухтомский).

Из этого положения вытекает, что мышечная и особенно нервная система являются биологическими аккумуляторами энергии. В дальнейшем мы вывели отсюда принцип кинезофилии. Мы назвали кинезофилией тот нейрофизиологический механизм, который обеспечивает активность моторики как системной основы или стержня интеграции. Такое утверждение может показаться на первый взгляд странным: ведь не все время организм находится в движении. И все же ведущим является движение, а не покой. Да и покой ведь относителен. Недаром современную физиологию часто называют физиологией активности. Во всяком случае, скелетная мускулатура своей сократительной и тонической деятельностью определяет уровень вегетативных функций. Обратные влияния гораздо менее значительны.

Кинезофилия — это врожденная потребность в движении. В огромной области явлений поведения, изучавшихся на протяжении многих столетий под названием инстинктов, роль

кинезофилии игнорировалась и в числе основных потребностей или побуждений не упоминалась. Между тем, только исходя из представления о биологической ценности кинезофилии становится понятным, например, происхождение гипокинезического синдрома как результата дефицита проприоцепции. Выключение этой афферентации дезорганизует весь организм на всех его уровнях — от клеточного до целостного.

Кинезофилия свойственна всему животному миру, так как связана с эволюционным процессом. Известно, что нервная система прodelывала свою эволюцию одновременно и в тесной связи с иннервируемыми органами, в первую очередь, с органами локомоции. Чем сложнее органы движения животного, тем сложнее и дифференцированное его нервная система. Переход от непосредственных реакций на воздействия среды к все более опосредованным нервной системой приводит к возрастанию относительной независимости и активности организмов. Связанная с развитием нервной системы в филогенезе, кинезофилия представляет собой одно из важнейших эволюционных достижений и явилась биологической предпосылкой антропогенеза. Тем самым кинезофилия определила основную функциональную структуру и ведущий механизм интеграции всего организма.

Учение о кинезофилии пришло на смену «принципу пассивности», когда рефлекс рассматривался как акт, направленный преимущественно на удаление раздражителя. Возражая против такого ограниченного понимания рефлекса, А. А. Ухтомский писал: «Мы никогда биологически не могли бы понять даже самой возможности развития высокоорганизованной рецептивной сферы — появления высших органов чувств, если бы мы допустили однажды, что рефлекторный аппарат раз и навсегда, принципиально только ограждает организм от внешних раздражителей, только старается удалить внешние раздражители от организма». И далее А. А. Ухтомский говорит: «К нашему счастью, поведение может быть направлено в сторону наибольшего сопротивления, когда это нужно».

Нам кажется, что И. П. Павлов держался аналогичной точки зрения, когда писал о «рефлексе цели» и «рефлексе свободы», наблюдаемых даже у животных. Бодрствующий мозг обладает внутренним побудителем к разнообразным движениям, а не только вынужденными оборонительными реакциями. Под влиянием внешних условий существования, кинезофилия из органической потребности в разрядке энергии превращается в целенаправленное поведение.

Активность поведения стала возможной именно благодаря мощному развитию кинезофилии. Одним из узловых моментов биологического становления человека был переход от ведущей роли естественного отбора к ведущей роли моторной

активности антропидов и к возникновению первичных, элементарных форм труда. Вместе с расширяющейся и усложняющейся трудовой деятельностью исторически развивался мозг человека как структурно, так и функционально. Щедрость природы человека — в избытке нервных клеток, составляющих центральную нервную систему, и в постоянном высоком энергетическом потенциале их. Современный человек остается предназначенным не только для умственной но и для физической деятельности, которая является его важнейшей потребностью. Кинезофилия проявляется как в высшей нервной деятельности (поведение, психика), так и в низшей нервной деятельности (межсистемное согласование органов).

Субъективным выражением кинезофилии является «мышечная радость» (И. П. Павлов), то есть эмоциональный подъем, основанный на проприоцепции.

Структурной основой кинезофилии следует считать главным образом подкорковые центры, гипоталамус, ретикулярную формацию ствола мозга и более древние отделы мозговой коры. В целом кора не только контролирует активность, но и создает ее. Следует учитывать, что по данным ряда авторов, моторный анализатор у человека занимает гораздо большую область коры, чем это принято думать (Л. А. Кукуев, Г. И. Поляков).

Отношения между корой и подкоркой весьма сложны. Они могут быть взаимно-стимулирующими, и взаимно-тормозящими. Несомненна роль кольцевых проприоцептивных циклов в мозгу, в частности, «круга Папеца». Но гипотеза Папеца имеет тот недостаток, что она игнорирует роль новой коры в этом механизме. Таким образом, кинезофилию следует рассматривать как интегральный результат деятельности почти всех уровней головного мозга, то есть созвездия центров коры и подкорки. Однако «главный импульс для деятельности коры исходит из подкорки» (И. П. Павлов). Одним из доказательств роли ретикулярной формации мозгового ствола в кинезофилии является то, что аминазин, угнетая эту нервную формацию, оказывает тормозящее действие на все виды двигательной активности.

За последние годы разработано явление рефлекторной саморегуляции моторного аппарата посредством гамма-эффферентов, (Гранит). Впрочем, школа Л. А. Орбели еще в предвоенные годы доказала это в отношении адаптационного влияния симпатикуса на проприоцепторы.

В геронтологическом аспекте кинезофилия определяется тем, что проприоцепция стимулирует нервно-психическую активность, а последняя, в свою очередь, способствует повышению интенсивности кинезофилии. Вместе с усилением последней вновь возрастает (по типу цепного рефлекса) проприоцептивная импульсация, и этим повышается тонус мотор-

ных центров. Так осуществляется кольцевая саморегуляция мышц, являющаяся одним из звеньев аппарата кинезофилии: Подобно тому, как существуют «болезни обратной связи» в системе рефлекторной регуляции органов, так и при старении одним из первых страдает механизм обратной афферентации в моторной и вегетативной сферах организма.

В длительном процессе антропогенеза наиболее высокого развития достигли органы, непосредственно связанные с трудовой деятельностью, — прежде всего это мозг и мышцы. Вегетативные же органы человека не отличаются существенно от органов высших животных, они остаются регуляторно произвольными. Поэтому иннервация внутренних органов сохранила более примитивную организацию, а развивался главным образом ведущий аппарат — нервно-мышечный. Так возник примат моторики в рефлекторном взаимодействии систем организма.

Очень важное проявление кинезофилии заключается в регуляции вегетатики, то есть в механизме моторно-висцеральных рефлексов, ставших в последние годы объектом многочисленных исследований не только физиологов, но и патофизиологов и клиницистов разных специальностей. Я не могу сейчас излагать подробно эти исследования. Скажу лишь, что разнообразные опыты, сделанные на животных, массовые исследования спортсменов, а также ряд клинко-физиологических наблюдений с несомненностью установили закономерную связь между моторикой и вегетатикой. Эта связь имеет рефлекторный характер и основана на проприоцептивной афферентации, в ведущем отношении она состоит из моторно-висцеральных рефлексов. Таким образом, ключ к управлению всей глубинной вегетатикой — в моторике.

На основании накопленных нашей лабораторией материалов, можно говорить о направленности изменений моторно-висцеральных рефлексов при старении. Так, работами Б. М. Дацковского показано, что потоотделение служит не только терморегуляторной функцией. Существует «потоотделение напряжения» как рефлекс с проприоцепторов на потовые железы, что особенно выявляется на подушечках пальцев руки. Это потоотделение относится к группе моторно-кожных рефлексов. Оказывается, что как потоотделение покоя, так и потоотделение напряжения (получаемое при легкой динамической работе и при ортостатической пробе) по мере старения уменьшаются. Уменьшается ли при этом терморегуляционное потоотделение — мы не знаем.

По клинко-физиологическим исследованиям М. Ф. Болотовой, изучавшей сдвиги в сердечно-сосудистой системе при статическом напряжении руки, максимальное давление и частота сердечных сокращений у пожилых повышаются больше, чем у молодых. Проведенное ею же измерение темпера-

туры кожи предплечья показало, что с возрастом исходная температура понижается. При статической работе другой руки температура кожи повышается, но величина этого сдвига с возрастом становится все меньше. Мы полагаем, что возрастное снижение сосудистых реакций кожи при мышечной пробе лишь частично связано с органическими изменениями сосудистой стенки; в большей степени оно определяется функциональным состоянием сосудодвигательных центров и изменением их чувствительности к проприоцептивным импульсам (моторно-васкулярный рефлекс).

Наши опыты на поворотном столе, посредством которого человеку можно пассивно придавать любое положение в пространстве, показали, что в наклонном положении на 30° головой вверх частота сердечных сокращений (по данным электрокардиографии) увеличивается тем больше, чем старше испытуемые. Напомню, что по данным С. М. Духовичного, сдвиги артериального давления при активной ортостатической пробе у пожилых людей выражены несколько сильнее, чем у молодых, а степень учащения пульса у пожилых при этой пробе меньше. Различие полученных результатов объясняется тем, что в наших опытах перемещение испытуемых было пассивным, а в опытах Духовичного — активным.

По исследованиям М. Д. Берг, прирост скорости распространения пульсовой волны на артериях ног в наклонной позе головой вверх (на 30°) у пожилых несколько больше, чем у молодых. Противоположный наклон то есть головой вниз, приводит к снижению скорости пульсовой волны. Цифры снижения имеют с возрастом тенденцию к увеличению. Далее, измерение времени кровотока на участке «легкие — ухо» при горизонтальном положении обнаружило, что этот показатель изменяется с возрастом в сторону увеличения, то есть скорость кровотока уменьшается. Все эти явления мы трактуем как позно-вегетативные реакции. Интересны также данные М. Берг об иллюзии положения. Она заключается в том, что при переводе человека из наклонного положения головой вверх в горизонтальное, появляется иллюзия положения тела головой вниз. Длительность этой иллюзии с возрастом укорачивается.

Последние исследования нашей лаборатории касаются вопроса о влиянии двигательного режима на состояние моторно-висцеральной регуляции у лиц физического и умственного труда старше 60 лет. Одни из них находились в доме для престарелых, где обеспечивались полным обслуживанием, то есть в условиях минимальной двигательной активности (гипокинезии), другие — в доме ветеранов труда с самообслуживанием, то есть имевших какой-то двигательный режим. Комплексно обследовались сердечно-сосудистая, дыхательная и мышечная системы с применением ортостатической пробы,

пробы с 10 приседаниями и пробы подъема на носки (В. А. Шуров).

Результаты показали лучшее функциональное состояние сердечно-сосудистой системы у лиц физического труда. В условиях относительной гипокинезии особенно быстро сдает в старости сердце работников умственного труда. Прирост скорости пульсовой волны по артериям ног при ортостатической пробе значительно больше у лиц, занимавшихся прежде физическим трудом. Но с возрастом и у них снижается (в 60—69 лет прирост скорости составляет 86%, а в 80—89 лет — лишь 39%). Проба с приседаниями вызывает больший прирост скорости у лиц, занимавшихся умственным трудом. Ортостатическая проба вызывает большие сдвиги тонуса артерий у лиц физического труда, а динамическая нагрузка — приседания — у лиц умственного труда. Представляет интерес различие этого показателя на сосудах рук и ног у лиц умственного и физического труда в зависимости от двигательного режима, но изложение всех данных потребовало бы отдельного сообщения.

Любое приспособление внутренних органов к моторике тоже является интеграцией, возникающей на ходу деятельности, то есть в процессе физической работы. И как всякая сложная интеграция, она относительно легко расстраивается, и тогда возникает дезинтеграция моторно-висцеральной регуляции. При всяком ослаблении коры (в том числе старческом) деятельность подкорки становится хаотической, вследствие чего нарушается регуляция вегетатики и последняя выходит из под контроля коры.

Одним из проявлений старческих изменений моторно-висцеральных рефлексов становится нарушение соотношения прессорных и депрессорных механизмов регуляции гемодинамики. Некоторые авторы считают якобы универсальным правилом, что депрессорные механизмы потенциально всегда сильнее прессорных. Однако Кэннон, Орбели, Гельгорн, Ро-син указывают на обратное соотношение — симпатикус пре-валирует над парасимпатикусом. Детальные исследования локализации прессорных и депрессорных точек в пределах ретикулярной формации мозгового ствола, проведенные в последнее время, показали явное преобладание прессорных реакций. В противном случае организм находился бы в состоянии «вечного гомеостаза» или покоя. Реализация кинезофилии обязательно сопровождается повышенной деятельностью симпато-адреналовой системы и активизацией эрготропного отдела гипоталамуса. Ясно, что в стареющем организме вместе с снижением кинезофилии должен падать и тонус симпатикуса.

Интересно также, что существенное значение имеет не только локализация, но и характер раздражения. Например,

электрическое раздражение низкой частотой вызывает парасимпатические эффекты, а раздражение той же точки мозга высокой частотой дает симпатические реакции. Так как с возрастом меняется лабильность нервных образований, то, естественно, изменяется и соотношение симпатических и парасимпатических реакций в моторно-висцеральной регуляции; в частности могут возникать инверсные реакции, наблюдающиеся у стариков (например, брадикардия при мышечном напряжении). Или возникают одновременно симпатические и парасимпатические реакции, а так как обычно они являются антагонистическими, то конечный эффект может быть незначительным или даже нулевым. Во всех этих случаях имеет место дезинтеграция моторно-висцеральных рефлексов.

Дезинтеграция эта может выражаться: а) в ослаблении моторно-висцеральных связей; б) в чрезмерном усилении их; в) в извращении вегетативных реакций (инверсия). Все эти явления патогенетически бывают связаны с старческой астенией, а также с детренированностью регуляции как следствием гипокинезии. Так возникает порочный круг: астения (мышечная слабость) приводит к гипокинезии, а последняя еще более ослабляет моторный аппарат. Вместе с тем падает и нервно-психический тонус вследствие дефицита проприоцепции, являющейся биологически мощным стимулятором центральной нервной системы. Этот порочный круг может быть разорван активным двигательным режимом (И. В. Муравов).

В чем проявляется возрастная динамика кинезофилии? Подобно другим основным биологическим свойствам, кинезофилия в течение жизни индивидуума нарастает, некоторое время держится на этом уровне, а затем начинается спад. Когда наступают эти переломные моменты в развитии кинезофилии?

У новорожденного ребенка ее еще нет, его нервно-мышечный аппарат пассивен. Впервые конфликт с внешней средой проявляется в грудном возрасте как противодействие фактору гравитации, когда формируются установочные антигравитационные рефлексy в виде поз сидя и стоя. Это уже активные состояния, в которых участвует центральная нервная система и моторный анализатор. На фоне позной статики совершенствуются и координируются движения рук и ног ребенка, возникает ходьба, в которой участвуют почти все мышцы тела. Постепенно усиливается общая моторная активность и на этой основе развертывается все физическое воспитание ребенка.

Таким образом, второе полугодие жизни ребенка представляет собой подготовительный в отношении локомоции период, в котором образуются статические (позные) рефлексy условно-безусловного характера. Одновременно возникает управление мышечным тонусом, необходимое для

формирования стояния и ходьбы. Это период организации антигравитационной функции скелетной мускулатуры. Ортогональный тип локомоции начинает развиваться в начале второго года, но достигает совершенства значительно позже.

Вместе с созреванием центральной нервной системы моторика ребенка становится все более сложной, сознательной и целенаправленной. Это проявляется в играх, а в последующем в элементах труда, спорта и самообслуживания. Большое значение для развития ребенка имеет подражание. А ведь оно тоже одно из проявлений кинезофилии.

Сложнее обстоит с вопросом: когда кинезофилия достигает максимальной интенсивности? Вероятно, проще всего это учитывать по скрытому периоду двигательной реакции руки. По данным Hodgkins (1962), скорость этой реакции возрастает до 19 лет и остается на этом уровне до 26 лет, а затем уменьшается. Другим показателем может быть кинестезия. Наш сотрудник И. Г. Беляев (1961), изучая развитие функций моторного анализатора установил, что наибольшее прогрессирование кинестетической рецепции происходит в младшем школьном возрасте; в среднем школьном возрасте темпы развития кинестезии замедляются и в 13—14 лет природ чувствительности в основном заканчивается. Это, конечно, не означает, что при специальной спортивной или профессиональной тренировке у взрослых людей не может происходить дальнейшее совершенствование кинестезии (Л. Б. Губман, 1956). Пластичность анализаторов моторики еще велика и в старости, если она тренируется.

Электроэнцефалографические данные показывают, что возрастное становление альфа-ритма заканчивается приблизительно к 11—12 годам. По материалам морфологов строение периферических нервных окончаний и коркового ядра моторного анализатора достигает полного развития в возрасте 14 лет (Л. А. Кукуев). Но развитие мышечной силы продолжается значительно дольше: поперечник мышечных волокон увеличивается от момента рождения до 25 лет в 4—9 раз (Л. К. Семенова).

В соответствии с этими данными находятся результаты биохимических исследований. Так, Margario (1966) при определении потребности человека в энергии для дозированной мышечной работы установил, что количество энергии, освобождаемой в результате расщепления фосфатов, возрастает до 18 лет, удерживается на этом уровне примерно до 32 лет, а затем начинает снижаться, уменьшаясь к 75 годам почти в два раза.

Приведу параллель из опытов на животных: у крыс максимум моторной активности, определяемой числом спонтанных ориентировочных реакций, достигается в возрасте 40—45 дней (И. Лат, 1966).

Вопрос этот еще только начал изучаться. По-видимому, разные стороны нервно-мышечной активности имеют неодинаковые темпы развития (гетерохронизм), поэтому устанавливать уровень кинезофилии по одному признаку невозможно.

Достигнув в молодости максимума, кинезофилия держится на этом уровне до какого-то возраста (вероятно, индивидуально варьирующего), а затем начинает ослабевать. И. М. Яблоновский (1963) обнаружил уменьшение скорости движений и упражнений на силу (по дальности броска медицинбола) уже после 40-летнего возраста.

По исследованиям А. В. Коробкова (1960) заключительным этапом развития моторной функции является возраст от 16—17 до 20—25 лет, а затем наступает период инволюции моторики. Р. Е. Мотылянская (1967) считает, что к 20 годам большинство функций достигает значительного, а в 20—35 лет — полного развития. Этап от 35 до 50 лет — период зрелости. По данным П. О. Макарова (1960), возбудимость и лабильность экстероцептивных анализаторов человека с момента рождения растет, достигает максимума к 20—25 годам, держится на этом уровне до 35—45 лет, после чего начинает падать.

Считается, что в возрасте 50—60 лет в умственной и эмоциональной сфере возникает некоторый спад: удлиняется скрытый период моторных реакций и повышается инерция движений. Однако если воля к труду и творчеству сохраняется и систематически тренируется, то этот спад идет замедленным темпом или его трудно обнаружить.

Во всяком случае, в течение жизни человека свойства моторики меняются довольно явственно; на этом основании говорят о «возрасте моторики». И может быть это и есть главный показатель физиологического возраста.

Учитывая возрастную динамику кинезофилии в среднем и особенно в пожилом возрасте, очень важно поддерживать моторную активность на должном уровне, чтобы не допустить возникновения гипокинезического синдрома. Ведь с гипокинезией ослабевают не только моторные, но и все другие функции организма, особенно нервная трофика, которая в старости и так недостаточна. Известно, например, что темп заживления ран зависит от возраста.

Так как кинезофилия падает с возрастом, то стимуляция дозированных и целенаправленных движений приобретает особое значение в геронтологии (И. В. Муравов и сотр.). Несомненно значение в поддержании кинезофилии проприоцептивной импульсации и положительных эмоций («мышечная радость»). Однако Селье считает любое мышечное напряжение стрессором, так как оно вызывает изнашивание организма. Селье пишет: «Быстрота изнашивания выше у активного

ребенка, чем у спокойного взрослого». Таким образом, точка зрения Селье полностью противоположна нашему представлению о кинезофилии как жизненной потребности ребенка и взрослого, лежащей в основе его роста и развития.

В связи с учением Селье находится еще одно заблуждение. Многие считают, что только избегая всяких волнений и обеспечивая себе вполне спокойное безоблачное существование человек может продлить свою жизнь. Но «вегетативный штиль» вовсе не является оптимальным состоянием организма. Нервная трофика как фактор активной старости на высоте лишь там, где сохранен тонус вегетативной нервной системы. Эмоциональный фонд личности определяет не только поведение, но и уровень жизнедеятельности всего организма, заряжая его энергией. Любопытно, что некоторые авторы относят и гравитацию к отрицательным экстремальным факторам, ускоряющим процесс старения организма.

Итак, в раннем возрасте механизмы регуляции еще не развиты, а в пожилом они ослаблены. Известно, что при старении инертность становится преобладающим свойством физиологических функций. В норме инертность механизма, регулирующего вегетативные системы организма, преодолевается проприоцепцией посредством моторно-висцеральных рефлексов. Если же моторный анализатор ослаблен гипокинезией, то он, естественно, не в состоянии управлять вегетатикой (что он обычно делает, навязывая повышенный ритм одним внутренним органам и затормаживая другие).

Снижение быстроты движений, их инертность связана с уменьшением функциональной лабильности нервных центров. Это снижение проявляется как в волевых, так и в рефлекторных движениях. Особенно замедлены сложные движения (брадикинезия).

Наряду с этим, у стариков иногда наблюдается суетливость и ускоренный темп движений. Это проявление того состояния центральной нервной системы, которое Н. Е. Введенский назвал истериозисом, а И. П. Павлов — раздражительной слабостью; оно — результат быстрой истощаемости центров. Подобное состояние наступает, по нашему мнению, и в результате гипокинезии, то есть при дефиците возбуждений проприоцепторов. Все разнообразные дефекты моторной координации в старости имеют преимущественно центральный генез, хотя не исключаются и местные факторы (в виде недостаточного кровоснабжения мышц).

В старости ослаблены оба центральных процесса — и возбуждение, и торможение. Поэтому одной из задач физической культуры в старости является не только усиление сократимости мышц посредством тренировки движений, но и тренировка их расслабления. Ригидность — довольно частое

явление. Тренировка произвольной релаксации — это важный дополнительный резерв накопления энергии стареющего организма. Таким образом, в кинезофилии сочетаются два полярных состояния мышечного аппарата — двигательная акция и релаксация.

Одно из благодетельных свойств стареющего организма — пожизненная сохранность моторной памяти. Освоенное умение держаться на воде, на велосипеде, на коньках невозможно забыть, как бы далеко ни зашла растренированность в нем. Деавтоматизации не наступает, — так прочно фиксирует кинестезия моторные навыки. Пользуясь этим свойством, важно поддерживать качества движений, характерные для молодости: быстроту и плавность, точность и координированность. Сочетание рациональности и красоты движений — высшее проявление моторики — может сохраняться или усваиваться и в старости (И. В. Муравов, З. Б. Миронова).

Следует также учесть, что стимулировать кинезофилию можно не только физическими упражнениями. Ряд внешних факторов, в частности, физиотерапевтических, повышающих тонус центральной нервной системы и мускулатуры, усиливают кинезофилию. Сюда относятся: воздействие холодом, некоторые методы электротерапии, раздражения органов чувств (ветерок, освежающий кожу, музыка, запах цветов, хорошее освещение, красивые виды природы и многое другое), а также смена обстановки, сопровождающаяся новыми впечатлениями и усилением ориентировочного рефлекса. Последний определяет направленность и интенсивность реакций организма в меняющихся условиях окружающей среды. С возрастом ориентировочный рефлекс ослабевает, что связано с понижением возбудимости центральной нервной системы и анализаторов. Повышение их возбудимости посредством новизны внешних раздражителей — один из способов стимуляции жизнедеятельности. Повышенная реактивность зрителей на стадионе — тоже прямой продукт кинезофилии.

Неустойчивость движений, шаткость походки, тремор — эти возрастные моторные дефекты возникают в результате нарушения проприоцептивной афферентации. Дело в том, что координация движений по своему механизму заключается в преодолении избыточных «степеней свободы» работающего органа, иными словами, превращение его в управляемую систему (А. А. Ухтомский). Эта координация основана на сигналах обратной связи, то есть на рефлекторной саморегуляции. Таким образом, не исполнительные органы (мышцы), а нервные центры повинны в старческой дискоординации моторики. Для корректирования человек использует тогда дополнительно экстероцепторы (зрительные, осязательные).

Выше мы говорили, что старение — это в значительной степени дезинтеграция моторно-висцеральных рефлексов. Повидимому, вопрос о реактивности вегетативной системы организма при старении не может быть решен без учета следующих положений современной неврологии:

1. Кинезофилия с возрастом падает, чем создается предрасположение к «гипокинезической болезни». Последняя характеризуется ослаблением ведущей роли моторики и ее афферентации в отношении вегетативных систем (прежде всего кровообращения и дыхания). Здесь особенно демонстративна дезинтеграция нервно-регуляторного аппарата. Поэтому борьба с гипокинезией чрезвычайно актуальна в геронтологии.

2. Известно, что при старении закономерно замедляются все вегетативно-трофические процессы. Однако А. А. Ухтомский указал на тот замечательный факт, что по мере онтогенетического развития и роста организма темпы и скорости вегетативных реакций снижаются, тогда как ритмы и скорости возбуждения в нервной системе увеличиваются. «Противоречие это, — пишет А. А. Ухтомский, — имеет тот смысл, что возрастание скоростей в области нервной лабильности должно возникать именно вследствие замедления в ходе общего метаболизма и рабочих темпов в вегетативной жизни». Поэтому ритм вегетативных процессов и ритм нервных реакций с возрастом будут расходиться и центральная нервная система вынуждена все больше навязывать свой, более высокий ритм, вегетативным органам. Таков один из механизмов субординации. Частным случаем его является проприоцептивная стимуляция вегетативных функций через гипоталамус, особенно его эрготропный отдел.

3. Возможен еще один механизм дезинтеграции. В результате нарушения уровня возбуждения и торможения в нервных центрах при старении легко возникает состояние истериозиса (по Введенскому). При этом центральная нервная система, хотя и обладает высокой раздражимостью, продуцирует лишь слабые импульсы возбуждения, неспособные к суммации; очаг истериозиса, в отличие от доминанты, не может влиять на другие нервные центры и, следовательно, теряет субординационные свойства. Особенно патогенным является то, что моторный центр, находящийся в состоянии истериозиса, перестает регулировать вегетатику. Вышедшая из под контроля коры вегетатика будет давать неустойчивые рефлексы — то чрезмерно усиленные, то резко ослабленные (что иногда и наблюдается у стариков).

В заключение следует заметить, что дезинтеграция физиологических функций как и нарушение нервной трофики, наблюдаемые при старении, не являются роковыми и необратимыми. Различные виды рефлекторной стимуляции и терапии,

среди которых важнейшее место занимает активный двигательный режим, могут восстановить моторно-висцеральную регуляцию и повысить трофику, то есть всю жизнедеятельность стареющего организма.

MECHANISMS OF MOTOR-VISCERAL INTEGRATION AND AGING OF THE ORGANISM

M. R. MOGENDOVICH

Medical Institute, Perm

Active behaviour in man and animal became biologically possible owing to their inherent kinesophilia, a nervous mechanism ensuring a high level of motor activity. The waking brain possesses an internal stimulus to diversified movements, and not to forced defensive responses alone. Under the effect of the environment kinesophilia has passed from an instinctive demand for discharge of energy to purposeful behaviour.

During a man's lifetime kinesophilia first undergoes progressive rise, but in old age it becomes weak leading to an untrained state and hypokinetic syndrome. An active motor regimenis, therefore, a preventive measure of the functional and morphological symptoms of aging, among the important ones being the disintegration of motor and visceral functions.

A very important role in the system of integration of the vegetative functions is played by locomotor activity and proprioception, i. e. the mechanism of the motor-visceral reflexes.

ВЛИЯНИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ НА ОРГАНИЗМ МОЛОДЫХ И СТАРЫХ ЖИВОТНЫХ

В. А. БОЕР

Институт геронтологии АМН СССР, Киев

Одним из наиболее важных факторов, обеспечивших формирование организма человека в ходе филогенетического развития, явилось движение. Совершенствование механизмов регуляции обмена веществ и энергии, кровообращения и дыхания, деятельности анализаторов в ходе эволюции шло в тесной связи с уровнем двигательной активности. На это указывал еще И. П. Павлов, подчеркивая, что в эволюции человека возникла теснейшая взаимосвязь между его двигательным аппаратом и сердечно-сосудистой системой. Фундаментальные исследования отечественных физиологов (И. А. Аршавский, 1936, 1967; М. Р. Могендович, 1957, 1961 и др.) показали зависимость становления функции сердечно-сосудистой и дыхательной систем человека и животных от двигательной активности и установили роль мышечной деятельности как фактора, определяющего особенности функционирования различных вегетативных систем.

Огромная роль мышечной деятельности, движений человека, для формирования его функций позволяет понять то неблагоприятное влияние, которое оказывает ограничение двигательной активности на организм.

Благодаря достижениям техники и социального прогресса условия жизни современного человека характеризуются недостатком мышечной деятельности — гипокинезией, которая по мере дальнейшего внедрения механизации и автоматизации в производство и быт будет возрастать.

В настоящее время вряд ли кто ограничивает неблагоприятное влияние гипокинезии мышечной атрофией от бездеятельности. Исследованиями С. А. Разумова (1962), А. Л. Мясникова с соавт. (1963), Н. В. Зимкина (1965), А. В. Коробкова (1965), Г. Крауса и В. Рааба (1961) и многих других установлено, что недостаток двигательной активности сопровождается целым рядом нарушений в организме человека и особенно со стороны сердечно-сосудистой системы. Многочисленные эпидемиологические наблюдения за лицами сидячих профессий отмечают более частое распространение заболеваний органов кровообращения среди лиц, занимаю-

щихся умственным трудом, чем среди лиц физического труда. Об этом говорят и экспериментальные данные В. В. Тевокина (1966, 1967), установившие быстрое развитие атеросклероза и коронарной недостаточности у кроликов, находившихся в условиях гипокинезии. Важно отметить, что даже кратковременная гипокинезия, по данным И. М. Товбина (1958), А. В. Коробкова с соавт. (1962), Ю. В. Ванюшиной (1963), В. С. Георгиевского и других (1966), существенно отражается на состоянии вегетативных функций, ухудшая адаптационные возможности человека.

Особое значение приобретает проблема ограничения двигательной активности в геронтологическом аспекте, так как гипокинезия, характерная для старости, еще больше снижает приспособительные возможности стареющего организма, ухудшает работоспособность и затрудняет физическую деятельность, что в свою очередь ведет к снижению двигательной активности.

Экспериментальные исследования, проведенные в институте геронтологии АМН СССР (И. В. Муравов, 1964, 1965; В. В. Фролькис, 1965) на молодых — 10,5-месячного возраста — крысах, показали, что при уменьшении двигательной активности у молодых животных ускоряется формирование старческого механизма регуляции физиологических процессов и резко сокращается продолжительность жизни животных, при этом в сердце и других внутренних органах отмечаются значительные морфологические нарушения.

Нами изучалось влияние гипокинезии на организм старых животных по изменению функции кровообращения и продолжительности жизни старых (22—24 мес.) крыс. Состояние гипокинезии достигалось помещением подопытных животных в специальные клетки, малые размеры которых существенно ограничивали их подвижность. Контролем служили крысы того же возраста и пола, содержавшиеся в обычных условиях вивария и находившиеся на таком же пищевом рационе, как и опытные. До начала исследования и еженедельно снималась электрокардиограмма в покое по Mosese (1946), определялся вес животных, отмечалось время их гибели.

Кроме того, у отдельной группы старых (22—24 мес.) и молодых (8—10 мес.) крыс изучалась чувствительность сердца к ацетилхолину, который вводился в различных разведениях в яремную вену животных; по данным электрокардиограммы определялись пороговые дозы, вызывающие атрио-вентрикулярный блок.

Наши наблюдения показали, что уже двухнедельное пребывание в условиях гипокинезии изменяет поведение крыс: повышенная активность и некоторая агрессивность, отмечаемая в первые дни, сменяется уменьшением подвижности и спонтанной двигательной активности. У большинства живот-

ных через 10—15 дней появляется тремор, усиливающийся при воздействии звуковых, световых и болевых раздражителей.

В первые дни эксперимента у животных снижается пищевая возбудимость и наблюдается постепенное падение веса тела: через 14 дней от начала опыта вес тела молодых крыс снижается на 23,7%, старых — на 23,3% (данные статистически достоверны). Вес контрольных животных за этот период не меняется (рис. 1). В дальнейшем снижение веса тела подопытных животных замедляется.

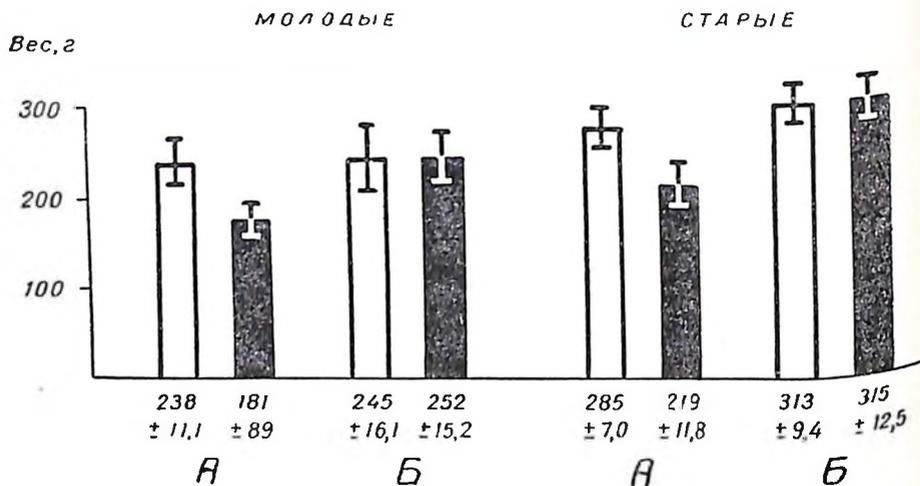


Рис. 1. Изменение веса тела крыс под влиянием двухнедельной гипокинезии.

А — вес подопытных крыс; Б — вес контрольных крыс; белые столбик — до начала опыта; черные — через две недели после завершения опыта.

Со стороны деятельности сердца в условиях трехнедельной гипокинезии отмечают изменения сердечного ритма. У молодых крыс в первые дни опыта отмечается статистически достоверное учащение ритма сердечных сокращений в покое, которое постепенно к 17—20-му дню от начала эксперимента сменяется умеренной брадикардией. У старых животных в первые дни также отмечается тахикардия, но менее выраженная, чем у молодых животных, которая к 12—15-му дню от начала опыта сменяется статистически достоверным замедлением сердечного ритма по сравнению с исходным (рис. 2). К этому времени у части подопытных старых животных отмечается изменение электрокардиограммы (снижение вольтажа зубцов ЭКГ, изменение их формы и др., указывающие на значительные дистрофические нарушения миокарда.

Наши предварительные результаты показали, что в результате уже двухнедельного ограничения подвижности у

животных несколько повышается чувствительность сердца к ацетилхолину. Важно отметить, что эта закономерность была обнаружена также в иной постановке опыта (И. В. Муравов, 1964). При введении карбохолина у молодых крыс отмечалось повышение чувствительности к гуморальным факторам и ослабление нервных рефлекторных влияний в условиях гипокинезии.

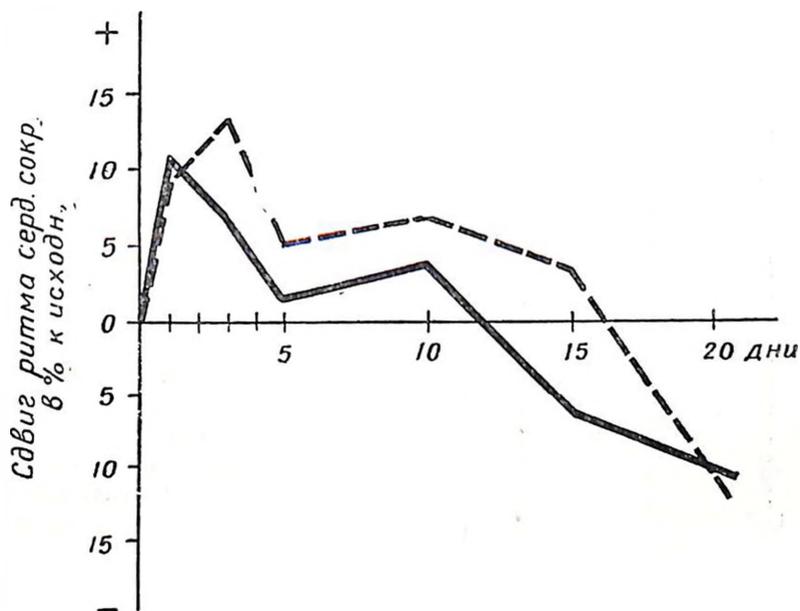


Рис. 2. Изменение ритма сердечных сокращений у животных разного возраста в условиях трехнедельной гипокинезии.

Сплошная линия — старые животные; прерывистая — молодые животные.

Особенно важно отметить то обстоятельство, что продолжительность жизни старых крыс в нашем эксперименте в условиях гипокинезии резко сокращается: животные погибают через $29,4 \pm 3,7$ дня с момента ограничения подвижности. Интересно, что продолжительность жизни молодых (10,5 мес.) крыс в таких же условиях гипокинезии, по данным И. В. Муравова (1964), составляет $82,2 \pm 3,5$ дня. На рис. 3 показано изменение продолжительности жизни крыс в условиях гипокинезии.

Таким образом, в условиях гипокинезии продолжительность жизни старых крыс почти втрое меньше продолжительности жизни молодых животных. Другие наши наблюдения также свидетельствуют о том, что старые животные значительно хуже переносят ограничение подвижности. Так, уже

двухнедельная гипокинезия приводит к гибели 33,3% старых крыс по сравнению с 16,6% погибших молодых животных.

Результаты наших исследований показывают, что под влиянием гипокинезии в организме животных отмечается ряд неблагоприятных изменений.

Снижение веса тела животных в условиях ограничения двигательной активности отмечено целым рядом авторов (В. А. Шкурдода, С. А. Разумов, 1962; В. В. Португалов с соавт., 1967. и др.) и связано, по-видимому, прежде всего с нарушением белкового обмена. Работами И. В. Федорова с соавт. (1967, 1968) установлено, что при ограничении двигательной активности животных происходит снижение интенсивности синтеза белка и несколько увеличивается его распад. Согласно литературным данным (В. Н. Никитин, 1954; И. Н. Буланкин, Е. В. Парин, 1959) замедление интенсивности синтеза белка характерно для процесса старения.

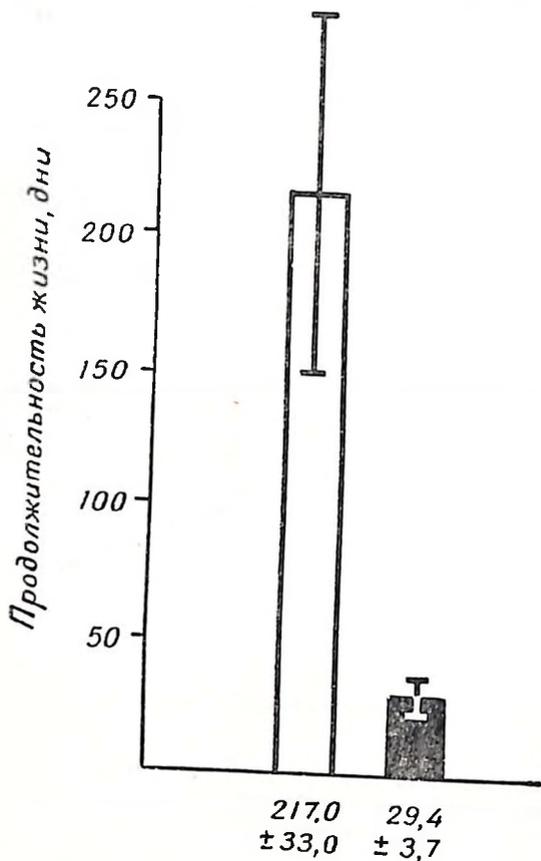


Рис. 3. Продолжительность жизни старых крыс в условиях ограниченной двигательной активности.

Белый столбик — продолжительность жизни крысы контрольной группы; черный — подопытной группы.

Исследованиями Д. Ф. Чеботарева с соавторами (1967) установлено при ограничении подвижности пожилых и старых людей увеличение выведения с мочой безбелкового азота, что связано с ускоренным распадом белков, не компенсируемых их синтезом.

Таким образом, в условиях гипокинезии, с одной стороны, замедляется синтез белка и, с другой, ускоряется его распад, что обуславливает снижение пластических процессов в тка-

нях и создает «атрофическую направленность» обмена веществ в мышечной ткани.

Отмеченные нами изменения ритма сердечной деятельности — тахикардия в покое, постепенно переходящая в брадикардию — отражают реакцию сердечно-сосудистой системы на стрессовое воздействие, каким для крыс является ограничение подвижности и изоляция (О. И. Кириллов, И. И. Брехман, 1966; В. В. Португалов с соавт., 1967; Reges G. and oth., 1965). Брадикардия в покое, отмечаемая на второй—третьей неделе гипокинезии, возможно, связана со снижением тонуса симпатического отдела нервной системы и уменьшением выделения норадреналина (Godall Mc. C. and oth., 1964).

Тот факт, что тахикардия, отмечаемая в первые дни опыта, у старых животных менее выражена и значительно раньше, чем у молодых крыс, сменяется брадикардией, часто сопровождающейся патологическими изменениями электрокардиограммы, по-видимому, обусловлен снижением и более ранним истощением адаптационных возможностей старых животных.

Сокращение продолжительности жизни и снижение сопротивляемости к неблагоприятным факторам в условиях гипокинезии отмечают также Б. А. Лампусов (1962), В. А. Шкурдода, С. Л. Разумов (1962), Н. А. Агаджанян, Г. В. Мачинский (1968) и др. Важно подчеркнуть, что старые животные значительно хуже переносят недостаток двигательной активности, почему продолжительность жизни старых крыс в условиях гипокинезии почти втрое меньше, чем молодых.

Механизм столь губительного влияния гипокинезии на организм животных не совсем ясен. По-видимому, наиболее важную роль играет недостаток афферентной стимуляции нервных центров с проприоцепторов мышц, что ведет, как указывает М. Р. Могендович, к нарушению моторно-висцеральной регуляции вегетативных функций, ускоряя процесс старения. Надо полагать, что большое значение оказывает также ослабление гуморальных стимулирующих влияний продуктов деятельности мышц на функциональное состояние центральной нервной системы при недостатке мышечной деятельности (М. М. Громаковская, 1965). Эта недостаточность афферентной стимуляции нервных центров ведет к нарушению нейрогуморальной регуляции, ослаблению трофических влияний центральной нервной системы на сердце и другие органы, приводит к установлению нового уровня обмена веществ, что существенно сказывается на функции жизненно важных органов.

Большая подверженность неблагоприятному воздействию гипокинезии старых животных по сравнению с молодыми связана с возрастными особенностями нейро-гуморальной ре-

гуляции. Как установлено работами В. В. Фролькиса и его сотрудников (1966), при старении ослабляются нервные влияния на сердце и сосуды, что ведет к уменьшению интенсивности гемодинамических сдвигов, которые имеют немаловажное значение в поддержании определенного уровня трофики работающих тканей. Поэтому в условиях гипокинезии при недостатке проприоцептивной и гуморальной стимуляции с бездействующих мышц трофика тканей у старых животных будет страдать в большей мере.

Значительное сокращение продолжительности жизни животных, ухудшение функционального состояния сердечно-сосудистой системы, развивающееся при этом повышение чувствительности сердца к гуморальным факторам и ослабление нервных рефлекторных влияний, что характерно для старческого типа регуляции физиологических процессов (В. В. Фролькис, 1965), снижение пластических процессов — все это позволяет с полной уверенностью утверждать, что длительная гипокинезия может быть одной из существенных причин развития преждевременного старения.

Отмеченный нами факт крайне неблагоприятного влияния недостатка мышечной деятельности на продолжительность жизни животных приобретает тем большее значение, что имеются как экспериментальные исследования (Retzlaff and oth., 1966), так и результаты многолетних наблюдений за людьми, регулярно занимающимися физическими упражнениями (И. В. Муравов с сотр., 1964, 1967; М. Карвонен, 1959; Д. Матеев, 1963 и др.), которые указывают на то, что систематическая рационально подобранная физическая тренировка не только улучшает функциональные возможности организма, но и увеличивает продолжительность жизни, замедняя процесс старения.

ЛИТЕРАТУРА

- Агаджанян Н. А., Мачинский Г. В. Космич. биол. и мед., 1, 25—28, 1968. Аршавский И. А. Нервная регуляция деятельности сердечно-сосудистой системы в онтогенезе, М.—Л., Биомедгиз, 1936. Аршавский И. А. Очерки по возрастной физиологии. Изд. «Медицина», М., 1967. Буланкин И. Н., Парина Е. В. В сб.: Актуальные проблемы современной биохимии. Изд. АМН СССР, 205, 1959. Ванюшина Ю. В. В сб.: Авиационная и космическая медицина, М., 92—95, 1963. Георгиевский В. С., Какурин Л. И., Катковский Б. С., Сенкевич Ю. А. В сб.: Кислородный режим организма и его регулирование, Киев, 225—229, 1966. Громаковская М. М. Нейрогуморальные механизмы регуляции мышечной деятельности. Изд. «Наука», М., 1965. Зимкин Н. В. В сб.: Координация двигательных и вегетативных функций при мышечной деятельности человека. М.—Л., 5—7, 1965. Кириллов О. И., Брехман И. И. В сб.: Материалы сектора физиологии спорта за 1966 г. ЦНИИФК, М., 37—48, 1966. Коробков А. В. В сб.: Проблемы спортивной медицины, М., 133—134, 1965. Коробков А. В., Ма-

тюшкина Н. А., Разумов С. А. В сб.: Труды Военного факультета физической культуры и спорта при ГДОИФК им. П. Ф. Лесгафта. Проблемы гиподинамии, изоляции и статических напряжений, Л., вып. XXX, 29—62, 1962. Лампусов Б. А. В сб.: Труды Военного факультета физической культуры и спорта при ГДОИФК им. П. Ф. Лесгафта. Проблемы гиподинамии, изоляции и статических напряжений, Л., вып. XXX, 287—292, 1962. Могендович М. Р. Рефлекторное взаимодействие локомоторной и висцеральной систем, Л., 1957. Могендович М. Р. Гипокинезия как фактор патологии внутренних органов. Физиология и патология моторно-висцеральных рефлексов. Пермь, 9—26, 1961. Муравов И. В. Активный отдых трудящихся, Днепрпетровск, 115—119, 1967. Муравов И. В., Миронова З. Б., Пирогова Е. А., Ракитина Р. И., Соколов К. Т., Яненко Е. Г. В кн.: Материалы восьмой научной конференции по возрастной морфологии, физиологии и биохимии, ч. II, М., 282—283, 1967. Никитин В. Н. Труды научно-исследовательского института биологии Харьковского государственного университета, 21, 29—71, 1954. Португалов В. В., Газенко О. Г., Ильина-Какуева Е. И., Малкин В. Б., Артюхина Т. В., Букаева И. А., Готлиб В. Я., Рохленко К. Д., Рощина Н. А., Старостин В. И. Космич. биол. и мед., 6, 18—25, 1967. Товбин И. М. В сб.: Труды КВИФКиС им. В. И. Ленина, вып. XVIII, 1958. Тявокин В. В. В сб.: Труды института экспериментальной медицины АМН СССР, 9, 3, 80—83, 1966. Тявокин В. В. Бюлл. эксперим. биол. и мед., 63, 2, 19—22, 1967. Федоров И. В., Виноградов В. Н., Милов Ю. И., Гришакина Л. А. Космич. биол. и мед., 1, 53—57, 1967. Федоров И. В., Виноградов В. Н., Милов Ю. И., Гришакина Л. А. Космич. биол. и мед., 1, 22—24, 1968. Фролькис В. В., Муравов И. В. В сб.: Физическая культура — источник долголетия, Изд. ФИС, М., 24—39, 1965. Фролькис В. В. В сб.: Механизмы старения, Киев, 131—150, 1963. Чеботарев Д. Ф., Коркушко О. В., Джемайло В. И., Орлов П. А. В сб.: Материалы Всесоюзной научной конференции по проблеме «Физическая культура и долголетие», Баку, 140—142, 1967. Шкурдода В. А., Разумов С. А. В сб.: Труды Военного факультета физической культуры и спорта при ГДОИФК им. П. Ф. Лесгафта, вып. XXX, 292—302, 1962. Goodall Mc. C., McCally M., Graveline D. E. Am. J. Physiol., 206, 2, 431—436, 1964. Karvonen M. В кн.: Спортивная медицина. Труды XII юбил. Международн. конгр. спорт. медицины, Медгиз, М., 531—532, 1959. Kraus H., Raab W. Hypokinetic Disease. Diseases Produced by Lack of Exercise, Springfield, Illinois, USA, 1961. Mareev Д. Теория и практика физической культуры, 10, 37—40, 1963. Peres G., Crouzoulou G., Dumus J., Piolat J. Arch. sci. physiol., 19, 3, 295—320, 1965. Retzlaff E., Fontaine J., Futura W. Geriatrics, 3, 171—177, 1966.

EFFECT OF LIMITING MOTOR ACTIVITY ON THE ORGANISM OF YOUNG AND OLD ANIMALS

V. A. BOYER

Institute of Gerontology of the Academy of Medical Sciences of the USSR, Kiev

The author studied the effect of insufficient muscular activity on the organism of old and young rats. Under conditions of prolonged hypokinesia there occur a reduction of body weight, a change in the rhythm of cardiac contractions at rest and a rise in the sensitivity of the heart to acetylcholine. Limiting motor activity leads to death of old rats within 29.4 ± 3.7 days after the beginning of the experiment. Under conditions of a greater limi-

tation of mobility, 33.3% of old rats die after two weeks, as compared with the corresponding figure of 16.6% for young animals.

The unfavourable effect of hypokinesia on the animal organism is, evidently, based on the deficit of proprioceptive afferent stimulation of the nerve centres from inactive muscles. The greater sensitivity of old rats to an insufficiency of muscular activity may be explained by the age-conditioned peculiarities of neurohumoral regulation.

Under conditions of hypokinesia, as was established in investigations of young animals (I. V. Muravov, 1964; V. V. Frolkis, I. V. Muravov, 1965), a senescent type of regulation of the organism's functions is formed, which makes it possible to consider insufficiency of muscular activity as an important cause of premature aging.

IV. ДВИГАТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ И ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СТАРЕЮЩЕГО ОРГАНИЗМА

КОРОНАРНАЯ БОЛЕЗНЬ, ПРИВЫЧНАЯ НАГРУЗКА И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ

М. Дж. КАРВОНЕН

Институт профессиональных болезней,
Хельсинки, Финляндия

Известно, что старение не всегда сопровождается развитием атеросклероза и, вместе с тем, атеросклеротические изменения отмечаются и у молодых людей. Но массовые исследования обнаруживают тесную связь атеросклероза и возраста.

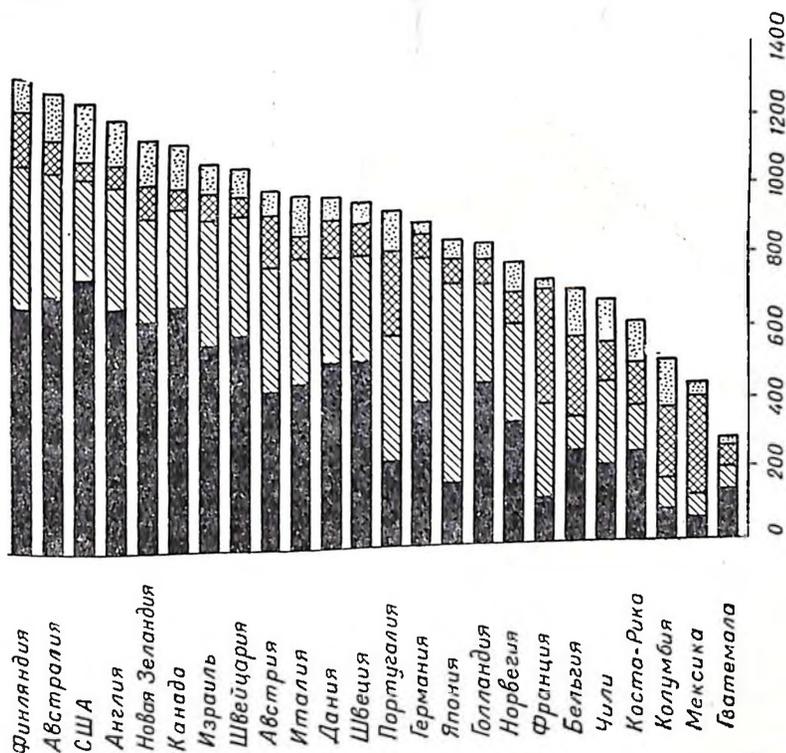


Рис. 1. Смертность от заболеваний сердечно-сосудистой системы на 100.000 населения у лиц 40 лет и старше — жителей 24-х стран (данные Всемирной организации здравоохранения, 1958).

Обозначения: черные столбики — атеросклероз и дегенеративные болезни сердца; с косой штриховкой — сосудистые нарушения; с двойной штриховкой — другие болезни сердца; столбики с точками — другие сердечно-сосудистые болезни.

Частота клинических проявлений атеросклероза неодинакова среди разных групп населения. Особое значение атеросклероза в Финляндии определяется тем обстоятельством,

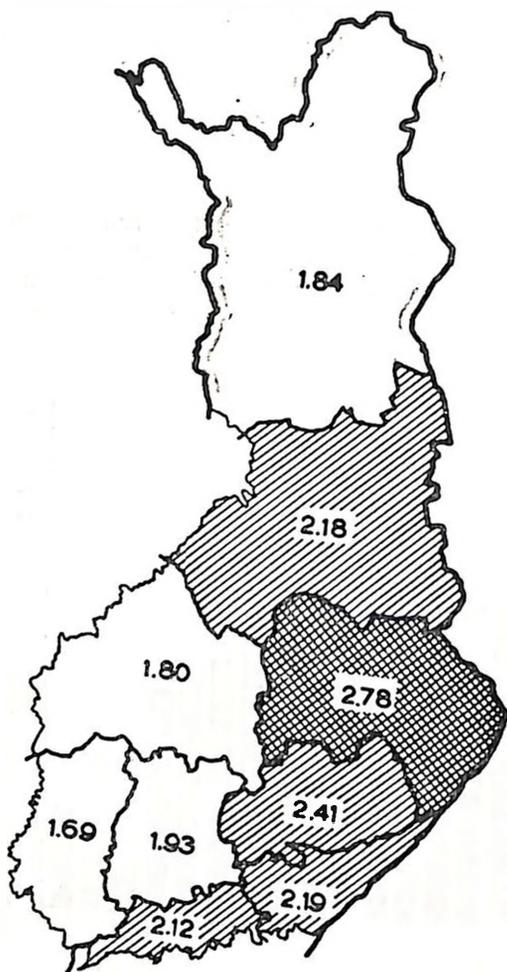


Рис. 2. Смертность от атеросклероза сердца мужчин 30—59 лет в Финляндии (А. Keys и др., 1958).

что смертность мужчин среднего возраста от сердечно-сосудистых заболеваний в нашей стране выше, чем в других странах (рис. 1). За Финляндией следуют Австралия, США, Великобритания, Новая Зеландия и Канада. В Дании, Швеции и Норвегии, напротив, смертность от этих заболеваний значительно ниже. Большинство больных сердечно-сосудистыми заболеваниями в этих странах умирает от коронарной болезни.

Известно, что возраст, пол, уровень холестерина в сыворотке крови и высокое кровяное давление способствуют развитию коронарной болезни. Опубликованы также данные о дополнительных факторах, но они не всегда подтверждаются. Так, существует мнение, что курение, некоторые свойства характера и ограниченность физической активности predisполагают к развитию коронарной болезни.

В связи с анализом роли этих факторов представляют интерес следующие соображения. В северных странах много лесорубов. Для этой профессии характерны значительные затраты энергии. При анализе заболеваемости у населения, различных областей Финляндии был отмечен несколько неожиданный

факт, что смертность от сердечно-сосудистых заболеваний и их осложнения наиболее высоки в восточных районах, где лесоводство является главным занятием, а самая низкая смертность обнаружена в юго-восточной Финляндии, то есть преимущественно в земледельческом районе (рис. 2).

Частота коронарной болезни

С 1956 г. в восточной и юго-западной Финляндии ведутся эпидемиологические исследования по изучению коронарной болезни и факторов, способствующих ее возникновению. Эти исследования показали, что большую частоту коронарной болезни во всей стране и, в частности, в ее восточных районах можно объяснить необычайно высоким уровнем холестерина в сыворотке (около 270 мг/мл) у мужчин среднего возраста. Неодинаковая частота коронарной болезни на востоке и западе усугубляется наличием более высокого среднего артериального давления и большего распространения курения на востоке. Высокий уровень холестерина в сыворотке обусловлен потреблением большого количества насыщенных жиров, содержащихся в молоке и в масле. Судя по общепринятым стандартам, йода в пище финнов мало, особенно на востоке, но других ингредиентов, вероятно, достаточно.

На востоке многие мужчины значительную часть года работают лесорубами. Это дало нам возможность изучить особенности и патологические изменения электрокардиограммы (ЭКГ) у представителей этой профессии. В 1959 г. в одной из областей восточной части Финляндии было обследовано 815 мужчин в возрасте 40—50 лет. 380 из них работали дровосеками постоянно или периодически. При сравнении электрокардиограммы лесорубов с этим показателем у представителей профессий, требующих меньшей физической активности, выявлены существенные различия в частоте изменений ЭКГ. Коронарная болезнь встречалась чаще среди выполнявших легкую или сидячую работу. Изменения ЭКГ классифицировались по «Миннесотскому коду», то есть по чисто описательной системе, которая исключает субъективную интерпретацию (H. Blackburn и др., 1960). Изменения зубцов Q и QRS, указывающие на перенесенный инфаркт миокарда, выявлены у 8% лесорубов и у 3% представителей других профессий (табл. 1). Среди последних чаще встречались и такие изменения ЭКГ, которые считаются симптомами ишемии миокарда. Изменения ST встречались в 4, а изменения зубца T — в 1,6 раза чаще у представителей менее активной группы. Следовательно, среди физически

Изменение ЭКГ в покое у мужчин 40—59 лет,
проживающих в сельской местности Восточной Финляндии, %
(М. Карвонен и др., 1961)

Изменения ЭКГ	Лесорубов	Других специальностей	Достоверность различий, р
Обследовано чел.	380	435	
Q и QRS	0,8	3,9	0,01
Отклонение оси	1,3	4,1	0,05
Высота зубца R	20,5	12,2	0,01
ST	1,6	6,2	0,01
T	8,4	13,1	0,05
A—V проводимости	2,9	3,0	—
Желудочная проводимость	3,2	2,8	—
1—6 Аритмии	3,2	3,0	—
7 Синусовая тахикардия	1,3	2,3	—
8 Синусовая брадикардия	3,7	1,6	—
Смешанные аритмии	21,2	22,3	—

активной части населения коронарная болезнь распространена умеренно, тогда как отсутствие физических напряжений чрезвычайно опасно для сердца.

Исследования, проведенные в Финляндии, были сопоставлены с аналогичными исследованиями, проведенными в Греции, Италии, Нидерландах, США и Югославии. Методы применялись одинаковые и были стандартизированы. При анализе результатов (Keys и др., 1967) 10 260 обследованных учитывалась тяжесть выполняемой работы, разделенная нами на 3 класса: «легкая», «умеренная», «тяжелая». Частота наиболее важных изменений ЭКГ приведена в табл. 2 в виде средних показателей для всех 11 районов. Как видно из табл. 2, большие зубцы Q, указывающие на перенесенный инфаркт миокарда, выявлены среди людей сидячих профессий в 5,8 раз чаще, чем среди выполнявших тяжелую работу. Сущест-

Таблица 2

Частота возникновения большого зубца Q (I, I₁), отрицательного зубца T (V, I—2) и снижения интервала ST после нагрузки разной интенсивности (XI, I—4), (A. Keys и др., 1967)

Величина напряжений	Зубцы		
	Q	T	ST
Легкая	16,3	28,4	61,0
Умеренная	7,6	16,5	41,4
Тяжелая	2,8	8,5	32,6

венные изменения T в покое встречались в 3,3 раза, а понижение ST после нагрузки в 1,9 раза чаще среди выполнявших сидячую работу.

Следует отметить, что из других патологических изменений ЭКГ гипертрофия левого желудочка встречалась чаще при увеличении физической активности (рис. 3). Между отклонением оси сердца влево и уровнем физической активности достоверной связи не обнаружено. У спортсменов в период активной спортивной деятельности имеет место более напряженная физическая активность, чем при выполнении профессиональной работы. Если предположить, что физическая активность защищает от коронарной болезни, спортсмены должны быть особенно хорошо защищены. Но нужно учитывать то, что профессиональная физическая активность обычно длится значительно дольше, чем занятия спортом. Большинство спортсменов оставляют занятия спортом после того, как прекращается их участие в соревнованиях, то есть в относительно молодом возрасте. Длительная спортивная деятельность свойственна главным образом тем видам спорта, которые связаны с выносливостью (хождение на лыжах, бег на большие расстояния и пр.).

Наши данные о коронарной болезни у спортсменов, которые занимаются видами спорта, требующими развития выносливости, несколько противоречивы. Исследования по изучению продолжительности жизни бывших финских чемпионов по лыжам охватили 388 лыжников, из которых 157 были живы, а 231 умерли (M. J. Kauponen, 1959). Средняя продолжительность жизни лыжников составляла 72 года. У аналогичного мужского населения страны средняя продолжительность жизни в тот же период времени была почти на 7 лет меньше.

Недавно было проведено клинико-эпидемиологическое обследование 61 спортсмена (бывших чемпионов по бегу и по лыжам) в возрасте от 40 до 79 лет (K. Ruöglä и др., 1967) и 54 мужчин — представителей сидячих и полусидячих профессий (контрольная группа). Хотя число исследованных лиц слишком мало для окончательных выводов о частоте коронарной болезни, однако интересно, что клинические и электрокардиографические проявления коронарной болезни были обнаружены приблизительно с одинаковой частотой среди спортсменов и в контрольной группе (табл. 3). Вместе с тем, субъективные симптомы, которые можно было отнести за счет коронарной болезни, имелись лишь у двух спортсменов, тогда как в контрольной группе они были обнаружены у 11 человек. Если это будет подтверждено на более обширном материале, привычную физическую активность можно будет считать фактором, снижающим частоту субъективных симптомов, а следовательно, облегчающим жизнь и положение в обществе больных.

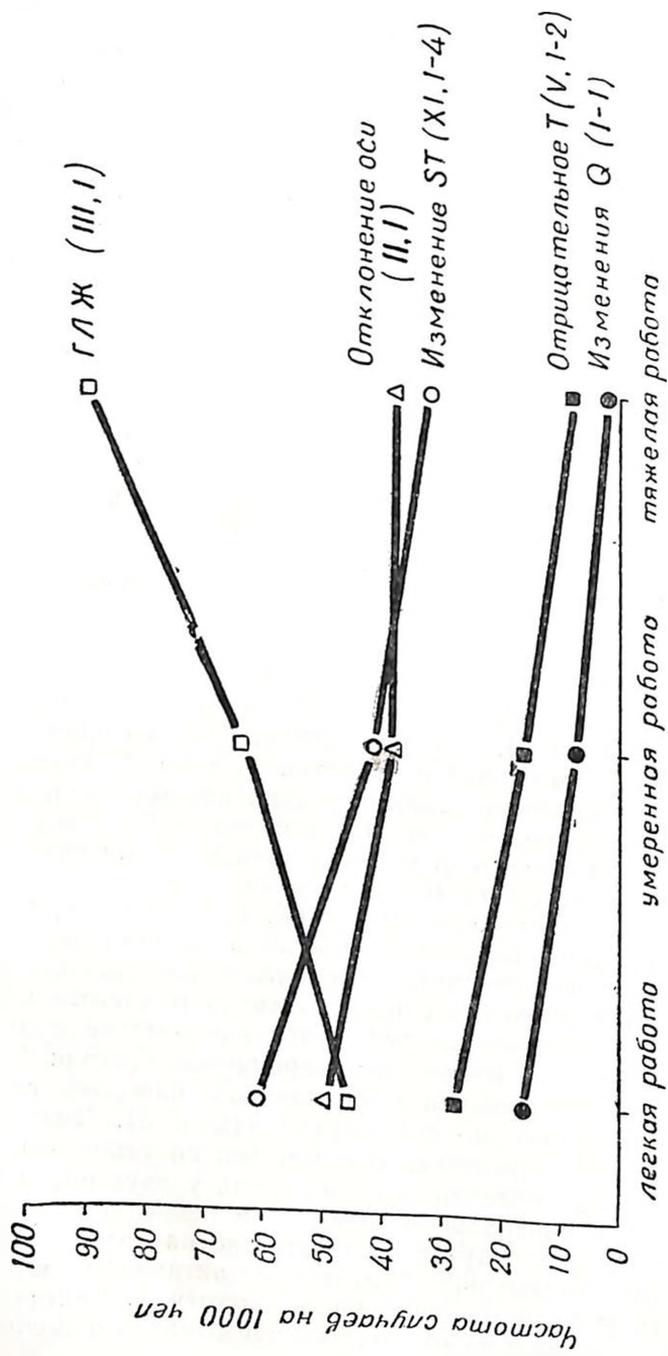


Рис. 3. Частота патологически измененных электрокардиограмм у 10260 человек в возрасте 40—59 лет, сгруппированных в соответствии с их обычной физической активностью (A. Keys и др., 1967).

Таблица 3

Частота сердечно-сосудистых заболеваний у бывших спортсменов
(К. Руоґаля и др., 1967)

Показатели	Спортсмены	Контрольная группа
Количество обследованных	61	54
Возраст	55,9	55,3
Отсутствие сердечно-сосудистых заболеваний	38	29
Коронарная болезнь	коронарная ЭКГ, анамнез +	1
	коронарная ЭКГ, анамнез —	13
	коронарная ЭКГ, анамнез +	1
	Тотальный коронартит —	15
	Гипертензия выше 160 мм рт. ст.	6
Другие сердечно-сосудистые заболевания	10	6

Факторы, увеличивающие опасность развития коронарной болезни

Привычная физическая активность может оказывать влияние на факторы, увеличивающие опасность развития коронарной болезни. Существуют данные, указывающие на то, что у физически активных субъектов уровень холестерина в сыворотке крови и артериальное давление ниже, чем у людей, ведущих сидячий образ жизни, и что они курят меньше, чем последние. Между тем, обследование финских лесорубов дало несколько иные результаты (табл. 4).

Таблица 4

Факторы, увеличивающие опасность заболевания коронарной болезнью у мужчин 40—59 лет с различной двигательной активностью. Восточная Финляндия (М. Д. Карвонен и др., 1961)

	Лесорубы	Люди других профессий	Достоверность различий, <i>p</i>
Количество обследованных	380	435	—
Холестерин сыворотки крови, мг%	267,2	265,5	—
Артериальное давление мм рт. ст.	147,3	149,2	—
систолич.	89,5	90,5	—
диастолич.	8,4	17,3	0,001
куренные {	никогда не курившие	19,4	17,3
	бросившие курить	8,9	11,4
	<10 сигарет в день	27,8	26,0
	11—20 сигарет в день	35,3	29,6
	>20 сигарет в день		

Существенных различий между уровнем холестерина в сыворотке крови и артериальным давлением у лесорубов и представителей других профессий не выявлено. Более того, лесорубы, несмотря на жизнь на воздухе, курят больше, чем представители других профессий. Следовательно, меньшая частота коронарной болезни среди лесорубов не объясняется влиянием этих факторов. Возможно, что здесь имеют значение либо какой-то защитный механизм, не зависящий от содержания холестерина в сыворотке, величины артериального давления и курения, либо самопроизвольный переход мужчин, отличающихся большей вероятностью заболеть коронарной болезнью, на легкую работу.

Более интенсивная физическая активность, свойственная соревнующимся спортсменам, может, однако, оказывать влияние на факторы, увеличивающие опасность развития коронарной болезни. В табл. 5 приведены данные об уровне холестерина в сыворотке крови у активных лыжников-чемпионов (мужчин и женщин) и у сельских жителей обоего пола и того же возраста. Уровень холестерина в сыворотке крови у спортсменов значительно ниже, чем у лиц не занимающихся спортом.

Таблица 5

Содержание холестерина в сыворотке крови у финских лыжников — бегунов на длинные дистанции (М. Д. Карвонен и др., 1958)

Пол	Группа	Возраст	Количество	Холестерин, мг% М±	достоверность различий, р
мужчины	лыжники	21—38	44	204±5,4	0,01
	контрольная группа	20—39	283	229±3,1	
женщины	лыжники	19—29	15	194±8,1	0,05
	контрольная группа	20—29	16	226±8,9	

Вместе с тем, когда активная деятельность спортсменов заканчивается, разница в уровне холестерина в сыворотке крови исчезает. По нашим данным у бывших чемпионов по лыжам и по бегу содержание холестерина в сыворотке было такое же, как у лиц контрольной группы, хотя спортсмены меньше курили, и кровяное давление у них было ниже (К. Руоґälä и др., 1967).

Субъективная выносливость к физической работе.

До настоящего времени исследователи, изучающие эпидемиологию сердечно-сосудистых заболеваний, интересовались объективными симптомами коронарной болезни. Вместе с

тем, для больного субъективные ощущения, связанные с болезнью, имеют немалое значение и могут оказывать большое влияние на его участие в общественной жизни. В эпидемиологическом обзоре мы попытались измерить ощущение усилия при стандартной работе (600 кгм/мин. в течение 4 мин.) на велосипедном эргометре. При этой нагрузке средняя частота сердечных сокращений была 110 в мин., то есть такая, как при тяжелой профессиональной работе. Обследуемые были сельскими жителями (мужчины в возрасте от 45 до 64 лет). ЭКГ записывали во время выполнения физической нагрузки, которая прекращалась лишь тогда, когда возникали признаки резко выраженных ишемических изменений или если обследуемый жаловался на неприятные ощущения в области груди (Р. Ваггу и М. Кагвопел, 1968).

После окончания нагрузки обследуемым было предложено заполнить анкету из семи пунктов (рис. 4). Надежность ответов была проверена путем проведения тех же тестов на испытуемых две недели спустя. В тех случаях, когда соответствие между первым и вторым тестами было неудовлетворительным, эти данные не были включены в работу.

Группе испытуемых с заболеванием сердца (44 чел.) производить физические усилия субъективно было тяжелее, чем здоровым людям. Но объективный критерий в виде частоты сердечных сокращений во время работы был одинаков у представителей обеих групп. Результаты были аналогичными при разделении обследуемых как на основе ЭКГ, так и по данным клинического обследования. Практически вывод из этого раздела нашей работы заключается в том, что субъективная выносливость к нагрузке поддается измерению и может колебаться независимо от результатов объективного теста, связанного с мышечной деятельностью. Ввиду того, что субъективное ощущение утомления в процессе работы, вероятно, оказывает большое влияние на участие в разных видах деятельности, его следует включать в исследования по изучению работоспособности, в особенности если такие исследования имеют социально-медицинскую направленность.

Экспериментальная эпидемиология

Эпидемиологические данные указывают на связь между факторами, увеличивающими опасность заболеваний органов кровообращения, и болезнью. Иногда эта связь бывает простым совпадением. Если в пределах одной группы населения изменения фактора, увеличивающего опасность, соответствуют изменениям заболеваемости, причинная связь между ними представляется вероятной. Иногда санитарно-гигиенические мероприятия предпринимаются только на основании эпидемиологических данных. Но для получения убедительных дан-

ных нужен эксперимент, в котором можно изменить этиологические факторы.

Эксперименты, направленные на изучение факторов, способствующих профилактике коронарной болезни, должны охватывать большое число обследуемых и должны длиться несколько лет. Такие эксперименты ведутся, и возможно они дадут совершенно отчетливые результаты. Предварительные рекомендации, полученные на протяжении первых шести лет опыта, заключаются в замене в питании насыщенных жиров растительными маслами, главным образом, соевым маслом. Полученные данные показывают, что уровень холестерина в сыворотке у представителей экспериментальной группы, получавшей в основном растительные масла, был в среднем на 51 мг/мл ниже, чем в контрольной группе. Частота возникновения новых случаев коронарной болезни при указанной замене жиров в питании составляет 14,4 на 1000 в год, а в контрольной группе — 33,0 на 1000 (Tugreinen и др., 1963).

Эпидемиологические исследования нужны еще также для того, чтобы выяснить, можно ли изменением привычной физической активности предупредить коронарную болезнь. Сейчас уже ведутся исследования (P. Teräslinna и др., 1962), цель которых заключается в изучении влияния регулярной физической активности на факторы, увеличивающие опасность коронарной болезни и в накоплении опыта в отношении того, какие виды нагрузки и тестов наиболее пригодны для обширного исследования.

ЛИТЕРАТУРА

- Barry A. J. and Karvonen M. J. Heart disease and perceived exertion. To be published. Blackburn H., Keys A., Simonson S., Rautaharju P. and Punsar S. *Circulation*, 21:1160, 1960. Chronicle of the World Health Organization, 12, 398, 1958. Karvonen M. J. Problems of training of the cardiovascular system. *Ergonomics*, 2, 207, 1959. Karvonen M. J., Rautaharju P. M., Orma E., Punsar S. and Takkinen J. J. *occup. Med.*, 3, 49, 1961. Karvonen M. J., Rautanen Y., Rikkinen P. and Kihlberg J. *Ann. Med. intern. Fenn.*, 47, 75, 1958. Keys A., Aravanis C., Blackburn H. W., van Buchem F. S. P., Buzina R., Djordjevic B. S., Dontas A. S., Fidanza F., Karvonen M. J., Kimura N., Lekos D., Monti M., Puddu V. and Taylor H. L. *Acta med. scand. suppl.* no 460, 1967. Keys A., Karvonen M. J. and Fidanza F. *Lancet*, 11, 175, 1958. Pyörälä K., Karvonen M. J., Taskinen P., Takkinen J., Kyrönseppä H. and Peltokallio P. *Am. J. Cardiol.*, 20:191, 1967. Teräslinna P., Partanen T., Koskela A. and Oja P. *Am. J. Clin. Nutr.* In press.

CORONARY DISEASE, CUSTOMARY LOAD AND CAPACITY FOR WORK

M. J. KARVONEN

Institute of Occupational Diseases, Helsinki, Finland

Epidemiological investigations of the causes of cardiovascular diseases and their complications in various groups of the population of Finland established a connection between the incidence of the appearance of coronary disease and the presence of certain factors promoting its development. The cholesterol content in the serum, the blood pressure level, smoking and motor activity. In persons with a sedentary mode of life, pathological changes in the electrocardiogram are considerably more frequent than in persons engaged in physical labour. The average lifetime of Finnish sportsmen, former skiing champions, was 7 years longer than the similar male population of the country. Physical activity affects the factors increasing the danger of developing coronary disease.

Of special significance in the evaluation of the functional state of the organism under conditions of muscular activity is the consideration of subjective feelings which do not coincide in some cases with the changes of objective tests and constitute the basic index of the alterations occurring during physical loads.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ АНАМНЕЗ И ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ РЕАКЦИИ НА ЛАБОРАТОРНЫЕ НАГРУЗКИ У ЗДОРОВЫХ ЛЮДЕЙ И БОЛЬНЫХ С ЛЕГОЧНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ

И. И. ЛИХНИЦКАЯ, В. Л. ШКУЛОВ

*Институт экспертизы трудоспособности и организации
труда инвалидов, Ленинград*

Критерии, позволяющие оценить влияние лечебной гимнастики на аппарат внешнего дыхания больных разного возраста с легочной патологией, привлекают к себе в настоящее время все большее внимание (И. В. Муравов, 1967). Однако попытки охарактеризовать значение трудового анамнеза больного, как фактора, определяющего возрастные особенности вентиляционной реакции на физическое напряжение, мало освещены в соответствующей литературе (А. А. Рикшева, 1958; В. В. Шигалевский, 1967).

В настоящем сообщении речь идет о результатах исследования вентиляционной способности легких у III человек больных, страдающих хронической легочной патологией (хроническая неспецифическая пневмония, астматический бронхит, бронхиальная астма и бронхоэктатическая болезнь) в периоде вне обострения, в сопоставлении с данными, полученными у 142 человек тех же возрастов, не страдающих легочной патологией. В таблице 1 представлено распределение здоровых и больных по пяти обследованным возрастным категориям.

Как следует из таблицы, наблюдения производились над эквивалентными по численности половыми группами (125 мужчин и 128 женщин), из числа которых 45 больных (группа I) и 88 здоровых (группа O₁) относились к лицам, предшествующая трудовая деятельность которых была связана с физическим напряжением, и 66 человек больных (группа II) и 54 человек здоровых (группа O_{II}) относились к лицам, предшествующая трудовая деятельность которых протекала без существенных мышечных усилий.

В анализе материала использован показатель $\frac{ПИ}{С} \%$, то есть отношение срока пребывания больных на инвалидности к стажу в данной профессии. Очевидно, что у больных — представителей группы I — этот показатель имел меньшее численное значение, чем у представителей группы II, и что показатель уменьшался у этих лиц по мере прогрессирования возраста.

Распределение исследованных лиц по полу, возрасту и характеру предшествующей трудовой деятельности

Группы	М	Ж	Всего	Стаж в годах (С)	Период инвалидности (ПИ)	ПИ/С, %	
Больные	I	28	17	45	27	11	40
	II	32	34	66	21	11	55
	Всего	60	51	111			
Здоровые	O	31	57	88	35	—	—
	O	34	20	54	28	—	—
	Всего	65	77	142			
1	до 29 лет	12	2	14	5	—	—
2	30—39 лет	17	13	30	15	7	47
3	40—49 »	26	25	51	25	10	40
4	50—59 »	32	17	49	32	12	27
5	старше 60 лет	38	71	109	44	—	—
	Всего	125	128	253	32		

I — группа больных;

OI — группа здоровых людей, предшествующая трудовая деятельность которых была связана с систематическим физическим напряжением;

II — группа больных;

OII — группа здоровых лиц, предшествующая трудовая деятельность которых не была связана с систематическим физическим напряжением.

Для характеристики состояния вентиляционной способности легких у исследованных лиц были использованы 3 комплекса показателей, подробно описанные нами ранее (И. И. Лихницкая, 1960; Н. Н. Канаев, 1965):

1) показатели динамических легочных объемов (МОДп%Д и Δ МОДн/МОДп%; ОД%Д и Δ ОДн/ОДп%; АВп%Д и Δ АВн/АВп%);

2) показатели, характеризующие механическую стоимость вентиляции: МС вдоха и МС выдоха, отношение МС вдоха/МС выдоха, механическая стоимость вентиляции — МСВ кел/мин. и Δ МСВн/МСВп и МВЛ%Д;

3) показатели, характеризующие газообменную эффективность вентиляции (АВп/МОДп%; $\frac{\Delta АВн/МОДн\%}{АВн/МОДн\%}$ %);

КИО₂ в %Д и Δ КИО_{2н} КИО_{2н} %).

Определение перечисленных показателей в покое, в условиях основного обмена и их изменений под влиянием стан-

дартной физической нагрузки в виде шагательных движений в положении лежа (ШДЛ 80/мин.) производилось методами спирометрии с использованием приспособления для определения частоты дыхания, предложенного Ramathan (1964), и с расчетом величины мертвого пространства по данным исследования состава альвеолярного и выдыхаемого воздуха по уравнению Бора (Комро и др., 1961). Показатели механической стоимости вентиляции определялись по данным пневмотахометрии и пневмотахоэластографии в соответствии с методикой, описанной В. В. Гриценко и Н. С. Пугиной (1964). Определение минутного потребления кислорода производилось открытым способом.

При анализе полученного материала в возрастном аспекте было установлено, что в покое показатели, характеризующие динамические легочные объемы и механическую эффективность вентиляции с возрастом несколько увеличиваются в группах больных и здоровых, однако наиболее существенным является усугубляющаяся с возрастом потеря способности увеличивать минутный объем дыхания в условиях нагрузки. Это ограничение способности увеличивать минутный объем дыхания отчетливо обусловлено потерей способности увеличивать механическую стоимость вентиляции, причем в группе II эти изменения прогрессируют с возрастом в значительно большей степени, чем в группе I.

Так, как следует из рассмотрения левой половины рисунка I, средние величины механической стоимости вентиляции в нагрузке в $\frac{\Delta \text{МСВ}_n}{\text{МСВ}_n} \%$ от исходной механической стоимости ($\frac{\Delta \text{МСВ}_n}{\text{МСВ}_n} \%$) у здоровых лиц физического труда (группа O_1) с возрастом существенно не убывают. У здоровых же, предшествующая трудовая деятельность которых не была связана с систематическим физическим напряжением (группа O_{II}), с возрастом имеет место прогрессивное снижение средних величин показателя, характеризующего возможности увеличения механической стоимости вентиляции.

Прогрессирующее снижение возможности увеличения механической стоимости вентиляции (правая сторона, рис. I) наблюдается с возрастом и в группе больных — лиц не физического труда (группа II). Обращает на себя внимание в той же части рисунка, что у больных I группы, в противоположность здоровым O_1 группы, появляется некоторая тенденция к падению способности увеличивать механическую стоимость вентиляции, однако значительно менее выраженная, чем у представителей II группы.

Особенно резким изменениям подвергается с возрастом способность увеличивать газообменную эффективность вентиляции, характеризуемую показателем $\frac{\Delta \text{КИО}_n}{\text{КИО}_n} \%$

Как следует из левой части рисунка 2, способность увеличивать газообменную эффективность вентиляции у здоровых людей O_1 и O_{II} группы с возрастом утрачивается. Однако у здоровых лиц O_1 группы наблюдается тенденция к стабилизации средних значений упомянутого показателя в старших возрастных группах. У здоровых же, предшествую-

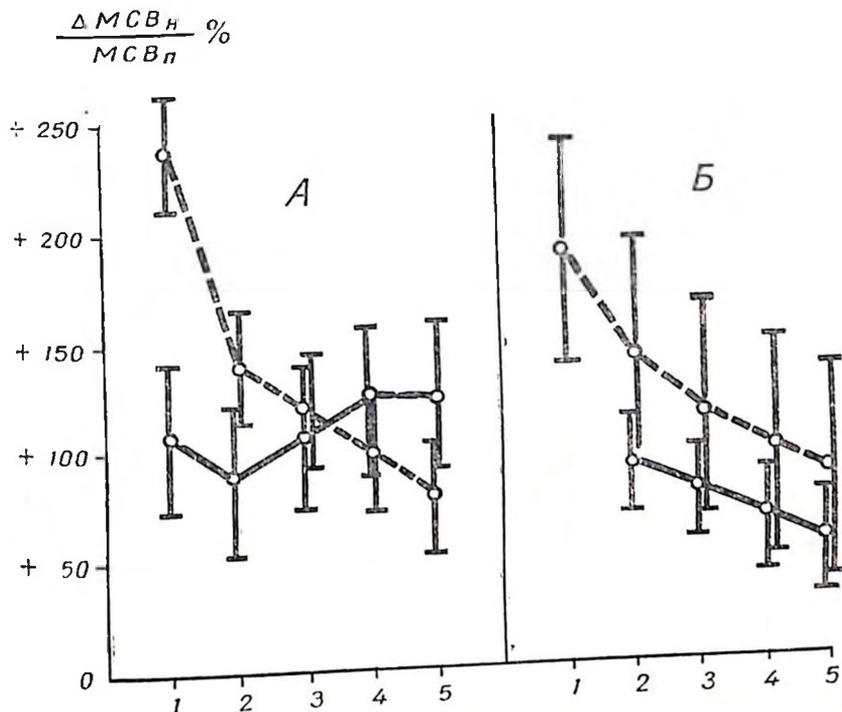


Рис. 1. Возрастные изменения показателя способности увеличивать механическую стоимость вентиляции $\left(\frac{\Delta MCB_n}{MSB_n} \text{ кгм/мин}\right)$ в условиях стандартной нагрузки в % от исходного уровня у здоровых (А) и больных (Б).

По оси абсцисс - возрастные категории по десятилетиям, по оси ординат - изменения в % механической стоимости вентиляции при нагрузке. А - представители O_1 группы (сплошная линия) и представители O_{II} группы (пунктир); Б - представители I группы (сплошная линия) и II группы (пунктир).

щая трудовая деятельность которых не связана с физическим напряжением (гр. O_{II}), средние значения показателя, характеризующего способность увеличивать газообменную эффективность вентиляции при нагрузке с возрастом обнаруживают неуклонное падение.

В правой части того же рисунка представлены средние данные, характеризующие показатель газообменной эффективности вентиляции у больных разного возраста - предста-

вителей физического (группа I) и нефизического (группа II) труда. Как следует из рисунка 2, больные II группы так же как и здоровые O_{II} группы теряют способность увеличивать газообменную эффективность вентиляции с возрастом. Больные же, представители I группы с возрастом обнаруживают тенденцию к увеличению среднего значения рассматриваемо-

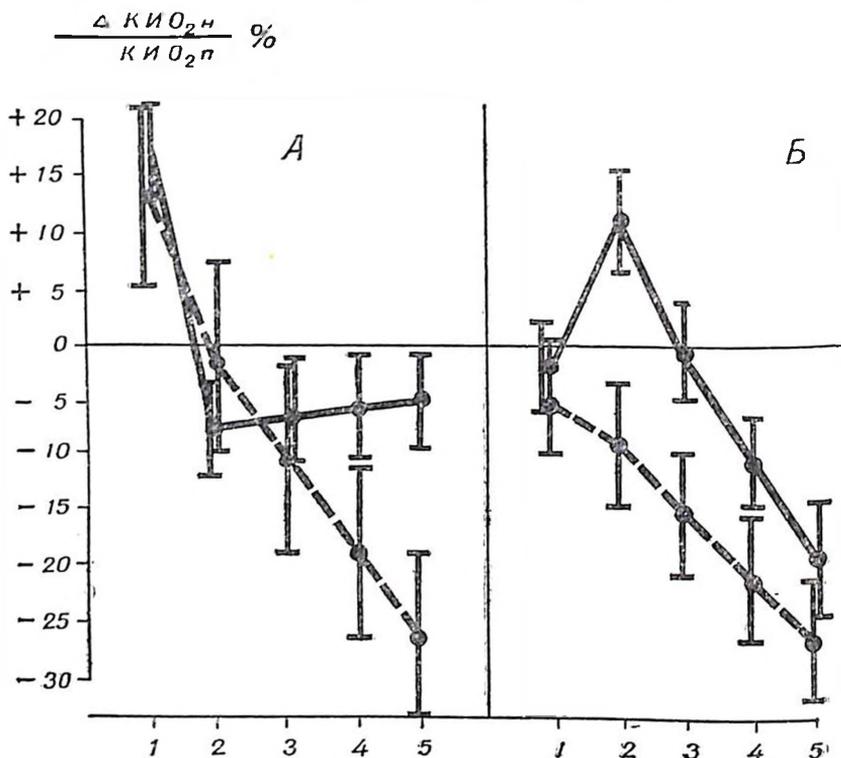


Рис. 2. Возрастные изменения показателя способности увеличивать газообменную стоимость вентиляции $\left(\frac{\Delta KИO_{2н}}{KИO_{2п}} \text{ мл } O_2 / \text{л МОД} \right)$ в условиях стандартной нагрузки в % от исходного уровня у здоровых и больных.

Обозначения те же, как и на рис. 1.

го показателя к возрасту 30—39 лет, а затем уже развивают тенденцию, аналогичную представителям II группы. Однако для каждого возрастного диапазона у больных I группы наблюдаются более высокие значения показателя, что было показано одним из нас (В. Л. Шкулов, 1965) ранее на примере наиболее старших возрастных групп.

Таким образом, возрастной анализ значений двух из 8 исследованных показателей свидетельствует, что реакция на

стандартное физическое напряжение в лабораторных условиях характеризуется тенденцией к снижению способности увеличивать динамические легочные объемы, механическую стоимость вентиляции и ее газообменную эффективность с возрастом, причем эта тенденция, одинаково свойственная представителям физического и нефизического труда, у больных, представителей группы I, так же, как и у здоровых, представителей группы O₁ — отличается меньшей выраженностью, чем у лиц O_{II} и II групп.

Однонаправленные различия, обнаруженные при изучении возрастных изменений показателей, характеризующих механическую стоимость и газообменную эффективность вентиляции, побудили нас считать справедливым сравнение суммарных средних значений показателей у представителей обеих групп больных и здоровых. В таблицах 2 и 3 представлены данные, характеризующие средние величины изменений, полученные у больных групп I и II в момент осуществления

Таблица 2

Показатели вентиляционной способности легких в покое и при нагрузке ШДЛ 80/мин у больных представителей I и II групп и различия между ними

В покое (а)								
M ± m	ЖЕЛ %Д	МВЛ %Д	МОД %Д	ОД %Д	ЧД %Д	АВ %Д	МСВ %Д	КИО ₂ %Д
I	69 ±4	56 ±4	132 ±10	67 ±12	124 ±5	126 ±13	154 ±23	94 ±3
II	61 ±5	53 ±6	112 ±7	54 ±4	108 ±8	102 ±13	120 ±14	100 ±5
Разница	+8	+3	+20	+13	+16	+14	+34	-6
t	1,3	0,4	1,7	0,6	1,7	1,4	1,3	1,1
В нагрузке (б)								
M ± m	МОДн% МОДп		ОДн% ОДп	ЧДн% ЧДп	АВн% АВп	МСВн% МСВп	КИО ₂ н% КИО ₂ п	
I	192 ±12		163 ±12	122 ±4	263 ±27	312 ±25	105 ±4	
II	276 ±22		211 ±20	145 ±11	372 ±40	494 ±55	88 ±5	
Разница	-84		-48	+14	-109	-182	+17	
t	3,3		2,1	2,0	2,3	3,0	2,8	

нагрузки по сравнению с исходным уровнем покоя, принятым за 100%. Данные, характеризующие исходный уровень покоя представлены в верхней части таблиц в % от их должных значений.

Как следует из данных статистической обработки материала таблицы 2, где представлены только средние значения изученных показателей, представители группы I статистически достоверно отличаются от представителей группы II почти вдвое более умеренной общей и альвеолярной гипервентиляцией в условиях нагрузки: если лица II группы увеличивают при нагрузке общую вентиляцию почти втрое, а альвеолярную более чем вчетверо, то больные, представители физического труда (группа I) увеличивают общую вентиляцию менее, чем вдвое, а альвеолярную — менее, чем втрое. Это происходит вследствие более умеренного учащения дыхания у лиц группы I, что вызывает у представителей этой группы лишь умеренное возрастание механической стоимости вентиляции при нагрузке (на 212% в среднем), в противоположность представителям группы II, у которых показатель $\frac{\Delta \text{МСВн}}{\text{МСВп}} \%$ достоверно возрастает почти вчетверо (до +394%). Наиболее существенные различия между представителями обеих групп обнаруживаются в характере изменений газообменной эффективности вентиляции. Если у представителей группы II показатель $\frac{\Delta \text{КИО}_{2\text{II}}}{\text{КИО}_{2\text{II}}} \frac{\text{H}}{\text{П}} \%$ статистически достоверно ($t=2,8$) падает при нагрузке, то у представителей группы I (больные, лица физического труда), этот показатель наоборот, возрастает, чем по-видимому и обеспечивается возможность более экономного расходования энергетических ресурсов дыхательных мышц при нагрузке у этой группы лиц.

При сопоставлении характера вентиляционной реакции на нагрузку между двумя группами больных, обращает на себя внимание, что эти различия в значительной степени повторяют различия между здоровыми представителями обеих групп. Как следует из данных статистической обработки материала таблицы 3, на которой представлены только средние значения изученных показателей, представители группы O_I статистически достоверно отличаются от представителей группы O_{II} умеренным увеличением общей и менее значительным возрастанием альвеолярной вентиляции, что происходит в результате стабилизации частоты дыхания на уровне, характерном для условий покоя, и значительно более умеренного увеличения глубины дыхания (на 100% в среднем в группе O_I и на 18% в среднем в группе O_{II}). Умеренное увеличение общей вентиляции обеспечивает здоровым лицам, представителям группы O_I более экономное, чем у представителей группы O_I расходование энергетических ресурсов

Таблица 3

Показатели вентиляционной способности легких в покое и при нагрузке ШДЛ 80/мин у здоровых представителей О_I и О_{II} групп и различия между ними

В покое (а)								
M ± m	ЖЕЛ %Д	МВ %Д	МОД %Д	ОД %Д	ЧД %Д	АВ %Д	МСВ %Д	КИО ₂ %Д
О _I	83 ±8	131 ±12	92 ±6	95 ±5	100 ±4	75 ±8	95 ±5	101 ±4
О _{II}	100 ±2	85 ±7	120 ±8	132 ±10	94 ±4	101 ±11	136 ±13	107 ±6
Разница	-17	+46	-28	-37	+6	-26	-41	-6
t	2,2	3,3	2,9	3,4	1,0	2,0	3,1	0,9

В нагрузке (б)							
M ± m	$\frac{\Delta \text{МОДн}\%}{\text{МОДн}}$	$\frac{\Delta \text{ОДн}}{\text{ОДн}}$	$\frac{\Delta \text{ЧДн}\%}{\text{ЧДн}}$	$\frac{\Delta \text{АВн}\%}{\text{АВн}}$	$\frac{\Delta \text{МСВн}\%}{\text{МСВн}}$	$\frac{\Delta \text{КИО}_2\text{н}\%}{\text{КИО}_2\text{н}}$	
О _I	198 ±17	200 ±27	105 ±6	274 ±28	306 ±37	110 ±5	
О _{II}	236 ±14	118 ±14	130 ±5	354 ±30	414 ±28	82 ±10	
Разница	-38	+82	-25	-80	-108	+28	
t	1,8	2,7	3,1	2,0	2,3	2,0	

дыхательных мышц. Вместе с тем обращает на себя внимание тот факт, что здоровые лица, представители группы О_I обладают несколько более выраженной, чем представители группы О_{II}, способностью увеличивать газообменную эффективность вентиляции: показатель $\Delta \text{КИО}_2\text{н}/\text{КИО}_2\text{п}\%$ возрастает у них при нагрузке на 10%, в то время как у представителей группы О_{II} он, наоборот, падает на 18%. Таким образом, сопоставление изучаемых показателей у больных и здоровых позволяет высказать положение, что больные — представители группы I и в состоянии патологии сохраняют при нагрузках способность к экономному расходованию энергетических ресурсов дыхательных мышц и не теряют способность увеличивать газообменную эффективность вентиляции, в противоположность больным, представителям профессий, не связанных с систематическим физическим напряжением (группа II), которые эту способность утрачивают.

Относительные величины показателей состояния вентиляционной способности легких, измеряемых в момент нагруз-

ки, как известно, определяются не только абсолютной величиной того или иного параметра функции, но и исходным значением этого параметра в покое, в нашем случае в условиях основного обмена. Возник вопрос, в какой мере различия, обнаруженные при сопоставлении вентиляционной реакции у двух групп больных с легочной патологией и с разным предшествующим производственным анамнезом, обусловлены различиями в исходных значениях исследованных показателей. С этой целью на таблицах 2 и 3, в их верхней части, сопоставлены в % от должных величин, средние значения изученных показателей и их ошибки у обеих групп больных (группы I и II) и здоровых (группы O₁ и O_{II}).

Как следует из данных таблицы 3, минутный объем дыхания в покое (МОД % Д) и объем одного дыхания (ОД в % Д) у представителей группы O₁ был достоверно ниже, чем у представителей группы O_{II}, а уровень альвеолярной вентиляции значительно ниже, чем в последней.

При сходной частоте дыхания в покое, глубина дыхания у представителей группы O₁ была достоверно меньшей.

У больных же группы I, как следует из рассмотрения данных верхней части таблицы 2, минутный объем дыхания (МОД % Д) и объем одного дыхания (ОД % Д) в покое был, наоборот, выше, чем у представителей группы II. Несмотря на более высокую частоту дыхания больные, представители группы I обнаруживали и более высокий уровень альвеолярной вентиляции и более низкую газообменную эффективность вентиляции в покое.

Здесь же заслуживает быть отмеченным на первый взгляд парадоксальный факт: несмотря на большую сохранность у больных, представителей группы I, величины их жизненной емкости легких ($69 \pm 4\%$ Д против $61 \pm 5\%$ Д у представителей группы II), объемы максимальной вентиляции легких в обеих группах оказались одинаковыми, что свидетельствовало о неблагоприятных сдвигах величины резерва дыхания у больных, представителей группы I.

Изучение показателей вентиляционной способности легких в покое у здоровых и больных, представителей физического труда и труда, не связанного с физическими напряжениями, показывает таким образом, что легочная патология оказывает существенное влияние не столько на способность адаптации вентиляции к физическому напряжению, сколько на состояние вентиляции в стандартных условиях покоя. Это положение иллюстрирует рисунок 3.

Как следует из рисунка, направление различий между здоровыми O₁ и O_{II} групп и больными представителями I и II групп в условиях нагрузки остается сходным, несмотря на количественное несоответствие, существующее между здоровыми представителями O₁ и O_{II} групп, где они являют-

ся, по ряду показателей, менее выраженными, и больными I и II групп, где по ряду показателей они выражены в большей степени.

В условиях же покоя, в нашем случае в условиях основного обмена, различия между здоровыми и больными, представителями обеих исследованных групп являются противоположными: если здоровые представители групп O_1 отли-

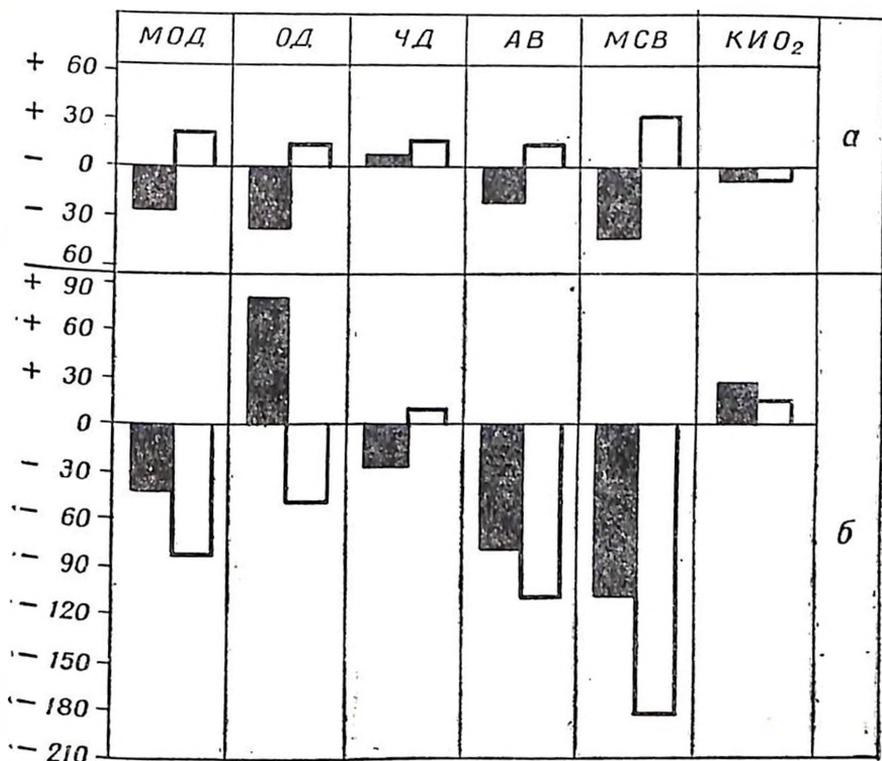


Рис. 3. Различия в относительных средних значениях вентиляционных показателей представителей O_1 группы по сравнению с представителями O_{II} группы (зачерненные столбики) и I группы по сравнению со II (незачерненные столбики); а — данные, полученные в покое; б — данные, полученные в условиях нагрузки.

чаются в покое от представителей профессий, не связанных с физическим трудом, умеренной общей и особенно альвеолярной вентиляцией, редким дыханием и низкой механической стоимостью, то представители группы I, обнаруживают, наоборот, расточительную общую альвеолярную вентиляцию, учащение дыхания и возрастание его механической стоимости, т. е. явления, свидетельствующие о глубокой дезорганизации вентиляционной функции в условиях ее покоя.

Сказанное свидетельствует о том, что особенности вентиляционной реакции в ответ на физическую нагрузку, наблюдаемые у здоровых лиц, предшествующая трудовая деятельность которых была связана с систематически осуществляемым физическим напряжением, сохраняются и в условиях стрессовой ситуации, возникающей в связи с наличием хронического патологического процесса в легочной ткани. Возникновение функциональных нарушений обнаруживается не столько в изменениях показателей вентиляционной способности легких при нагрузке, сколько в дезорганизации механизмов, обеспечивающих вентиляцию легких в условиях покоя.

Статистическая достоверность различий, существующих во всех возрастах между показателями состояния вентиляционной способности легких у двух групп здоровых исследуемых, свидетельствует о целесообразности разработки возрастных нормативов перечисленных показателей с учетом этого обстоятельства.

Устойчивость различий между двумя группами исследуемых и сохранение у лиц, предшествующая трудовая деятельность которых была связана с физическим напряжением, и в условиях патологии более благоприятных и энергетически более выгодных изменений вентиляционной способности легких в ответ на нагрузку, показывает, что сроки наступления функциональных нарушений при хронической легочной патологии у лиц физического труда являются более длительными. Одним из доказательств этого положения являются данные таблицы 1, где было показано, что доля рабочего стажа, связанная с пребыванием на инвалидности у лиц физического труда, страдающих легочной патологией, является меньшей, чем у представителей труда с ограниченными мышечными усилиями и с возрастом, то есть с увеличением длительности адаптации к физическому труду — уменьшается.

ЛИТЕРАТУРА

- Гриценко В. В., Пугина Н. С. Физиол. журнал СССР, т. 1, вып. 9, 182—187, 1964. Кодро Дж., Форстер Р. Е., Дюбуа А. Б., Бриско У. А., Карсен Э. Легкие. Клиническая физиология и функциональные пробы. Пер. с англ., М., 1961. Канаев Н. Н. В кн.: Методические основы использования функциональных исследований в экспертной практике. Под ред. И. И. Лихницкой. Изд. «Медицина», 77, 1965. Лихницкая И. И. Оценка функционального состояния аппарата легочного дыхания. Л., 1960. Муравов И. В. В кн.: Физическая культура и здоровье. Изд. «Здоров'я», Киев, 60, 1967. Рикшева А. Тезисы XII Международного конгресса по спортивной медицине. М., 97, 1958. Шигалевский В. В. В кн.: Физическая культура и здоровье. Изд. «Здоров'я», Киев, 137, 1967. Шкулов В. Л. Состояние

систем кровообращения и дыхания в пожилом и старческом возрасте. Автореф. канд. дисс., Л., 1965. *Ramanathan N. Z. J. Appl. Physiol.*, 19, 3, 497—502, 1964.

**PRODUCTION ANAMNESIS AND AGE-CONDITIONED
PECULIARITIES OF VENTILATION REACTION TO LABORATORY
LOAD IN HEALTHY PERSONS AND IN PATIENTS
WITH LUNG PATHOLOGY**

I. I. LIKHNITSKAYA, V. L. SHKULOV

*Institute of Capacity Determination and Organization of Work
for Invalids, Leningrad*

The authors investigated ventilation of the lungs, its mechanical cost and respiratory metabolism efficacy during rest and during standard physical load, in 111 patients and 142 healthy subjects aged from 20 to 80, having various production anamneses; 133 persons had engaged in physical labour and 120 had engaged in work not involving physical effort. It was found that functional disturbances in patients with chronic pulmonary pathology in persons engaged in physical labour take the form of substantial disorganization of the mechanisms securing ventilation under conditions of rest, rather than in changes in the ventilation reaction to physical strain, retaining the age-conditioned peculiarities typical of the healthy persons of this group. The statistical authenticity of the differences, existing in the normal state and in pathology between the subjects of groups of people with different production anamneses, indicates the expediency of the elaboration of age-conditioned norms of the criteria of the ventilation capacity of the lungs, taking into account the type of production activity.

К ОЦЕНКЕ СОВРЕМЕННЫХ ЗАНЯТИЙ ФИЗИЧЕСКИМ ТРУДОМ С ПОМОЩЬЮ СОПОСТАВЛЕНИЯ ВОЗРАСТНЫХ ГРАНИЦ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И УРОВНЕЙ ФУНКЦИИ КАРДИО-ПУЛЬМОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Е. И. СТЕЖЕНСКАЯ, В. Н. БУГАЕВ

Институт геронтологии АМН СССР, Киев

Научный и технический прогресс во всех сферах труда обусловил значительное снижение физического компонента в большинстве профессий. Многие из них сохраняют лишь формальное отношение к физическому труду. Это не исключает роли физического компонента, достаточного по объему и качеству для всех современных занятий населения, включая и ряд профессий преимущественно умственного характера.

Наши исследования, связанные с изучением влияния характера трудовой деятельности на доживаемость до 80 лет и старше, на уровень работоспособности и состояния здоровья долголетних, показали, что лица физического труда оказались более долговечными и сохраняли более длительно лучшее состояние здоровья, профессиональную и общую работоспособность, чем лица преимущественно умственного труда. Среди лиц 80 лет и старше, занимавшихся сельскохозяйственным трудом, в 2 раза больше число лиц в возрасте 90—99 лет (11,2% в городских поселениях и 8,9% — в сельских); в 3 раза — 100 лет и старше (0,8 и 1,1%), чем среди занимавшихся преимущественно умственным трудом (5,5% 90—99-летних и 0,3% столетних), и в 1,5 раза больше, чем среди занимавшихся физическим трудом в промышленности и кустарно-ремесленном производстве (90—99-летних в городских поселениях 7,9, в сельских — 8,9; столетних соответственно 0,6 и 0,4%). Среди лиц физического труда меньше и уровень пораженности всеми хроническими болезнями, характерными для этого возраста (табл. 1).

Изучение профессионального состава долголетних позволило сделать вывод и о том, что важной для увеличения продолжительной активной жизни является возможность работать в автотемпе и авторитме. К подобному выводу можно прийти и при анализе возрастных границ профессиональной работоспособности занятого населения.

В профессиях, сохраняющих индивидуальный характер работы (например, сельские кузнецы, плотники, столяры, краснодеревщики, печники, стекольщики, водопроводчики,

Таблица 1

Некоторые хронические заболевания у лиц 80 лет и старше при различном характере их труда в прошлом (%)

Хронические заболевания	Мужчины		Женщины	
	умственный	физический	умственный	физический
Атеросклероз сосудов головного мозга	50,5	41,5	64,7	45,8
Атеросклероз коронарных сосудов	69,5	52,5	75,0	52,7
Гипертоническая болезнь	12,4	8,7	17,0	10,6
Болезни органов дыхания	64,0	57,4	64,2	54,9
Болезни органов пищеварения	24,4	12,1	23,4	13,6
Артриты, артрозы, болезни позвоночника	15,9	10,2	35,8	15,8
Катаракта	16,0	10,9	17,4	14,8

УССР, 1960—1967 гг.

мукомолы, садоводы, пчеловоды и ряд других) и сейчас наблюдается расширение возрастных границ работоспособности далеко за пределы пенсионного возраста.

В профессиях более связанных с вынужденным ритмом, темпом и интенсивностью общей нагрузки возрастные границы профессиональной работоспособности сокращаются, несмотря на механизацию основных трудоемких операций. К таким, например, относятся токари, фрезеровщики, автоматчики-станочники, обмотчики, бурильщики, проходчики, бетонщики, трактористы, комбайнеры, экскаваторщики и многие другие.

Труд землекопов относится к категории тяжелого (7,7—10,7 ккал/мин.), поэтому, несмотря на возможность работы в свободном ритме и темпе, верхний «предельный» возраст X_3 в этой профессии в составе, охватывающем 99,7% работающих (в пределах $\pm 3\sigma$), не превышает 58 лет, а в пределах $\pm 2\sigma = X_2$ (т. е. при 95,5% охвате) — не превышает 49 лет. Менее тяжелый труд кузнецов (2,2—4,0 ккал/мин.) дает им возможность работать более длительно — $X_3 = 71$ году, $X_2 = 60$ годам. Еще более длительно имеют возможность работать колесники, тележники — $X = 90$; $X_2 = 75$ годам.

Подобные различия отмечаются и в других отраслях производства. У фрезеровщиков $X_2 = 39$; $X_3 = 46$ годам, а у водопроводчиков $X_2 = 59$; $X_3 = 72$ года; у трактористов — $X_2 = 47,0$; $X_3 = 57,0$; а у садоводов — $X_2 = 63,0$; $X_3 = 76,0$ годам.

Отсюда видно, что и в пенсионном возрасте сохраняется профессиональная работоспособность, если предъявляемые требования к функциям организма не превышают их возможностей. И, наоборот, профессиональная деятельность мо-

жет прекращаться в рабочем возрасте, если функциональные возможности не соответствуют требованиям профессии (Рис. 1).

Поэтому для сохранения профессиональной работоспособности, хотя бы в пределах законодательных границ рабочего возраста, необходимо обеспечить соответствие требований профессионально-производственной обстановки функциональным возможностям организма с учетом его возраста.

Это обуславливает необходимость в экспериментальном физиологическом обосновании параметров физической нагрузки для лиц пожилого возраста.

В основу физической работоспособности на предъявленные в эксперименте нагрузки приняты показатели функциональной способности сердечно-сосудистой и дыхательной систем при продолжительных нагрузках небольшой интенсивности, приближающихся к производственным. Этим требованиям отвечает ходьба на тротуаре со скоростью 3,8; 4,6; 5,2; 6,1 км/час, которую в дальнейшем мы будем называть соответственно первой, второй, третьей и четвертой нагрузками. Каждая из них предлагалась для выполнения в течение 20 мин. в разные дни. Потребление кислорода и функции внешнего дыхания непрерывно регистрировались при помощи респираторного аппарата с закрытой системой до работы, во время нагрузки и последующих 10 минут отдыха. Уровень оксигенации артериальной крови и частота пульса регистрировались при помощи физиографа.

Исследования показали, что в условиях покоя до начала работы отмечаются возрастные различия только в потреблении кислорода. В исходном состоянии оно у молодых (20—29 лет) достоверно выше, чем у пожилых (60—69 лет), что согласуется с данными и других авторов (Binet et Bourleire, 1960; W. Shock, 1956; J. Robertson, 1958; Kogenchewsky, 1961; С. Ф. Головченко, Е. Л. Грабина, 1963). Уровень показателей остальных функций практически одинаков у лиц различного возраста.

Минутное потребление кислорода при всех нагрузках у молодых испытуемых выше, чем у пожилых и равно за первую минуту работы 772 ± 15 мл; $870 \pm 18,3$ мл; $1011 \pm 34,8$ мл; $1620 \pm 32,5$ мл, в то время как у пожилых — 652 ± 23 мл; 698 ± 34 мл; $792 \pm 30,5$ мл; $897 \pm 44,5$ мл. При увеличении интенсивности нагрузки возрастные различия увеличиваются.

При продолжении работы показатели сглаживаются и к 5 минуте потребление кислорода достоверно выше у пожилых, по сравнению с молодыми. У молодых потребление кислорода равно 1159 ± 19 мл; 1312 ± 22 мл; 1438 ± 17 мл; 1620 ± 34 мл; у пожилых соответственно — 1235 ± 44 мл; 1387 ± 38 мл; 1642 ± 19 мл; 1762 ± 37 мл.

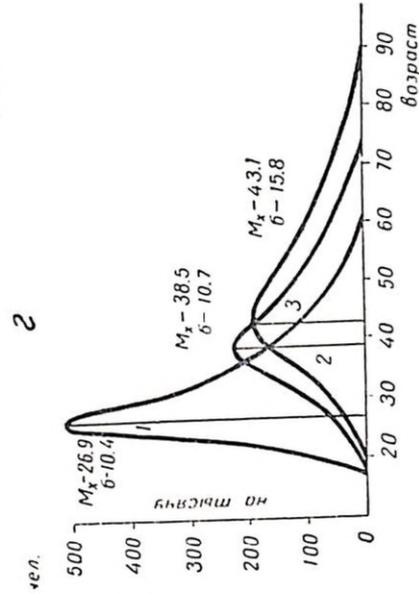
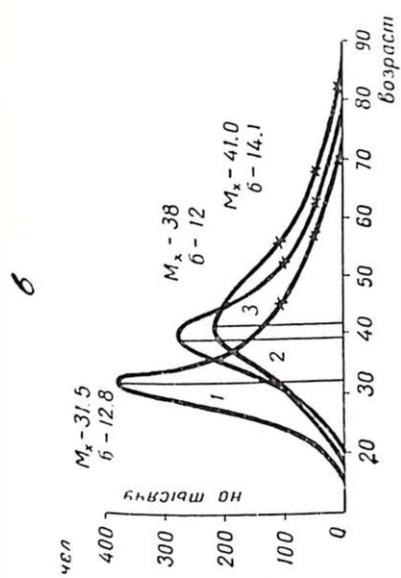
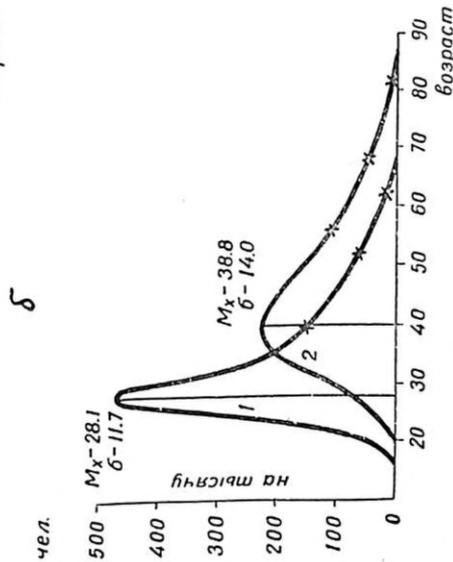
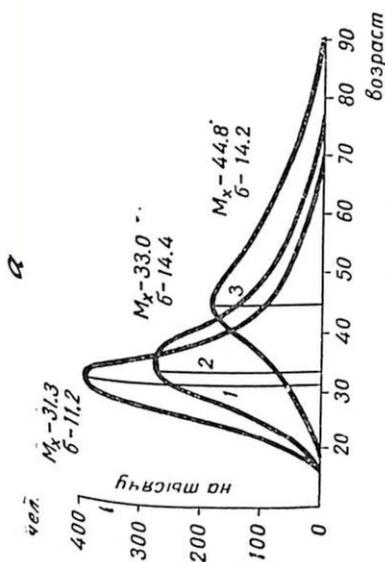


Рис. 1. Распределение мужчин, занятых в данной профессии по возрасту (СССР, 1959 г.).
 Условные обозначения: M_x — средний возраст работающих; σ — среднеквадратическое отклонение
 а) 1 — раздельщики, засолщики, копильщики рыбы; 2 — бойцы и раздельщики туш; 3 — мукомолы, рудалы, обойщики. б) 1 — штукатуры; 2 — печники. в) 1 — машинисты и мотористы на швейных машинах; 2 — закройщики, обмеловщики, портовые. г) 1 — землекопы; 2 — кузнецы; 3 — колесники, каретники.

Легочная вентиляция также была больше выражена у молодых за 1 мин. работы. Соответственно нагрузкам она равна у молодых $18,6 \pm 0,6$ л; $24,6 \pm 0,55$ л; $26,3 \pm 0,65$ л; $30,8 \pm 0,57$ л; и $16,6 \pm 0,98$ л; $19,6 \pm 1,7$; $23 \pm 1,4$; $27,2 \pm 1,3$ л у пожилых.

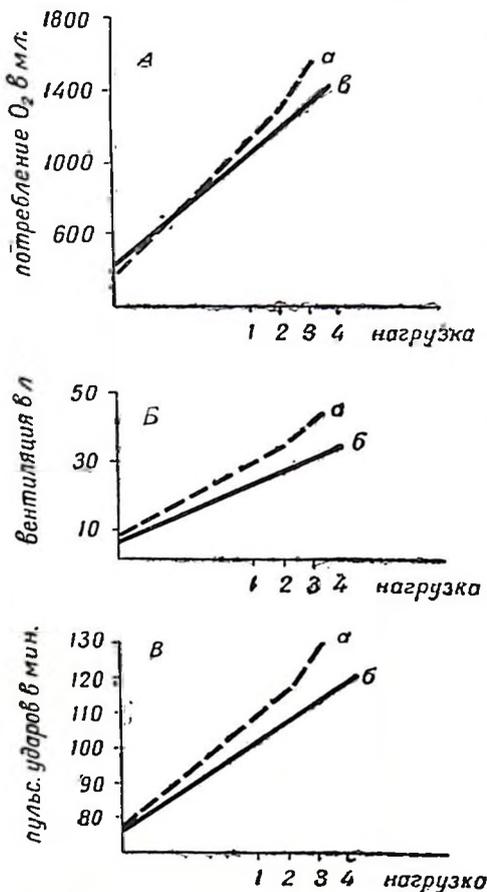


Рис. 3. Изменение поглощения кислорода (А), легочной вентиляции (Б) и частоты пульса (В) в зависимости от нагрузки (а — лица 60—70 лет; б — лица 20—29 лет).

у молодых при первой и второй нагрузках насыщение артериальной крови кислородом снижается в % к исходному на $1-1,6\%$ ($1,0 \pm 0,37\%$; $1,6 \pm 0,59\%$) и на $1,6-2,1\%$ ($1,6 \pm 0,65\%$; $2,1 \pm 0,49\%$) у пожилых. При увеличении нагрузки возрастные различия оксигенации резко выражены. При скоростях $5,2-6,1$ км/час у пожилых уровень оксигемоглобина снижается на $3,15-9,5\%$, а у молодых лишь на $1,5-2,5\%$.

К пятой минуте работы легочная вентиляция как у молодых, так и пожилых значительно возросла, однако у пожилых больше, чем у молодых ($21,5 \pm 0,7$ л; $26,8 \pm 0,9$; $30,3 \pm 0,92$; $31,6 \pm 0,7$ — у молодых; $26,8 \pm 0,98$; $33,9 \pm 1,92$; $44,8 \pm 1,52$; $55,2 \pm 1,47$ — у пожилых).

Аналогичные данные получены нами при исследовании динамики частоты пульса во время работы. На рисунке показано, что частота пульса на 1 минуте работы соответственно у молодых равна — $93,2 \pm 3,05$; $95,8 \pm 3,3$; $117 \pm 4,2$ уд/мин. и у пожилых $92,6 \pm 4,3$; $93,4 \pm 2,6$; $98,2 \pm 2,6$; $102,2 \pm 3,6$.

К пятой минуте работы частота пульса у пожилых больше ($107,2 \pm 5,3$; $115,4 \pm 1,93$; $125,3 \pm 2,8$; $144,2 \pm 0,05$) чем у молодых ($93 \pm 2,8$; $103,5 \pm 3,8$; $111,5 \pm 3,9$; $121,4 \pm 3,7$ уд/мин).

Оксигенация крови к концу первой минуты работы, при первой и второй нагрузках как у молодых, так и у пожилых в среднем мало и не достоверно изменяется. Так,

При оценке работоспособности особый интерес представляет характер и время перехода изучаемых функций в устойчивое состояние и длительное поддержание их на этом уровне, поскольку оно является критерием адаптации организма к предъявленной нагрузке. Отсутствие устойчивого состояния функций в процессе нагрузки является признаком нарушения деятельности физиологических систем организма и чрезмерности нагрузки.

У молодых достигнутые на 3—5 минуте уровни функций поддерживаются до конца всех 4-х нагрузок. У пожилых людей устойчивое состояние наступает у всех испытуемых только при первой и второй нагрузках. При третьей нагрузке устойчивое состояние функций не наступает (5,2 км/час) у 20% испытуемых, а при четвертой нагрузке — у большинства испытуемых пожилого возраста, в результате чего испытуемые вынуждены прекратить выполнение работы на 5—7 минуте. При этом фактором прекращения работы является одышка.

Исходя из того, что пожилые лица не могут выполнять указанную нагрузку, ее следует отнести к максимальной. Наблюдаемое при этом потребление кислорода, равное 1,7 л/мин., практически соответствует максимальной нагрузке, отвечающей аэробной емкости. Установление закономерностей реакций в ответ на нагрузки имеет значение для теоретического обоснования и практического использования при нормировании.

Как было показано рядом авторов (К. Х. Кекчеев, 1931; Г. П. Кондради, А. Д. Слоним, В. С. Фарфель, 1935; Р. Е. Мотылянская, 1936; К. Т. Соколов, 1962; И. В. Мурахов, 1965), при условии небольших нагрузок независимо от возраста отмечается прямая зависимость между функциями организма и величиной нагрузки.

В наших исследованиях эта закономерность сохраняется у молодых при всех нагрузках, а у пожилых нарушается, начиная с третьей нагрузки. При нагрузке, превышающей 4,6 км/час, происходит постепенное повышение линии регрессии с возрастающей крутизной (рис. 3).

Следовательно, при действии нагрузки, ответная реакция изучаемой функции y_1 может быть определена из формулы:

$$y_1 = a_1 G + v_1,$$

где y_1 — значение ответной реакции;

a_1 — постоянная, показывающая изменение y_1 при вариациях $G = 1, 2, 3$.

1 — потребление кислорода,

2 — легочная вентиляция,

3 — частота пульса,

v_i — представляет высоту линии (в единицах измерения y_i в точке, где $G=0$).

Ищем такое теоретическое значение y_i , чтобы сумма квадратов отклонений теоретических от фактических была минимальной, т. е., чтобы:

$$\sum_{j=1}^n (y - y_j)^2 = \min, \text{ где}$$

где Σ — знак суммирования,

j — количество наблюдений от 1 до n .

вместо y_i подставляем теоретическое значение:

$$\sum_{j=1}^n (y - a_i G - b_i)^2 = \min$$

$$\sum_{j=1}^n (y_j - a_i G_j - b_i)^2 = \min$$

Функция достигает экспериментального значения при обращении в нуль частных производных по независимым переменным. В нашем случае независимые переменные a_i и b_i

$$\frac{\partial \Sigma}{\partial a_i} = 0 \quad \frac{\partial \Sigma}{\partial b_i} = 0$$

Продифференцировав, запишем:

$$\sum_{j=1}^n (y_j - a_i G_j - b_i) (-G_j) = 0$$

$$\sum_{j=1}^n (y_j - a_i G_j - b_i) (-1) = 0$$

После ряда преобразований получим:

$$a_i \sum_{j=1}^n G_j + b_i \sum_{j=1}^n G = \sum_{j=1}^n y_j G_j$$

Это алгебраическая система двух уравнений с двумя неизвестными a_i и b_i . Решаем ее по правилу Крамера:

$$a_i = \frac{n \cdot \sum_{j=1}^n y_j G_j - \sum_{j=1}^n G_j \cdot \sum_{j=1}^n y_j}{n \cdot \sum_{j=1}^n G_j^2 - \left(\sum_{j=1}^n G_j \right)^2}$$

$$b_i = \frac{\sum_{j=1}^n G_j^2 \sum_{j=1}^n y_j - \sum_{j=1}^n G_j \cdot \sum_{j=1}^n y_j \cdot G_j}{n \cdot \sum_{j=1}^n G_j^2 - \left(\sum_{j=1}^n G_j \right)^2}$$

Подставив полученные в эксперименте данные, получим: частота пульса P_G выражается формулой у молодых лиц:

$$P_G \text{ lim } 3,8 - 6,1 = 11,7G + 48;$$

а у пожилых:

$$P_G \text{ lim } 3,8 - 4,6 = 16G + 41;$$

величина потребления кислорода Q_G ;

у молодых:

$$Q_G \text{ lim } 3,8 - 6,1 = 189G + 430;$$

у пожилых:

$$Q_G \text{ lim } 3,8 - 4,6 = 230G + 350;$$

Легочная вентиляция L_G ;

у молодых:

$$L_G \text{ lim } 3,8 - 6,1 = 4,5G + 6,1;$$

у пожилых:

$$L_G \text{ lim } 3,8 - 4,6 = 5,5G + 7,0$$

Из представленного видно, что лицам пожилого возраста для достижения одинакового значения функций требуется меньшая нагрузка, чем молодым. При одинаковой нагрузке у лиц пожилого возраста наблюдается большее изменение функций по сравнению с молодыми. Следовательно, одна и та же нагрузка, выраженная в кгм работы или в пройденном пути, предъявляет различные требования к организму пожилых и молодых. Поэтому, ходьба со скоростью 6,1 км/час для пожилых является чрезмерной, превышающей функциональные возможности кардио-пульмональной системы, а для молодых вполне адекватна их возможностям.

Время восстановления изучаемых нами функций изменялось также в связи с возрастом испытуемых и величиной нагрузки. У лиц пожилого возраста время восстановления достоверно затягивается, и неодинаково для отдельных функций, что является следствием ухудшения коррелятивной связи между дыханием и кровообращением, нарушением координации функций в период реституции. Подтверждением этому могут служить данные А. В. Пенкнович (1964) и А. В. Карпенко (1961), показавших, что степень «разрыва» восстановления функций дыхания и кровообращения в результате роста тренированности уменьшается.

Полученные данные могут служить основанием для оценки и коррекции рабочих нагрузок и рационализации режима труда и отдыха в соответствии с нагрузкой и возрастом работающих при экспертизе трудоспособности и трудовых рекомендаций для лиц пожилого возраста. При этом, в качестве

допустимого следует принимать потребление кислорода не превышающее 1,4 л/мин. в условиях длительного устойчивого состояния других функций кардио-пульмональной системы.

ЛИТЕРАТУРА

Головченко С. Ф., Грабина Е. Л. В сб.: Механизмы старения. Киев, 1963. Карпенко Л. И. Теор. и практ. физ. культ., 3, 42, 1964. Кекчеев К. Х. В кн.: Физиология труда, 1931. Конради Г. П., Слоним А. Д., Фарфель В. С. В кн.: Физиология труда, 1935. Мотылянская Р. Е. Спорт и возраст, 1956. Муравов И. В. В кн.: Кровообращение и старость, 1965. Пенкнович А. А. Теор. и практ. физ. культ., 12, 912, 1961. Соколов К. Т. В сб.: Вопросы геронтологии и гериатрии, 1962.

EVALUATION OF PRESENT OCCUPATIONS INVOLVING PHYSICAL LABOUR BY COMPARING AGE BOUNDARIES OF VOCATIONAL CAPACITY AND THE FUNCTIONAL LEVEL OF THE CARDIOPULMONARY SYSTEM

E. I. STEZHENSKAYA, V. N. BUGAYOV

Institute of Gerontology of the Academy of Medical Sciences of the USSR, Kiev

An analysis of the occupational composition of longevous persons and the occupational and age composition of the working population of the USSR was the basis for the evaluation of the duration of occupational work and its dependence on the degree of the forced rate, rhythm, amount and regimen of the work performed in occupations involving physical work. The «average» (Mx) and «upper limit» ($mx+2b$) ages are used for the evaluation.

The significance of age individualization of the load, rate, rhythm and regimen of work is also indicated by the results of an investigation of the functional state of the cardiovascular and respiratory systems in young and elderly men in response to equal loads. The respective regression equations are an expression of the age-conditioned peculiarities of the reaction. Physical loads are recommended for elderly persons, which do not evoke, during long exposure to them, a heart beat exceeding 115 per minute, a pulmonary ventilation of over 32 litres per minute and oxygen consumption of more than 1387 ml per minute.

V. ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ТРЕНИРОВКИ НА СТАРЕЮЩИЙ ОРГАНИЗМ

ДИНАМИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ У ЛИЦ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА ПОД ВЛИЯНИЕМ АКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЬНОГО РЕЖИМА

*Н. Б. МАНЬКОВСКИЙ, А. Я. МИНЦ,
С. В. ЛИТОВЧЕНКО, Р. П. БЕЛОНОГ*

Институт геронтологии АМН СССР, Киев

Одним из важнейших лечебно-профилактических мероприятий в комплексе гериатрических средств является активный двигательный режим. Последний может быть наиболее эффективным лишь при учете возрастных изменений организма, его реактивности, адаптационных возможностей как отдельных органов и систем, так и всего организма в целом.

В настоящем сообщении приводятся некоторые особенности функционального состояния центральной нервной системы, выявленные у лиц пожилого возраста, и динамика ряда показателей в процессе курса активного двигательного режима.

Все пациенты проходили комплексное обследование и курс активного двигательного режима в условиях стационара Института геронтологии. Все обследуемые представляли собой практически здоровых людей, большинство из которых ведут активный образ жизни, занимаясь домашним хозяйством, общественной деятельностью, или продолжая службу в учреждениях и на предприятиях.

Основные неврологические симптомы у обследованных лиц характеризовались астеническими проявлениями (нарушения сна, эмоциональная лабильность, быстрая утомляемость), снижением функций рецепции, нерезкими амиостатическими нарушениями (уменьшение пластичности движений, замедление их темпа, недостаточность содружественных движений, их амплитуды и скорости), снижением сухожильных рефлексов, вегетативно-трофическими изменениями, незначительными церебральными дисциркулярными нарушениями.

Необходимо подчеркнуть, что далеко не все изменения, наблюдаемые у пожилых и старых людей, следует относить к возрастным особенностям. Развивающиеся симптомы могут быть обусловлены заболеваниями, хотя и нерезко выраженными, но часто встречающимися в этом возрастном периоде (это в первую очередь касается церебрального атеросклероза) и рядом других отрицательных факторов, влияющих на организм в течение жизни. Тем не менее, сопоставление динамики этих изменений в последующих возрастных группах

позволяет в определенной мере определить зависимость их от старения или других причин, осложняющих старость. Это следует учитывать как при выборе терапии, так и при оценке ее эффективности.

Примененный активный двигательный режим, разработанный И. В. Муравовым и сотрудниками, включал полуторамесячный цикл занятий, важным принципом которых являлась постепенность тренировки нарушенных механизмов адаптации организма за счет осторожного включения в занятия упражнений возрастающей интенсивности, силовых нагрузок, статических напряжений. В основу организации двигательного режима была положена общеоздоровительная направленность. Большое внимание было уделено систематическим занятиям лечебной ходьбой, как одному из действенных способов тренировки сердечно-сосудистой и дыхательной систем. В процессе занятий использовались упражнения с переменной положения тела в пространстве (наклоны, повороты, упражнения лежа). Большое внимание уделялось развитию и совершенствованию скорости, силы, координации движений. Важное значение в комплексе занятий придавалось в восстановительном периоде элементам активного отдыха (дыхательные упражнения, переключения на другой вид мышечной деятельности, чередование работы различных мышечных групп, включение в работу ранее не работавших мышц).

Наши клинические наблюдения показали, что после курса активного двигательного режима наряду со значительным улучшением общего состояния, появлением бодрости, снижением астенических проявлений, происходят заметные сдвиги в моторных функциях. Это сказывается прежде всего на темпе движений, повышении их пластичности, улучшении сложных двигательных функций (ходьба, письмо и т. д.). Еще в 1931 году Critchley подчеркивал, что наблюдаемое при старении снижение скорости двигательных реакций проявляется как в волевых, так и в автоматических, инстинктивных двигательных актах.

Для гериатрической практики, по-видимому, представляет определенный интерес и тот факт, что под влиянием физических упражнений уменьшались такие вазомоторные нарушения как мимолетные головокружения при резкой перемене положения тела, боязнь высоты и др.

Для суждения о динамике некоторых важных показателей деятельности центральной нервной системы под влиянием двигательного режима были использованы клинико-физиологические методы исследования, отражающие состояние церебральной гемодинамики, некоторых сторон высшей нервной деятельности и биоэлектрической активности мозга.

С целью изучения состояния мозгового кровообращения нами проводились реоэнцефалографические (РЭГ) исследо-

вания до и после курса двигательного режима. Реография основана на регистрации изменения электрического сопротивления органа в зависимости от объема притекающей к нему крови, дает возможность судить о состоянии сосудистой стенки, о кровенаполнении исследуемого участка.

Исходные данные РЭГ у обследованных пожилых лиц были близки к тем средним возрастным показателям, которые нами установлены ранее (А. Я. Минц, М. А. Ронкин, 1967). Форма реоэнцефалографической волны была у боль-

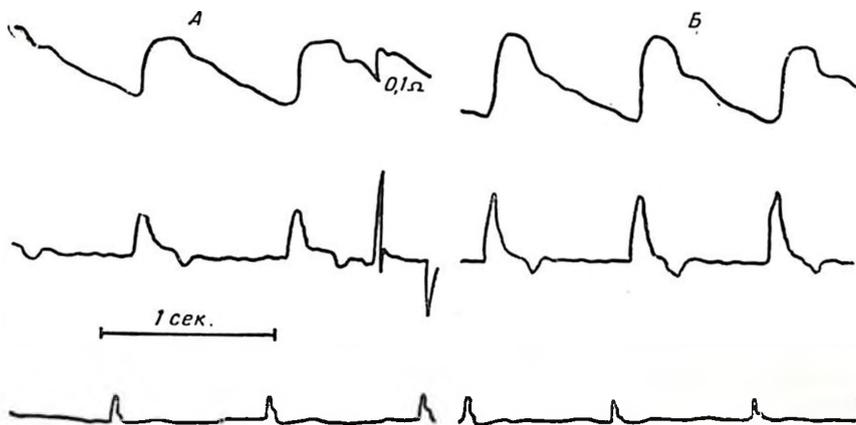


Рис. 1. Изменения реоэнцефалограммы под влиянием занятий физическими упражнениями. Исп. И-а, 60 лет.

А — РЭГ в покое; Б — РЭГ после курса активного двигательного режима.

шинства больных с вершиной в виде плато, горбовидной или аркообразной. На нисходящей части кривой обычно имелась одна слабовыраженная дополнительная волна или дополнительные волны вовсе не регистрировались.

Под влиянием активного двигательного режима мозговая гемодинамика по данным РЭГ имела тенденцию к улучшению. Наблюдалось снижение тонуса церебральных сосудов, увеличивалось кровенаполнение мозга (рис. 1).

Особенно показательные сдвиги были выявлены при функциональной РЭГ. С этой целью до и после курса активного двигательного режима при реоэнцефалографических исследованиях применялась дозированная физическая нагрузка — тройная проба Мастера (96 подъемов на 25 см за 4 мин. 50 сек.). Регистрировались данные покоя и восстановительного периода.

Функциональная РЭГ позволила констатировать после курса активного двигательного режима значительное улучшение показателей мозговой гемодинамики и большую устой-

чивость ее к физическим нагрузкам в пожилом возрасте. Это отмечалось даже в тех случаях, когда реоэнцефалограмма «покоя» не выявляла существенных изменений в связи с проводимой терапией.

Состояние основных процессов высшей нервной деятельности изучено по анализу данных сенсомоторного темпа, полученных при применении методики «отыскивания чисел». В качестве объективных показателей регистрировалась скорость реакций и правильность выполнения заданий. В предъявляемом задании предусматривалось три варианта опытов. Первый вариант позволял выяснить некоторые показатели подвижности нервных процессов, второй — определение работоспособности нервной системы, третий — изучение формирования системы временных связей.

Результаты проведенных исследований показали, что после проведения курса занятий физическими упражнениями почти во всех случаях отмечалось улучшение процесса тренируемости, проявляющееся в укорочении времени выполнения последующих заданий. Предел тренируемого, отражающий состояние подвижности нервных процессов, до начала лечения в среднем был равен 40,5 сек., после окончания лечения 34,7 сек. Статистическая обработка материала показала высокую степень достоверности выявленных различий.

Значительно повысилась работоспособность нервной системы, определяемая длительной, напряженной, однообразной работой. Общее время выполнения задания до лечения в среднем составляло 659 сек., после лечения 597 сек. ($p < 0,1$). Укорочение времени выполнения задания в основном обусловлено повышением интенсивности производимой работы, то есть уменьшением количества тормозных пауз.

При выполнении поставленной задачи основную роль играет психический процесс внимания, определяющий объем и устойчивость сенсорной установки. В обеспечении этого процесса главное место принадлежит ретикулярной формации, поддерживающей определенный тонус корковых клеток. Результаты исследований позволяют полагать, что адекватное применение физической нагрузки способствует повышению активирующего влияния ретикулярной формации на кору, чем и достигается определенная степень повышения работоспособности нервной системы, то есть повышается пропускная способность корковых клеток. В качестве примера положительного влияния активного двигательного режима приводим иллюстрацию протокола исследования (рис. 2).

Исследования, направленные на формирование сложных систем временных связей, показали, что эта функция нервной системы под влиянием активного двигательного режима существенно не меняется.

Таким образом, экспериментально-психологические исследования указывают на возможность функционального повышения подвижности нервных процессов, работоспособности

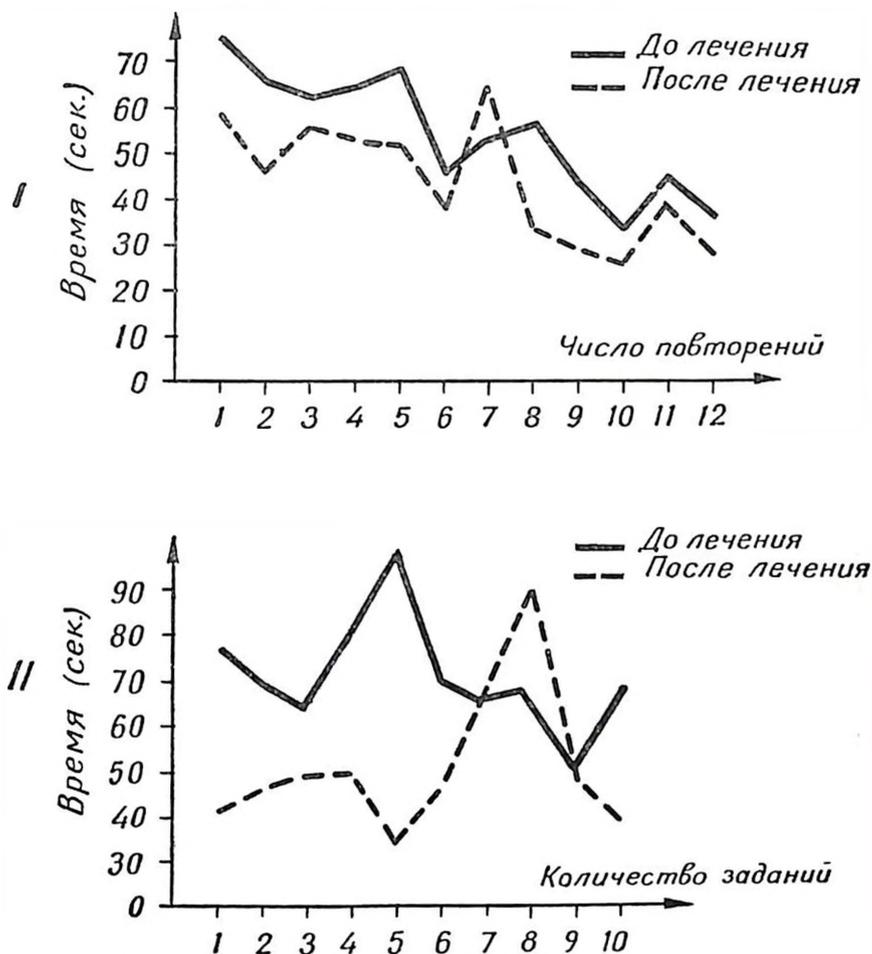


Рис. 2. Индивидуальный график выполнения экспериментально-психологических заданий. Исп. О-к, 65 лет.

I — показатели сенсомоторного темпа в процессе 12-кратного повторения одного и того же задания; II — время выполнения отдельных заданий, определяющее работоспособность нервной системы; Сплошная линия — до, — пунктирная — после занятий физическими упражнениями.

нервной системы у лиц пожилого возраста при использовании активного двигательного режима.

Представляют определенный интерес результаты электроэнцефалографических (ЭЭГ) исследований у лиц старше 60 лет в процессе терапии активным двигательным режимом.

ЭЭГ у людей старше 60 лет отличается значительно большим полиморфизмом, чем в молодом возрасте. Тем не менее, наиболее характерные изменения ЭЭГ у пожилых и старых людей проявляются дезорганизацией и десинхронизацией альфа-ритма, увеличением числа плоских ЭЭГ кривых.

До начала курса лечения средняя частота альфа-ритма была $9,2 \pm 0,05$ сек., а средняя амплитуда $56,0 \pm 1,1$ мкв.

По существу важным представлением реакция усвоения световых раздражений является своеобразным показателем электрической реактивности головного мозга и позволяет в известной степени судить о состоянии нейродинамических процессов. Условно по диапазону усвоения световых мельканий мы различаем четыре степени реактивности: высокую, среднюю, низкую и группу «ареакторов». Анализ характера биоэлектрических ответных реакций на световую ритмическую стимуляцию показал, что эффект перестройки и ритм раздражения в $1/3$ наблюдений отсутствовали («ареактивная группа»), в остальных наблюдениях реакция перестройки ограничивалась изоритмами или частотами, близкими к собственному ритму. Лишь у трех наблюдаемых отмечен высокий уровень усвоения световых раздражителей.

Следовательно, у большинства обследуемых лиц имели место нерезкие диффузные изменения электроэнцефалографической картины мозга как исходной, так и при функциональных нагрузках. Эти сдвиги обычно расцениваются как показатели возрастных и начальных атеросклеротических изменений центральной нервной системы.

Анализируя электроэнцефалографические данные после проведенного лечения двигательным режимом, мы обращали внимание на восстановление регулярности колебаний потенциалов, повышение амплитудных характеристик, индекса альфа-ритма, расширение диапазона усвоенных ритмов и др.

Если до активного двигательного режима варианты электроэнцефалографической нормы были зарегистрированы у одной трети обследованных, то после проведения занятий число электроэнцефалографических кривых, близких норме, увеличилось вдвое. Наблюдалось в значительной мере восстановление регулярности альфа-ритма, повышалась его амплитуда, нередко исчезали в передних отделах медленные формы потенциалов (рис. 3).

При ритмической световой стимуляции под влиянием занятий физическими упражнениями констатируется в известной степени оживление протекания биоэлектрических ответных реакций на свет, в ряде случаев происходит расширение диапазона усвоения навязанных ритмов или появление ранее отсутствовавшей реакции усвоения.

Значительно укорачивается период «вработывания» и последствия. Аналогичные результаты получены и при про-

бе «открывания — закрывания» глаз. Указанное обстоятельство, по-видимому, свидетельствует в значительной степени о функциональном, динамическом и еще обратимом характере выявляемых до лечения электроэнцефалографических изменений у пожилых лиц.

Таким образом, в результате комплексного обследования, мы могли констатировать, что после курса активного двигательного режима уменьшается инертность нервных про-

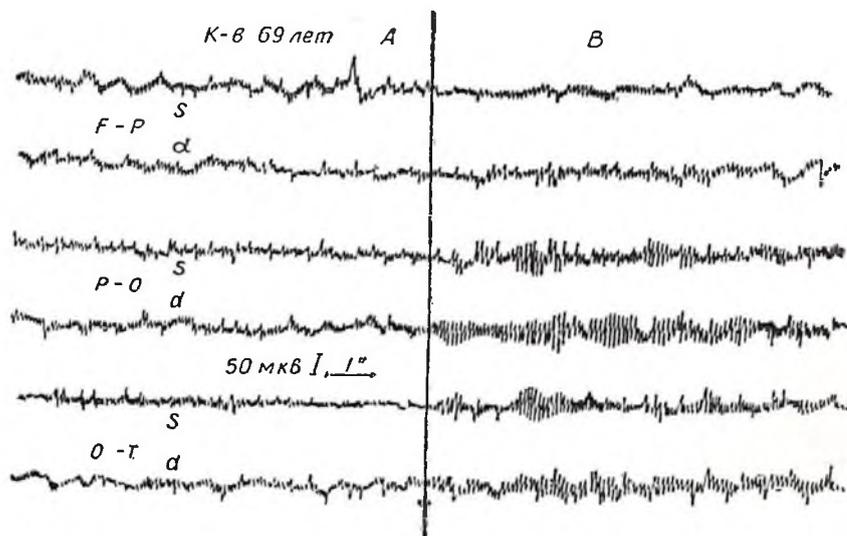


Рис. 3. Изменения электроэнцефалограммы под влиянием активного двигательного режима.

А — ЭЭГ до занятий физическими упражнениями. Исп. К-в, 69 лет. Фоновая кривая представлена грубо дезорганизованной альфа-активностью с частотой 9,5 пер/сек. до 30 мкв. В передних отделах мозга регистрируются дельта-волны; В — ЭЭГ после занятий активным двигательным режимом — восстановление регулярности альфа-ритма, исчезновение медленных форм потенциалов в передних областях мозга. Обозначение: F-P лобно-теменная, P-O — теменно-затылочные, O-T — затылочно-височные отведения. S — левое, d — правое полушарие.

цессов, расширяются возможности адаптации к внешним воздействиям на фоне значительного улучшения клинического состояния пациентов.

Выше мы уже отмечали некоторые изменения неврологической симптоматики и в частности моторики под влиянием активного двигательного режима. Проведенные клинко-физиологические исследования могут способствовать правильной интерпретации этих сдвигов.

В настоящее время имеются убедительные данные о том, что ретикулярная формация ствола мозга содержит структуры для дифференцированного влияния на специфические мышечные группы, тонические и физические компоненты

каждого движения. Своеобразные изменения мышечного тонуса, вплоть до ригидности, брадикинезия и некоторые другие двигательные расстройства весьма характерные для старости следует в значительной степени связывать с нарушением облегчающих влияний ретикулярной формации.

Следует полагать, что снижение активности гамма-эфферентной системы с возрастом, зависящей от общего уровня активности центральной нервной системы, также играет определенную роль в генезе указанных неврологических симптомов.

Отмечаемый у пациентов старших возрастов в процессе активного двигательного режима терапевтический эффект, как показали специальные исследования, сочетался с активацией функционального состояния центральной нервной системы.

В работах Д. Ф. Чеботарева, В. В. Фролькиса, И. В. Муравова и др. убедительно показано, что активный двигательный режим способствует улучшению функциональных возможностей сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Естественно, что все эти факторы положительно сказываются на церебральной гемодинамике, способствуя смягчению и исчезновению ряда неврологических симптомов. В то же время значительная роль в терапевтическом эффекте активного двигательного режима принадлежит собственным влияниям двигательной активности и физической тренировки на функциональное состояние центральной нервной системы и ее высших отделов. При этом немаловажном режиме потока проприоцептивной импульсации с мышечно-суставного аппарата на ретикулярную формацию, по-видимому, осуществляется неспецифическое тонизирующее влияние на функциональное состояние вышележащих отделов головного мозга.

Наши клинические наблюдения и специальные исследования позволяют рекомендовать активный двигательный режим как одно из эффективных средств общегериатрического воздействия.

Активный двигательный режим должен найти широкое применение в предупреждении преждевременного старения.

ЛИТЕРАТУРА

- Мицц А. Я., Ронкин М. А. Реографическая диагностика сосудистых заболеваний головного мозга. Киев, 1967. Муравов И. В. В сб.: Кровообращение и старость. Киев, 40—53, 1965. Муравов И. В. В сб.: Приспособительные возможности стареющего организма. Киев, 283—300, 1968. Фролькис В. В. В сб.: Мышечная деятельность и функции организма при старении. Киев, 33—35, 1968. Чеботарев Д. Ф., Фролькис В. В. Сердечно-сосудистая система при старении. Л., 1967. Critchley M.— The Lancet, 6, 1931, 1221—1231.

DYNAMICS OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM IN OLD PEOPLE UNDER THE EFFECT OF AN ACTIVE MOTOR REGIMEN

M. B. MANKOVSKY, A. Y. MINTZ, S. V. LITOVCHENKO,
R. P. BELONOG

*Institute of Gerontology of the Academy of Medical Sciences
of the U.S.S.R., Kiev*

After a special course of active motor regimen in old people the authors noted, along with improvement in the general state, definite favourable changes in the neurological symptoms and some physiological criteria.

Movements become more plastic, there is an improvement in complex motor functions and an increase in the rate of motion.

According to the rheoencephalographic data, the motor regimen causes an improvement in the brain hemodynamics and makes it more resistant to physical loads.

An experimental psychological investigation showed a rise in the sensorimotor rate, an improvement in training capacity and capacity for mental work.

After the active motor regimen the EEG recorded recovery of the regularity of alpha-rhythm, an increase in its amplitude and an extension of the range of assimilation of imposed rhythms.

The improvement in the functional state of the nervous system after a course of active motor regimen is, evidently, due both to the general improvement in the circulatory and respiratory functions, and to brain hemodynamics directly and intensification of the proprioceptive pulsation currents from the muscle and joint apparatus to the reticular formation.

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ТРЕНИРОВКИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ И ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМ МУЖЧИН СТАРЧЕСКОГО ВОЗРАСТА

С. М. ШТРАУЦЕНБЕРГ

*Институт спортивной медицины,
Восстановительный центр, Дрезден, ГДР*

В настоящее время в структуре населения ГДР происходят глубокие изменения. Доля людей в возрасте 60 лет и выше по сравнению с 1940 годом увеличилась в три раза, причем число лиц в возрасте свыше 75 лет превышает 800 тысяч. Однако проблемы, связанные с указанными структурными изменениями, определяются не только увеличением в общей численности населения людей пожилого возраста, но и тем фактом, что в настоящее время каждый пятый пенсионер еще занят в производственном процессе.

К 1980 году число людей в возрасте свыше 60 лет в общем количестве населения еще более увеличится, так как к этому времени продолжительность жизни женщин увеличится до 75, а мужчин до 70 лет.

Эти положения заслуживают особого внимания; только учитывая их, можно будет обеспечить для пожилых людей условия для активной и полноценной жизни.

Необходимо отметить, что в настоящее время две трети людей в возрасте свыше 60 лет страдают какой-либо хронической болезнью. Это ограничивает их участие в жизни общества и требует разработки целого ряда мероприятий, направленных на укрепление здоровья и поддержания трудоспособности пожилых людей.

По данным международных организаций здравоохранения среди хронических заболеваний на первом месте находятся болезни сердечно-сосудистой системы. Они составляют около 50% всех заболеваний. Основной причиной, вызывающей эти заболевания, считают наличие нарушения регуляции кровяного давления, нарушения жирового и углеводного обмена, недостаток двигательной активности, потребление никотина и психические перенапряжения.

Многочисленными исследованиями (Е. Джокл, М. Карвонен, Т. Куретон, Д. Матеев, И. В. Муравов, В. Рааб, Г. Рейнделл и др.) установлено, что фактором, противостоящим развитию наиболее распространенных и опасных для жизни заболеваний, могут служить правильно подобранные

в соответствии с состоянием здоровья физические упражнения.

Это высказывание можно подтвердить результатами наших исследований групп пожилых спортсменов (73 человека), средний возраст которых составлял 61,2 года. Испытуемые с юношеских лет занимаются спортом и ежедневно — утренней гимнастикой.

В процессе исследований изучались следующие показатели:

1. Частота пульса в покое и ее изменения после нагрузки (тридцать приседаний за одну минуту) и при ортостатической пробе;

2. Артериальное давление в покое после нагрузки и при ортостатической пробе;

3. Жизненная емкость легких;

4. Максимальное поглощение кислорода по Астранду;

5. Электрокардиограмма в условиях покоя и после нагрузки;

6. Некоторые показатели обмена веществ (содержание холестерина, нейтральных жиров, сахара крови).

Результаты исследований сравнивались с известными показателями, полученными у людей аналогичного возраста.

Наши исследования свидетельствуют о том, что у спортсменов пожилого возраста в условиях покоя отмечаются более низкие величины частоты сокращений сердца, чем у лиц этого возраста, обследованных К. Вецлером, но выше того уровня, который был обнаружен Г. Меллеровичем у тренированных спортсменов (рис. 1).

Показатели артериального давления (систолическое, диастолическое и среднее давление) превышают уровень давления, приведенный в своих исследованиях Меллеровичем, но не отличаются от величин, свойственных пожилым людям.

Вместе с тем, в показателях жизненной емкости легких по сравнению с должными величинами в отдельных возрастных группах обнаруживаются значительные отличия. Отчетливое влияние спортивных упражнений отмечается и в изменениях максимального поглощения кислорода. Величина этого показателя, зарегистрированная у 24 спортсменов пожилого возраста, значительно выше нормальных значений лиц соответствующего возраста, приведенных Астрандом (рис. 2).

Сравнительный анализ данных электрокардиографического метода исследований, полученных нами, с результатами, зарегистрированными М. Карвоненом у рабочих-лесорубов и у служащих с преимущественно сидячим образом жизни, свидетельствуют о том, что относительно небольшая интенсивность физической нагрузки не ведет к заметным сдвигам под влиянием тренировки (табл. 1).

ЧАСТОТА ПУЛЬСА

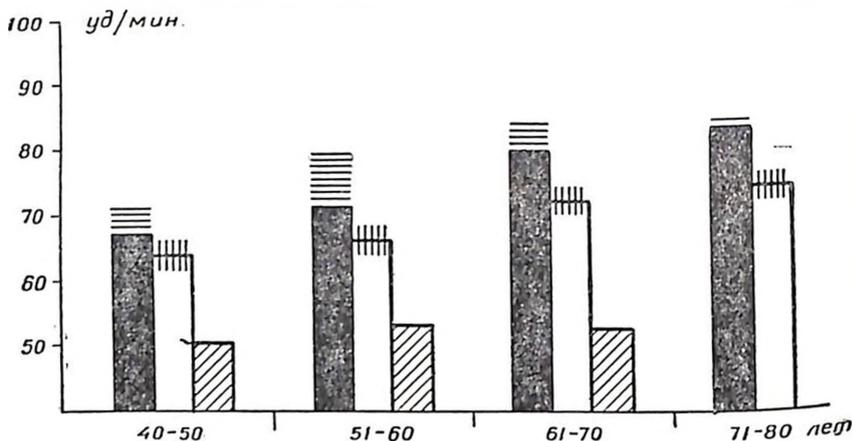


Рис. 1. Показатели частоты пульса в условиях покоя у старых спортсменов (светлые столбики) в различных возрастных группах в сопоставлении с данными Wezler (темные столбики) для здоровых лиц и Mellergowicz (столбики с косой штриховкой) для спортсменов соответствующего возраста (прямой штриховкой показана величина среднего квадратического отклонения).

максимальное потребление O_2 мл/кг мин.

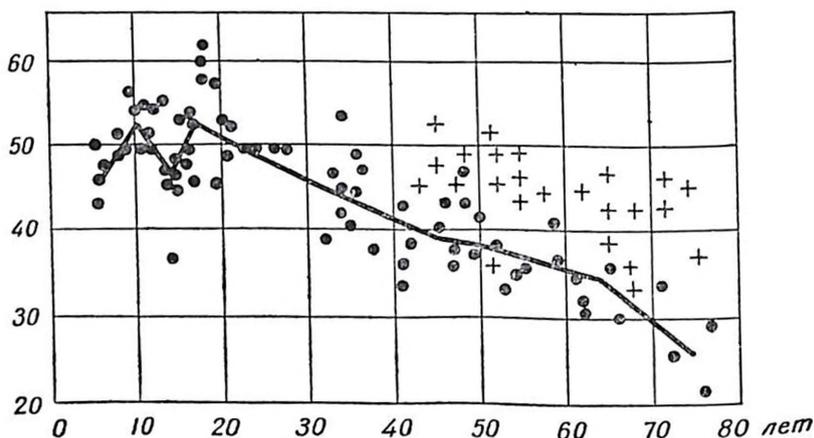


Рис. 2. Максимальное потребление кислорода у старых спортсменов (24 чел.) в сравнении с нормальными возрастными показателями по Astrand.

Показатели частоты патологических изменений электрокардиограмм у лесорубов; служащих бюро в возрасте 40—59 лет (Карвоиен) и у спортсменов пожилого возраста Дрездена, %

Изменения электрокардиограммы	Лесорубы	Другие специальности	Спортсмены
Признаки перенесенного инфаркта	0,8	3,9	0
Понижение ST	1,6	6,2	5,0
Уплощение T	8,4	13,1	11,0
Удлинение PQ	2,9	3,0	2,7
Расширение QRS	3,2	2,8	2,7
Аритмия	3,2	3,0	1,4

Функциональные пробы с физической нагрузкой показали, что процессы приспособления к условиям мышечной деятельности зависят не только от уровня физической подготовленности, но и от возраста.

Для того, чтобы это выразить более отчетливо, мы подразделили общую группу на подгруппы со средним возрастом 52,1 и 71,8 лет. Величины частоты сокращений сердца и артериального давления в обеих группах уже через 3 минуты достигают исходного уровня (рис. 3).

Что касается регуляции обмена веществ, то у пожилых спортсменов определяется заметно меньшая концентрация холестерина в крови по сравнению с показателями лиц этой же возрастной группы, не занимающихся физическими упражнениями. Если даже не иметь в виду простую взаимозависимость между содержанием холестерина в крови и степенью атеросклероза, то в этом случае обнаруженные сдвиги свидетельствуют о хорошей регуляции обмена веществ. Благоприятное влияние спортивных нагрузок сказывается также и на концентрации нейтральных жиров, не эстерифицированных жирных кислот и на регуляции углеводного обмена.

Вместе с тем, нам кажется необходимым при оценке полученных результатов учесть следующее. Активный спортсмен в пожилом возрасте вовсе не является типичным представителем основной части населения, во всяком случае, в настоящее время. Спортсмены — это люди, которые с ранних лет по своему складу любят движения и систематически занимаются физическими упражнениями.

Результаты исследований являются дальнейшим подтверждением отстаиваемого нами мнения, что с врачебной точки зрения и, в частности, с точки зрения спортивного врача желательно, чтобы многие пожилые люди регулярно и активно занимались физическими упражнениями. Однако

этому мнению противостоят представления, которые в настоящее время нуждаются в специальной разработке.

Необходимо учесть тот факт, что физические упражнения становятся эффективными лишь в том случае, если они являются более сильным раздражителем по сравнению с нагрузкой, которая имеет место в повседневной жизни. Это положение согласуется с выводами, сделанными другими учеными на основании их собственных исследований.

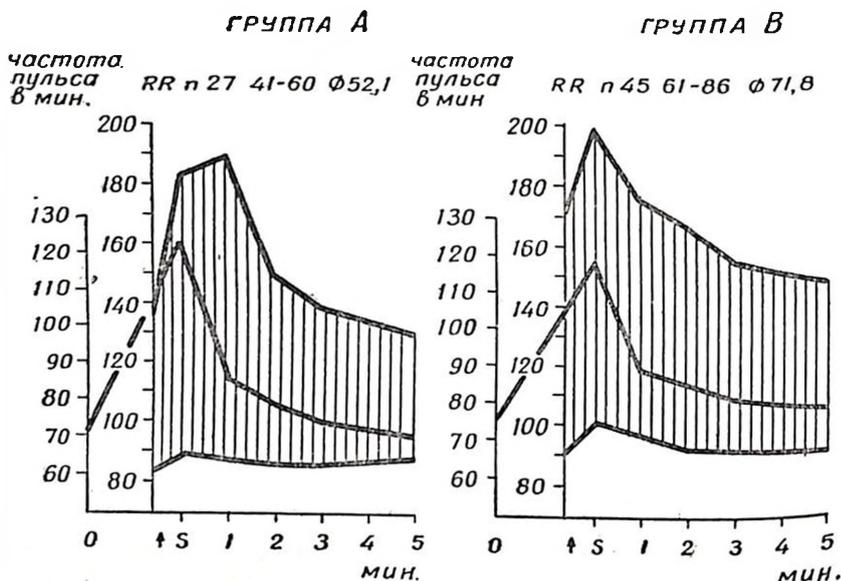


Рис. 3. Реакция пульса и артериального давления у старых спортсменов в двух возрастных группах на физическую нагрузку 30 приседаний за 1 минуту (стрелкой обозначено начало нагрузки), S — величина показателей непосредственно после нагрузки, последующие изменения показателей интервалом в 1 минуту.

Интенсивность физических упражнений должна быть индивидуальной, согласовываясь с физической нагрузкой и работой, которую человек выполняет каждый день. Ежедневное выполнение физических упражнений окажется эффективным, если продолжительность их будет составлять 3—5 мин. и если учащение ритма сердечных сокращений при этом составляет не более 50% от возможного максимального увеличения этого показателя. Для индивидуальных занятий такого рода хорошие результаты дает, между прочим, гимнастика с маховыми движениями, бег на месте, упражнения со скакалкой. Упражнения с задержкой дыхания нецелесообразны, так как они уменьшают сердечный выброс. Для спортивных занятий общего характера особенно хорошие результаты дают ходь-

ба, бег на лыжах, катание на велосипеде, плавание, бег (особенно в лесу) и легкие спортивные игры с мячом.

При выполнении этих упражнений значительно улучшаются функции организма.

Для реальной оценки эффективности использования физической культуры и спорта в пожилом возрасте эти ограничения кажутся нам необходимыми еще и потому, что в литературе встречаются иногда слишком оптимистические утверждения на этот счет. Нам бы хотелось, чтобы эти неправильные предпосылки не дискредитировали реальную пользу физических упражнений для пожилых людей.

С другой стороны, необходимо подчеркнуть, что мнение некоторых авторов о том, что пожилые люди в возрасте 60 лет и выше не поддаются тренировке, не соответствует действительности. Такой вывод правилен только в отношении морфологических изменений, развивающихся в результате тренировочных влияний. Функции организма и общую работоспособность можно значительно улучшить путем выполнения дозированных физических упражнений даже у людей в возрасте между 70 и 80 годами; это нам удалось определить при использовании нагрузки, которую мы называем «тренировкой на лестнице» у выздоравливающих от инфаркта (рис. 4).

Для занятий физическими упражнениями пожилых людей рекомендуется разделять их на следующие группы:

1. Пожилые активные спортсмены, которые занимаются спортом с юношеских лет;

2. Пожилые люди, которые в молодости активно занимались спортом и после продолжительного перерыва снова начали заниматься физическими упражнениями;

3. Пожилые люди, которые впервые начали заниматься физическими упражнениями только в пожилом возрасте.

Спортивные врачи должны уделять особенно большое внимание представителям второй и третьей группы. Их необходимо тщательно исследовать при предварительных и периодических осмотрах, так как они физически менее подготовлены, и выполнение физических упражнений может привести к серьезным нарушениям функционального состояния организма.

Необходимость тщательного медицинского контроля за пожилыми людьми, снова после длительного перерыва начавшими заниматься физическими упражнениями, объясняется тем, что высокие показатели двигательной функции вследствие тренировки в молодости сохраняются очень долго, возможно в течение всей жизни, тогда как функциональные возможности внутренних органов значительно снижаются (табл. 2).

Степень опасности, возникающей при физических нагрузках у пожилых людей, в зависимости от их физической подготовленности

Группа	Величина и причины опасности
1. Лица, занимающиеся физическими упражнениями с юношеских лет	При исключении непривычных величин нагрузки опасность заниматься физическими упражнениями крайне небольшая.
2. Лица, активно занимавшиеся физическими упражнениями в молодости и после длительного перерыва возобновившие эти занятия лишь в пожилом возрасте.	На основе субъективной, неправильной оценки функциональных возможностей организма и «воспоминаний движений» возникает опасность слишком сильного напряжения.
3. Лица, начавшие заниматься физическими упражнениями лишь в пожилом возрасте.	При достаточной приспособляемости сосудов и умелом педагогическом руководстве, а также при адекватной нагрузке — небольшой риск; повышенная опасность возникает при нарушениях приспособляемости сердечно-сосудистой системы.

По отношению к третьей группе основная опасность заключается не столько в несоответствии между физической готовностью к мышечной деятельности и функциональной способностью внутренних органов — обе эти функциональные системы нетренированы в равной степени — сколько в чрезмерном напряжении приспособительных возможностей, а именно, коронного кровообращения при дополнительных нагрузках, которое может возникнуть при соревнованиях и стрессовых ситуациях.

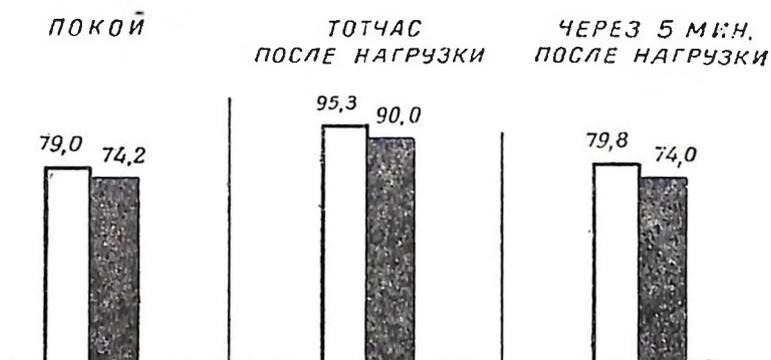
На основании вышеизложенного можно сделать два следующих вывода.

1. По возможности больше людей с юношеских лет до глубокой старости должны активно заниматься физическими упражнениями.

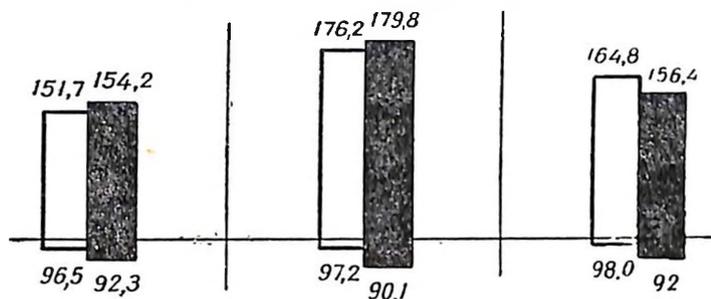
2. Для людей, начавших заниматься физическими упражнениями только в пожилом возрасте, необходимо приспособлять содержание и форму занятий к их функциональным возможностям.

Для пожилых людей, тренирующихся в течение всей жизни, двигательная активность приводит к значительному увеличению жизненных сил и обеспечивает активное долголетие. Это выражается не только в предупреждении болезней и дряхлости, но и в том, что такие люди оказываются более приспособленными для преодоления повседневных трудностей, возникающих в различных жизненных ситуациях. Такие люди отличаются большой независимостью, умением

ЧАСТОТА СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ



АРТЕРИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ



ПЕРИОД НАПРЯЖЕНИЯ ПЕРИОД ИЗГНАНИЯ



до тренировки
 после тренировки

Рис. 4. Частота сердечных сокращений, кровяное давление и показатели динамики сердца (время напряжения, время изгнания) до и после применения тренировки хождением по лестнице длительностью 4 месяца у 36 человек, реконвалесцентов после инфаркта миокарда.

и менее подвержены несчастным случаям. Участие таких людей в соревнованиях допустимо, естественно, в рамках индивидуальных возможностей и при определенных условиях, как уже было доказано на многих примерах. Однако положение о пользе занятий спортом пожилых людей следует рассматривать не с точки зрения достижения спортивных результатов, а в связи с необходимостью обеспечения положительных эмоций и чувства радости, связанных с увеличением собственных функциональных возможностей.

Представленные результаты показывают особое значение регулярных и правильно дозированных занятий физическими упражнениями в любом возрасте, правда, не в качестве универсального средства, панацеи от всех зол, но как одного из наиболее эффективных средств профилактики преждевременного старения, а также предупреждения изменений, связанных с ограничением двигательной активности. Значение этого фактора в наши дни в связи с научно-техническим прогрессом резко возрастает. Вот почему важное значение приобретает широкая пропаганда систематических занятий физическими упражнениями оптимальной интенсивности для людей разного возраста. К сожалению, регулярными физическими упражнениями реже всего занимаются люди тех возрастных групп, которые в них особенно нуждаются — пожилые люди.

Для поддержания и развития функциональных возможностей человека в полном объеме необходимо стремиться к тому, чтобы стареющий человек систематически занимался физическими упражнениями не только по совету спортивного врача, но и по собственному желанию. Для этой цели необходимо осуществлять широкую, научно обоснованную пропаганду физической культуры для людей различного возраста. Наряду с воодушевляющим примером спортсмена юношеского возраста, исключительное значение приобретает полная творческих сил и энергии жизнь человека пожилого возраста, систематически занимающегося физическими упражнениями. Действенная пропаганда физической культуры для пожилого человека при помощи средств массовой информации обеспечит наибольший эффект, если она будет сопровождаться созданием условий для занятий физическими упражнениями ежедневно, в выходные дни и в период отпуска.

EFFECT OF SYSTEMATIC PHYSICAL TRAINING ON THE FUNCTIONAL CAPACITIES OF THE CARDIOVASCULAR AND RESPIRATORY SYSTEMS OF OLD MEN

S. E. STRAUZENBERG

Institute of Sports Medicine, restorative centre, Dresden, GDR

Physical exercises, properly selected in accordance with the state of health, may counteract the development of the most widespread and dangerous diseases. This principle is corroborated by the results of examinations of 73 elderly sportsmen with an average age of 61.2 years. In the process of investigation a study was made of a number of criteria of the activity of the cardiovascular and respiratory systems. A comparative analysis is presented of the results with normal age-conditioned indices.

In persons engaged in physical exercise for a long time the pulse at rest and the nature of the adaptation to a load differs substantially from these criteria in untrained people. The vital capacity of the lungs and the oxygen consumption in trained persons was considerably higher, while the cholesterol content of the blood was considerably lower, than the usual level at the given age. Changes in the electrocardiogram in persons engaging in sport are encountered somewhat oftener than in persons of the control group.

Recommendations are presented as to the division of elderly people into groups for physical exercise. Emphasis is laid on the possibility of training old people aged 60 and over by performing dosed physical exercises.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ТРЕНИРОВАННОСТИ В СВЯЗИ С ВОЗРАСТОМ

Р. Е. МОТЫЛЯНСКАЯ

*Всесоюзный научно-исследовательский институт
физической культуры, Москва*

Согласно современным представлениям, тренированность это состояние, характеризующееся высоким уровнем работоспособности, выносливости и устойчивости организма. Тренированность определяет подготовленность к успешному выполнению мышечной работы: в форме физических упражнений, спортивных действий или физического труда.

Правильное определение уровня тренированности является неотъемлемым условием рационального дозирования физических нагрузок для различных по возрасту контингентов здоровых людей и для имеющих некоторые заболевания, не препятствующие использованию активного двигательного режима.

Ряд факторов обуславливает высокую работоспособность при наличии хорошей тренированности и главнейшие из них следующие: 1) благоприятная морфологическая и функциональная перестройка вегетативных систем организма, совершенствование процессов регуляции в тренированном организме; 2) повышение функциональной подвижности (лабильности) возбудимых систем организма, повышение потенциальной лабильности вегетативных систем; 3) экономизирующее влияние тренировки на функции кровообращения, дыхания, обмена в самую мышечную деятельность.

Связанные с воздействием тренировки морфологические изменения являются непререкаемым доказательством того, что живой организм совершенствуется в структурном отношении под влиянием функциональной нагрузки.

Однако возраст оказывает влияние на степень и темп морфологических и функциональных перестроек, связанных с влиянием упражнений

Так, у детей естественное возрастное развитие скелета, мускулатуры тела, объема сердца и других органов суммируется со структурными изменениями, вызванными систематическими физическими упражнениями. Более того, доказано, что тренировка стимулирует естественный ход этого развития. Поэтому в детском возрасте динамика морфологических

изменений отличается большой выраженностью и значительным, а иногда и бурным темпом.

В зрелом возрасте связанная с тренировкой динамика структурных преобразований значительно замедлена, однако, благодаря целенаправленному использованию физических упражнений можно существенно повысить объем скелетной мускулатуры и увеличить крепость костного скелета, а это—основа высокой работоспособности в разнообразных видах двигательной деятельности.

В пожилом возрасте даже при систематической тренировке можно добиться лишь устойчивого сохранения соматических показателей физического развития. В возрасте от 40 до 62 лет наблюдаемые нами спортсмены сохраняли относительно стабильные величины устойчивого веса тела, ручной динамометрии, окружности грудной клетки и стеновой силы; хотя последняя имела все же тенденцию к снижению.

В зрелом возрасте с ростом тренированности вес, как правило, снижается, напротив, у детей, подростков и юношей за этот период вес повышается; у пожилых людей мы не обнаруживаем существенного изменения веса тела.

Умеренная гипертрофия сердца и тоногенная дилатация его полостей, согласно современным представлениям, являются важными механизмами гиперфункции сердца при предъявлении к нему повышенных запросов.

Гипертрофия сердца (как и гипертрофия поперечно-полосатой мускулатуры тела) — пример структурного и функционального совершенствования субстрата, которое реализуется благодаря процессам сверхвосстановления (гиперкомпенсации) после предшествующей функциональной нагрузки.

Тоногенная по своей природе дилатация тренированного сердца обусловлена увеличением постсистолического объема крови, который у тренированных может быть равен 50% величины ударного объема. Согласно современным представлениям, с ростом тренированности это является основным механизмом регуляции кровообращения при предъявлении повышенных требований (Деллуэ и Рейнделл, 1949; Р. Е. Мотылянская, С. П. Летунов, 1949; Н. Mellerowicz, 1956; Пняде, 1959; Н. Reindell, 1960 и др.).

В экспериментальных условиях показано, что при одинаковой функциональной нагрузке развитие гипертрофии у молодых животных происходит быстрее, чем у старых (Е. Hollmann, С. Векс, 1936). Количественные и качественные различия в развитии гипертрофии в связи с возрастом обнаружены также в морфо-функциональных исследованиях К. П. Рябова (1958).

В специальных исследованиях нами были обнаружены следующие возрастные особенности: признаки гипертрофии появляются у детей (по данным векторкардиографии, рентге-

носкопии и рентгенометрии) уже через 1—2 года после начала занятий спортом.

У взрослых гипертрофия и увеличение объема сердца с ростом тренированности выражены отчетливо. Степень их (средняя и значительная) зависит от характера, мощности и общего объема используемых упражнений (наибольший объем сердца у спортсменов-стайеров).

Увеличение объема сердца к концу определенного периода систематических занятий мы наблюдали и у пожилых людей, особенно у тренирующихся с большим объемом работы (спортсмены пожилого возраста — бегуны на длинные дистанции, конькобежцы, лыжники).

У пожилых возрастная гипертрофия (обусловленная атеросклерозом) суммируется с рабочей гипертрофией, связанной с мышечной деятельностью.

Морфологические изменения сердца — основа его функциональной перестройки.

В первую очередь, тренировка повышает сократительную способность миокарда. Это видно из анализа фаз мышечного сокращения левого желудочка. С повышением тренированности, наряду с удлинением сердечного цикла, увеличивается длительность периода напряжения и его компонентов — фаз асинхронного и изометрического сокращения; происходит абсолютное удлинение и относительное укорочение фазы изгнания. Внутрисистолический показатель уменьшен. (Л. И. Стогова).

Такие изменения продолжительности всего цикла (брадикардия) и отдельных фаз сердечного сокращения — проявление экономизирующего влияния тренировки на деятельность сердца. В частности, удлинение периода напряжения рассматривается как синдром так называемой регулируемой гиподинамии (по В. Л. Карпману). Такая гиподинамия в состоянии мышечного покоя обуславливает высокие потенциальные возможности тренированного сердца.

У пожилых людей синдром регулируемой гиподинамии существенно отличается от истинной гиподинамии, наблюдаемой при ряде заболеваний у лиц этого возраста, при которых сократительная функция миокарда снижается.

У тренированного, при предъявлении к сердцу повышенных требований (при физических нагрузках), происходит быстрый переход сердца из состояния гиподинамии в состоянии гипердинамии: укорачиваются фазы изометрического сокращения и изгнания, увеличивается внутрисистолический показатель, то есть большая, чем в обычных условиях часть сердечного сокращения затрачивается непосредственно на изгнание крови.

У детей, с ростом тренированности, выявляется тенденция

к развитию изменений в фазовой структуре, свойственных взрослым.

На рисунке 1 видно, что с ростом тренированности у юношей наблюдается большая продолжительность сердечного цикла и более длительная фаза изгнания (известно, что длительность фазы изгнания обусловлена увеличением ударного объема), но при этом относительная продолжительность фазы изгнания укорачивается. С ростом тренированности достоверно возрастает продолжительность механической систолы.

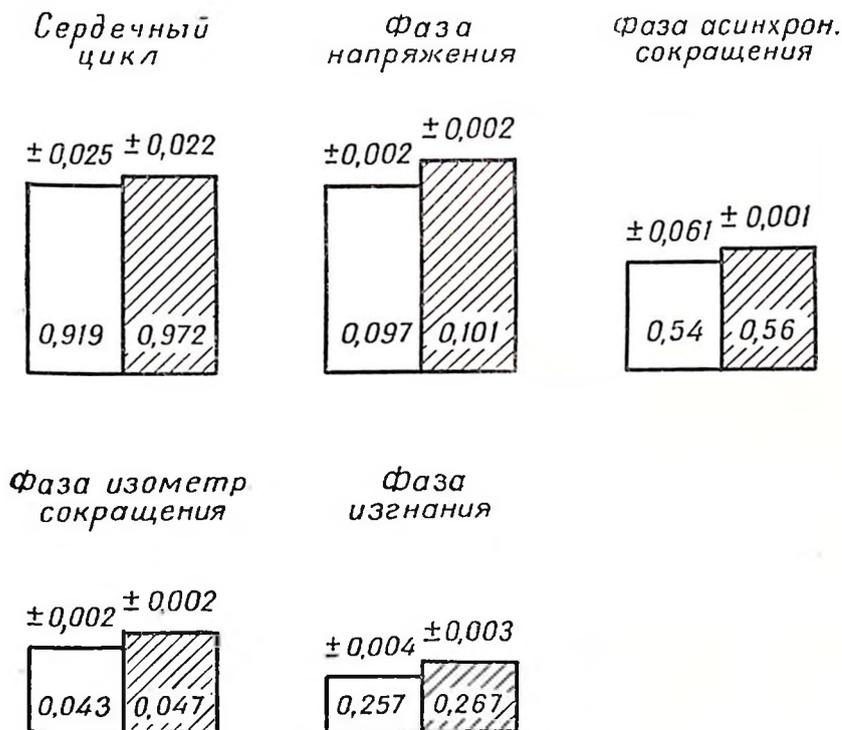


Рис. 1. Изменение фазовой структуры сердечного цикла при нарастании тренированности у юношей (белые столбики — тренированность слабая; зачерченные — нарастание тренированности).

Морфологическая и структурная перестройка сердца играет большую роль в регуляции кардиодинамики. Механизм становления и развития брадикардии в связи с ростом тренированности связан не только с повышением тонического возбуждения центров парасимпатической иннервации сердца: по-видимому, имеет значение увеличение объема и кровенаполнения сердечных полостей (механизм гетерометрической саморегуляции сердца Франка—Старлинга).

В специальных исследованиях у тренированных мы установили отчетливую связь между объемом сердца, величиной

ударного и минутного объема крови, максимальным потреблением кислорода, кислородным пульсом (рис. 2).

В любом возрастном периоде жизни брадикардия — один из закономерных признаков развития тренированности (рис. 3). У детей замедление ритма сердца выявляется уже после 1—1,5-годового периода тренировки, особенно в условиях тренировки с большими объемами работы.

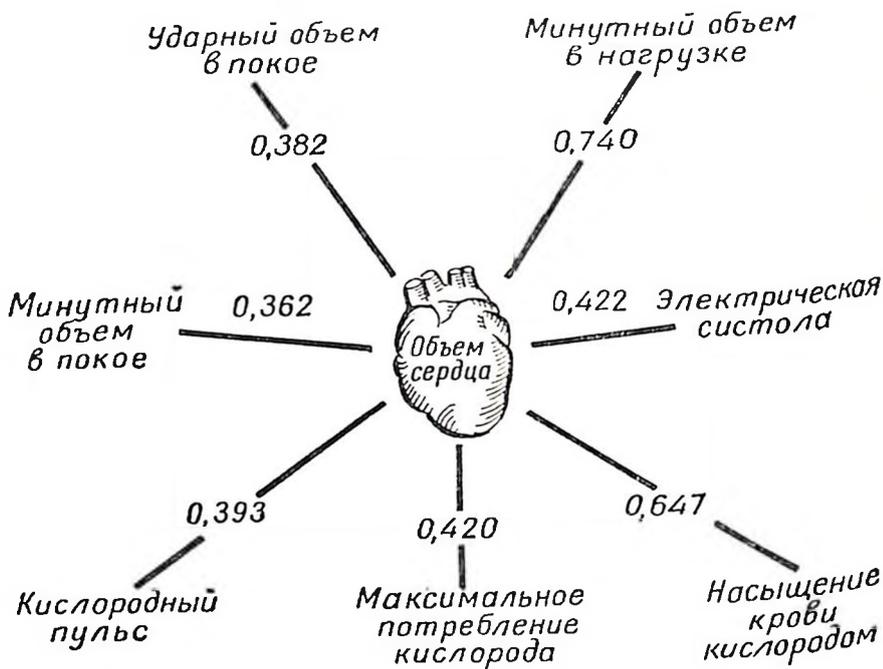


Рис. 2. Взаимосвязь (коэффициент корреляции), объема спортивного сердца (по данным рентгенометрии) и некоторых показателей кровообращения и дыхания

У взрослых людей молодого возраста брадикардия с ростом тренированности усиливается в период наилучшей спортивной формы, даже при круглогодичной тренировке. Степень нарастания зависит от объема и характера физических нагрузок.

Брадикардия с нарастанием тренированности развивается и у людей среднего и пожилого возраста, даже если систематические занятия физическими упражнениями впервые начались на склоне лет. Мы наблюдали в 62% случаев с нарастанием тренированности замедление пульса на 24 и более ударов в минуту.

Перестройка иннервации сердца (повышение тонуса главного регулятора — блуждающего нерва) обуславливает эко-

номизирующее влияние тренировки на кровообращение и способствует наращиванию энергетических потенциалов.

Это наглядно выявляется в пожилом возрасте: увеличивается объемная скорость сердечного выброса, повышается мощность сокращения левого желудочка, снижается расход энергии левого желудочка на 1 л. минутного объема. Этому

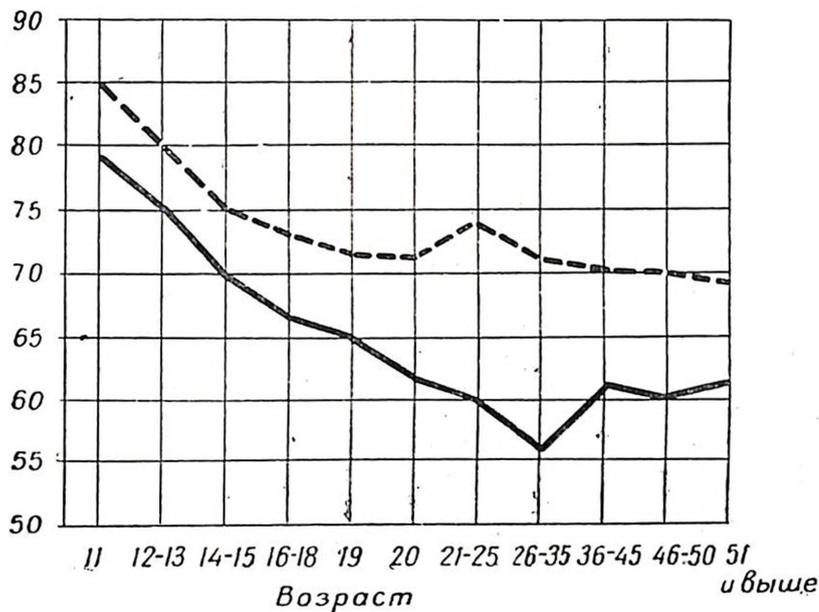


Рис. 3. Ритм сердечных сокращений в различных возрастных периодах жизни у тренированных и нетренированных.

Обозначения: сплошная линия — тренированные; прерывистая — нетренированные.

способствует уменьшению модуля упругости артерий эластического типа, уменьшению удельного периферического сопротивления (В. Н. Артамонов).

Повышение функциональной подвижности (лабильности) возбудимых систем в связи с развитием тренированности получает свое отчетливое отражение в динамических исследованиях нервно-мышечного аппарата с помощью методики электрической стимуляции.

Установлено, что количественные и качественные показатели функциональной подвижности нервно-мышечного аппарата имеют определенные различия в зависимости от возраста.

Пожилые обладают самыми большими пороговыми величинами возбуждения и наименьшими частотными пределами усвоения ритмов наносимых электрических раздражений.

Лица зрелого (молодого возраста) имеют самые малые величины порогов возбуждения и самые наивысшие частотные пределы усвоения ритмов раздражений. Юноши занимают промежуточное место.

Тренировка в любом возрасте повышает уровень функциональной подвижности нервно-мышечного аппарата: оптимальный и максимальный ритмы усвоения электрических раздражений повышаются. Однако это повышение особенно отчетливо выявляется в молодом возрасте (достоверность различий показателей (Т) у юношей равна 7,4, в зрелом молодом возрасте — 8,3, в пожилом — 2,7). (Г. А. Титов).

Основные физические качества, определяющие работоспособность тренированного человека, это сила, скорость, выносливость. Эти качества неодинаково развиты на различных этапах жизни человека, хотя они и подвержены значительному влиянию тренировки.

Были представлены результаты в беге на 5000 м отличного бегуна. Оказалось, что скорость бега у него из года в год от 17 до 21 года резко повышалась, а к 23 годам он достиг мирового рекорда, который в дальнейшем еще улучшен.

Другой рекордсмен в беге на 10 000 м тоже из года в год, в возрасте от 19 до 25 лет, непрерывно улучшал результаты, достигнув в 29 лет звания Олимпийского чемпиона.

Непрерывное нарастание результатов от подросткового до зрелого возраста можно наблюдать во всех случаях, хотя оно и в разной степени выражено в зависимости от индивидуальных способностей спортсменов. Иначе обстоит дело в возрасте старения.

Как это было показано у наблюдаемого нами на протяжении от 28-летнего до 59-летнего возраста бегуна скорость бега непрерывно снижалась из года в год как на дистанции в 5000 м, так и на дистанции в 10 000 м.

Возрастные различия в динамике работоспособности у систематически тренирующихся были выявлены нами и в условиях лабораторного эксперимента (на велоэргометре). У хорошо подготовленных юношей продолжительность мышечной работы со скоростной направленностью превышает продолжительность такой же работы у пожилых спортсменов. При этом скорость педалирования у молодых достигала 120 оборотов в минуту, а у пожилых не превышает 82.

Продолжительность мышечной работы силовой направленности у юношей достигала 21 минуты, а у пожилых — 15 минут. Причем, мощность работы у первых была равна 2600 кгм/мин, а у вторых — 1580 кгм/мин.

Наконец, при работе умеренной мощности (70% от максимальной для каждого конкретного случая) молодые и пожилые педалировали также неодинаково продолжительно; молодые от 39 до 45 мин. пожилые в среднем 30 мин.

Таким образом, связанные с процессом старения морфологические и функциональные изменения организма, хотя и компенсируются развитием приспособительных реакций в результате тренировки, но тем не менее физические качества, особенно скоростные и силовые, снижаются. Длительнее всего сохраняется общая выносливость организма.

Более низкий уровень предельной мощности силовой работы и предельной интенсивности в скоростной работе обусловлен ослаблением подвижности возбудимых систем организма, активности гормональной системы, снижением аэробной и анаэробной производительности, причиной которого является ослабление транспортной функции аппарата кровообращения и вентиляционной способности легкого.

Мы привели некоторые данные, характеризующие особенности развития и клинико-физиологические признаки состояния тренированности в различных возрастных периодах жизни человека. Установленные закономерности позволяют решать практические вопросы системы физического воспитания подрастающего поколения, а также обосновать рациональный двигательный режим для взрослого населения.

ЛИТЕРАТУРА

Артамонов В. Н. Кардиология, 1966. Мотылянская Р. Е., Строгова Л. И., Иорданская Ф. А. Физическая культура и возраст. зд. ФИС, М., 1967. Титов А. Функциональное состояние нервно-мышечного аппарата лиц разного возраста, систематически занимающиеся физическими упражнениями и спортом. Автореферат кандидатской диссертации. М., 1967.

SOME FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF THE TRAINED STATE IN CONNECTION WITH AGE

R. E. MOTYLYANSKAYA

All-Union Research Institute for Physical Culture, Moscow

Age has an effect on the rate of development of the morphological and functional reconstructions in the organism, connected with training.

With an improvement in the trained state, there is a rise, irrespective of age, in the functional mobility (lability) of excited systems of the organism. The economizing effect of training on the blood circulation is manifested even in elderly people; the external respiration indices, the maximum oxygen consumption and the resistance to hypoxia are increased in all ages, but to different degrees. The acceleration of the process of restoration with the rise in the trained state is one of the most frequent symptoms in youths and adults, and is less pronounced in elderly persons.

Improvement of the trophics of the myocardium and its functions is more pronounced in youth than in old age.

The rise in the trained state in children is manifested gradually and not always in such an explicit form as in adults. The development of motor activity in children occurs much more rapidly than the rise in the functional capacities of the organism.

ЕСТЕСТВЕННО-ПРИКЛАДНЫЕ ДВИГАТЕЛЬНЫЕ НАВЫКИ ПРИ СТАРЕНИИ ОРГАНИЗМА

Г. И. КРАСНОСЕЛЬСКИЙ

Медицинский институт им. А. А. Богомольца, Киев

Многообразные двигательные умения, различные естественно-прикладные двигательные навыки осваиваются человеком в периоде онтогенеза, особенно в первые годы жизни (ходьба, бег, прыжки, метание и т. п.). Складываются они по законам становления условно-рефлекторных механизмов.

Освоение этих навыков в первые годы характеризуется несовершенством и довольно быстрой утратой при отсутствии постоянного повторения их. Известно, что совершенствование любых условно-рефлекторных механизмов происходит только в процессе повторения (упражнение).

И. П. Павлов писал: «Образ поведения человека и животного обусловлен не только прирожденными свойствами нервной системы, но и теми влияниями, которые падали и постоянно падают на организм во время его индивидуального существования, то есть зависит от постоянного воспитания и обучения в самом широком смысле этих слов».

Известно, что от системы воспитания ребенка зависят не только сроки появления у него тех или иных двигательных навыков и умений, но и в значительной степени их характер и качество. Постоянное повторение естественно-прикладных двигательных навыков в условиях двигательной активности ребенка уже к 7—11 годам приводит их к значительному совершенствованию, а к 15—16 годам они достигают наибольшего совершенства.

После периодов детства, юности человек, становясь взрослым начинает трудовую жизнь. Образ жизни, характер труда приобретают черты некоторого однообразия, относительного постоянства привычного комплекса двигательных навыков, а на современном этапе развития общества в индустриально-развитых странах еще и значительного ограничения двигательной активности.

Человеку цивилизованного общества, жителю городов, не занимающемуся физической культурой и спортом, очень редко приходится, например, бегать, прыгать, лазать, перелезть, метать предметы и т. п. В этих условиях уже к 30-ти годам заметно ухудшается совершенство выполнения этих

естественно-прикладных двигательных навыков. Отсутствие необходимости постоянного повторения упражнения приводит к тому, что иногда уже к 40—50 годам, особенно же к 60—70 годам, человек не может качественно выполнять большинство естественно-прикладных двигательных навыков (не может бегать, прыгать, преодолевать препятствия, подтягиваться на руках, сохранять равновесие на узкой опоре и т. п.). Заметно падают качественные показатели (скорость, сила, выносливость). Снижается совершенство выполнения и самого необходимого навыка — ходьбы, вследствие чего походка человека становится не экономичной, отсутствуют быстрота, выносливость.

Некоторые исследователи (А. Каплан) указывают на значительный рост уличного травматизма среди лиц пожилого и старческого возраста, что объясняется ухудшением двигательных реакций этих лиц на опасные ситуации, часто возникающие при движении городского транспорта. Таким образом, сохранение определенного уровня совершенства естественно-прикладных двигательных навыков в возрастном аспекте имеет и социальную и медико-биологическую значимость.

Двигательная активность в пожилом возрасте должна осуществляться не только в виде гимнастических упражнений, но и в большей степени естественно-прикладными навыками (табл. 1), при соответствующем дозировании их (ходьба, бег, прыжки, упражнения в равновесии, плавание и др.). Между тем следует отметить, что большинство пожилых и старых людей до настоящего времени скептически относятся к занятиям физическими упражнениями.

Пожилкой и даже старый человек должен трудиться в меру своих возможностей, приносить пользу обществу, в достаточной мере владеть комплексом каких-то рабочих, двигательных умений и навыков. Владение определенными двигательными навыками необходимы человеку даже в бытовых условиях (самообслуживание, помощь в различных работах по дому, в семье и др.).

В процессе эволюции человека естественно-прикладные двигательные умения и навыки приобрели прочные рефлекторные связи координационного сомато-вегетативного характера (моторно-висцеральные рефлексы). Указанные рефлексы следует отнести к категории наиболее прочных и естественных, выработанных в процессе длительной эволюции живых организмов; все формы движения, начиная от примитивного движения простейших до сложных рабочих движений человека, являются не искусственной, а естественной формой двигательной активности.

Естественно-прикладные формы движения человека приобрели в известной степени характер его биологического

Этапы использования средств физической культуры для восстановления при старении организма

Этапы восстановления и их продолжительность	Средства физиче-	
	Ходьба и равновесие	Бег
1-й этап Продолжительность 1 мес., 2 раза в неделю по 30 мин.	По доске ширин. 40 см на высоте 5—15 см., 5—10 мин.	5 мин. отрезками 5—15 сек. с отдыхами (темп медленный)
2-й этап Продолжительность 1 мес., 2 раза в неделю по 40 мин.	По доске ширин. 30 см на высоте 15—20 см., 7—10 мин. с перерывом для отдыха	6—10 мин. отрезками по 6—20 сек. с отдыхами (темп медленный)
3-й этап Продолжительность 1 мес., 2 раза в неделю по 40 мин.	По доске ширин. 20 см на высоте 20—30 см., 7—10 мин. с перерывом для отдыха	10—15 мин. отрезками по 10—20 сек. с отдыхом (темп средний)
4-й этап Продолжительность 1 мес., 2 раза в неделю по 40 мин.	По доске, по бревну шир. 15 см, высота 30—40 см, 7—10 мин. с перерывом для отдыха	10—15 мин. бег отрезками по 20—25 сек. с отдыхом (темп средний)

Примечание: Во время проведения всех видов осуществляется бегно на 1 этапе (1 месяц). После 4-го этапа поддержание должного ка дневно в форме посильных трудовых процессов на производстве, в быту, отдыха — загородные прогулки пешком, на велосипеде, прогулочная гребля,

благополучия. Рост сердечно-сосудистых заболеваний на современном этапе развития общества в индустриально-развитых странах связан не с уменьшением числа занимающихся физической культурой и спортом, гипокинезические тенденции, благодаря автоматизации и механизации трудовых процессов на производстве и в быту, росту средств передвижения, определяются прежде всего прогрессирующим уменьшением рабочих движений естественно-прикладного характера.

Целенаправленно совершенствуя средствами физической культуры, естественно-прикладные двигательные навыки, пожилые люди улучшают и свое состояние здоровья. Двигательная активность оказывает положительные влияния на деятельность всех систем и органов, особенно сердечно-сосудистую и дыхательную систему.

и совершенствования естественно-прикладных двигательных навыков

ской культуры			
Прыжки в высоту, длину глубину, (через перекву, планку, со скамейки и т.п.)	Лазание, перелезание	Метание мя- чей резиновых, волейбольных, медболов	Прогулки
Подпрыгивание на месте. Спрыгивание с высоты в 10—15 см Высота 10—15 см Длина 20—30 см, 5 мин.	Лестница, за- бор, стенка. 1,0—1,5 м. 5 мин.	Метание 2 на даль- ность 5 мин.	2 прогулки по 10—20 мин., т. е. 20—40 мин. в сумме с ча- стыми остановками для отдыха
Спрыгивание с вы- соты. 15—20 мин., вы- сота 15—20 см, длина 30—40 см, 5—7 мин.	Лестница, за- бор, стенка 1,0—1,5 м 5 мин.	5—7 мин.	30—50 мин. с переры- вами для отдыха (2 прогулки по 15— 25 мин.)
Глубина 20 см. Вы- сота 15—30 см. Дли- на 40—50 см. Продол- жительность 8—10 мин.	Лестница, за- бор, стенка бревно 1,5 м. 5 мин.	5—7 мин.	60—70 мин. с переры- вом для отдыха (2 прогулки по 30—35 мин.). Элементы подъема 5—10°
10—12 мин. Ска- калки. Глубина 40 см. Высота 20—40 см. Длина 60—80 см.	Лестница. за- бор 2—2,5 м. 5 мин.	5—7 мин.	80—90 мин. с переры- вом для отдыха (2 прогулки по 40— 45 мин.)

принцип индивидуализации, делаются частые перерывы для отдыха общества естественно-прикладных двигательных навыков осуществляется повсе- в форме ежедневных пешеходных прогулок (до 2-х часов в день). В дни ближний туризм и др.

Важное значение имеет улучшение эмоциональной настроенности старого человека. По мере совершенствования различных рабочих движений производственного и бытового характера старый человек как бы вновь находит свое место в обществе, начинает чувствовать, что может опять приносить пользу.

Известно, что специфика работы системы анализаторов (органов чувств) например, острота зрения и слуха, тонкость осязания, мышечное чувство, вестибулярный аппарат, у стариков утрачивают свойства, присущие молодому возрасту; но систему анализаторов можно также тренировать, совершенствовать, подобно тренировке мышц. Так, в процессе спортивной тренировки закономерно наблюдается функциональное совершенствование зрительного анализатора — увеличение быстроты зрительного восприятия, расширение границ полей

зрения и т. д. (Г. И. Красносельский, В. Е. Апарин, О. В. Ковалева).

В процессе спортивной тренировки, особенно гимнастов, совершенствуется тонкость мышечного чувства — кинестезического анализатора (А. Т. Сухарев). Хорошо известно, что в ходе специальной тренировки, вестибулярный анализатор также совершенствуется; пример космонавтов убеждает в том, что многие физиологические механизмы в процессе подготовки к полетам претерпевают значительные благоприятные изменения. Появляется возможность удовлетворительно переносить большие перегрузки, вестибулярные раздражения и другие непривычные факторы космической среды.

В обычных условиях деятельности пожилого человека природные физиологические резервы различных систем и органов, в том числе и системы анализаторов, используются часто не в полном объеме, что способствует выработке состояния своеобразной детренированности этих систем и органов, сужает их диапазон функциональных возможностей.

Поэтому одной из задач физического совершенствования пожилого и старого человека должно явиться расширение границ различных физиологических механизмов, увеличение диапазона деятельности систем и органов.

Мы ни в коем случае не отрицаем значимости для здоровья и продолжительности жизни аналитических, гимнастических движений (утренней гигиенической гимнастики, производственной гимнастики, спортивных игр и др.), мы подчеркиваем лишь особую значимость естественно-прикладных движений, незаслуженно отодвигаемых часто на второй план в комплексе средств физической культуры и спорта, используемых для достижения здоровой и продолжительной жизни.

Долгожителями, прожившими свыше 100 лет, являются, как правило, не профессиональные спортсмены (гимнасты, пловцы, лыжники и др.), а лица продолжительное время, повседневно и активно осуществляющие различные движения трудового и бытового характера. Восстановление, реконструкция, совершенствование качественных признаков естественно-прикладных двигательных навыков при старении организма имеет и социальную и медико-биологическую значимость, так как в конечном итоге приводит к сохранению должной работоспособности и сохранению здоровья в широком аспекте этого понятия.

ЛИТЕРАТУРА

Апарин В. Г. Тезисы каф. научн. конференц. ВМИ, Воронеж, 1954.
Красносельский Г. И. Научные труды Киевского медицинского института. Кафедра врачебного контроля и лечебной физкультуры. Вып. 1, 5, 1961.
Ковалева О. В. Научные труды Киевского медицинского института. Кафедра врачебного контроля и лечебной физкультуры. Вып. 1, 97, 1961.
Павлов И. П. Лекции о работе больших полушарий головного мозга. Полное собрание трудов, т. IV, 1948.
Сухарев А. Т. Научн. труды Киевского медицинского института. Кафедра врачебного контроля и лечебной физкультуры. Вып. 1, 119, 1961.

NATURALLY APPLIED MOTOR HABITS IN THE AGING ORGANISM

G. I. KRASNOSELSKY

Academician A. A. Bogomoletz Medical Institute, Kiev

There is a considerable deterioration in the qualitative characteristics of motion (fall in strength, speed, endurance and perfection of movements) in middle-aged and elderly persons due to the vanishing of the necessity for constant repetition of naturally applied habits (running, jumping, climbing, throwing, etc.).

Motor activity in old age should not be confined to gymnastic exercises, but should include to a greater degree naturally applied movements in doses compatible with the age of the subject (running, jumping, throwing, swimming, rowing, overcoming obstacles, balance exercises on a narrow support, etc.).

When perfecting the naturally applied motor habits the middle-aged and elderly person improves his health at the same time.

ПОКАЗАТЕЛИ ГЕМОДИНАМИКИ У ПОЖИЛЫХ ЛИЦ, ДЛИТЕЛЬНО ЗАНИМАЮЩИХСЯ ФИЗИЧЕСКИМИ УПРАЖНЕНИЯМИ

В. Н. МАКСИМОВА, С. А. КЛЕПИКОВА

Медицинский институт, Харьков

Несмотря на то, что изучение функциональной адаптации сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам лиц пожилого возраста является предметом изучения целого ряда исследователей, нет еще достаточно четких критериев оценки степени адаптации циркуляторной системы к физическим нагрузкам у длительно занимающихся физическими упражнениями в пожилом возрасте.

Наши наблюдения, проведенные над группой лиц пожилого возраста в количестве 56 человек на протяжении семилетнего периода с использованием методов электрокардиографии (ЭКГ), оксигеметрии, артериальной осциллографии, энцефалографии, хронаксиметрии и ряда клинических и лабораторных методов исследований, дают возможность сделать некоторые обобщения.

В начале наблюдений, по данным ЭКГ, зарегистрированной в динамике, было установлено наличие относительно низкого и нормального вольтажа ЭКГ, синусовой аритмии и тахикардии, в ряде случаев низкого вольтажа зубца Т и неизменности направления электрической оси сердца (ЭОС) в покое и на вдохе, что указывает на дискоординацию движения диафрагмы в акте дыхания.

По данным оксигеметрии наблюдается относительно недостаточная приспособляемость к условиям гипоксемии (по показателям гипоксемической фазы), некоторое замедление скорости кровотока (до 8 секунд) на участке легкие — ушная раковина.

Нередко регистрируются атипичические реакции на нагрузку (гипо- и гипертонические, диссоциированные).

В отдельных случаях имеет место снижение активности альфа-ритма, по данным электроэнцефалограммы (ЭЭГ).

Хронаксиметрические данные свидетельствуют о нарушении субординационного влияния центральной нервной системы на периферический нервно-мышечный аппарат.

После одного-двух лет занятий в «группах здоровья» отмечалось выраженное улучшение у мужчин и женщин по

большинству показателей. Увеличился вольтаж ЭКГ, нормализовался ритм после нагрузок, ЭОС отклонялась вправо на вдохе, нормализовались типы реакций, улучшилась приспособляемость к гипоксемии. В ряде случаев нормализовалось субординационное влияние центральной нервной системы, проявляющееся в исчезновении симптома энтодифференцировки.

Начиная с 2—3-го года занятий стабилизировались исходные данные и реакции на дозированные нагрузки, что рассматривается нами как показатель тренированности в пожилом возрасте. С 6—7-го года занятий мы наблюдали некоторые отрицательные сдвиги, свидетельствующие о влиянии процессов старения. Причем эти изменения наблюдались у мужчин преимущественно со стороны циркуляторной системы (снижение вольтажа ЭКГ, гипертонические типы реакции, явления кардиосклероза), а у женщин — со стороны респираторной — снижение приспособляемости к гипоксемии, уменьшение ЖЕЛ, нарушение соотношения между частотой пульса и дыхания, явления пневмосклероза.

Следует отметить, что наблюдаемые лица отмечали значительное субъективное улучшение (хороший тонус, настроение, положительные эмоции, подвижность, работоспособность, легкую переносимость физических нагрузок).

Указанные сдвиги, отражающие определенную динамику в функциональном состоянии основных систем организма пожилых лиц, не представляют все же четкой характеристики адаптационных возможностей организма при длительных занятиях физическими упражнениями.

Известно, что при мышечной деятельности приспособляемость сердечно-сосудистой системы к нагрузке осуществляется, кроме влияния других факторов, также за счет перераспределения крови, увеличения ударного и минутного объемов крови. Эти параметры являются основными показателями работы сердца, характеризующими его сократительную способность.

Целью дальнейших исследований было изучение вопросов взаимозависимости реагирования показателей гемодинамики у лиц пожилого возраста на адекватные возрасту и физической подготовленности физические нагрузки. Мы полагаем, что изучение определенных закономерностей реагирования на физические нагрузки будет служить критерием для дозировки физических упражнений в зависимости от функционального состояния циркуляторной системы в различном возрасте.

Для изучения данного вопроса обследовано 148 человек различного возраста, занимающихся физическими упражнениями и спортом: 59 человек — пожилого возраста, занимающихся в «группах здоровья» на протяжении 7—8 лет, 49 ма-

стеров спорта, молодого возраста и 40 юниоров. Спортсмены молодого возраста составили контрольную группу.

Методика исследования заключалась в определении ударного и минутного объемов крови по формуле Старра, вычислении коэффициента реагирования по пульсу, систолическому и пульсовому давлению. Изучался также коэффициент ударного и минутного объема крови и соотношение этих коэффициентов для выявления преобладающего типа реагирования на адекватные возрасту и физической подготовленности нагрузки (3-х минутный бег, 2-х минутный бег и 20 приседаний).

Формула Старра была предложена для вычисления ударного объема крови в 1954 году. По наблюдениям автора вычисление систолического объема крови (СОК) по формуле соответствует данным газоаналитического и красочного методов определения СОК. В дальнейшем И. И. Лихницкая, Е. В. Микиртумова, К. Н. Сазонов В. А. Герасин, Я. Ф. Бомаш, Н. Е. Пугина, Г. А. Глезер, Ю. Н. Штейнгард, Н. К. Доронина (1954) подтвердили определенное соответствие данных, полученных путем вычисления по формуле, с результатами газоаналитического и красочного методов определения СОК. Одним из преимуществ этого метода является и то обстоятельство, что при его использовании не травмируется исследуемый.

Соотношение показателей гемодинамики у пожилых людей, систематически занимающихся физическими упражнениями, при выполнении физических нагрузок по сравнению с молодыми разной степени тренированности представлено в таблице 1.

Таблица 1

Соотношение систолического и минутного объемов крови у людей разного возраста с различной физической подготовкой

Возраст	Степень физической подготовки	Диапазон колебаний и средние величины показателей			
		СОК		МОК	
		диапазон	средн.	диапазон	средн.
Пожилый возраст	Занимающиеся в „группах здоровья“	20,3—50,8	37 мл	1,2—4,0 л	2,5 л
Молодой возраст	Мастера спорта	44,4—91,8	67 мл	2,6—7,2 л	4,7 л
Юниоры	1 разряд	48,2—95,4	77,5 мл	3,7—7,8 л	5,0 л

Как видно из таблицы 1, ударный объем крови в пожилом возрасте составляет в среднем 37 мл, у мастеров спорта молодого возраста 65 мл у юниоров I разряда — 77,5 мл.

Минутный объем крови у пожилых людей, занимающихся физическими упражнениями, почти в два раза меньше, чем у молодых спортсменов.

Реакция на нагрузку у пожилых людей, занимающихся в «группах здоровья», по величине ударного объема крови очень незначительная — на 15% от исходной величины, а у спортсменов — на 30—40%. Увеличение минутного объема крови в пожилом возрасте осуществляется преимущественно за счет частоты пульса, что менее выражено в молодом возрасте (табл. 2).

Таблица 2

Изменение некоторых показателей реакции сердечно-сосудистой системы в условиях физической нагрузки у лиц разного возраста с различной физической подготовкой, %

Возраст	Степень физической подготовки	Реакции показателей в %		
		Пульс	СОК	МОК
Пожилый возраст	Занимающиеся в «группах здоровья»	45	15	75
Молодой возраст	Мастера спорта	65	40	85
Юнiores	I разряд	60	30	80

Минутный объем крови у пожилых лиц в 1,6 раза больше, чем ударный, а у молодых и юных спортсменов — в 1,3—1,4 раза. Коэффициент СОК и МОК в пожилом возрасте также значительно отличается от коэффициента лиц молодого возраста (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициенты систолического и минутного объема крови при выполнении стандартных нагрузок у людей разного возраста с различной физической подготовкой

Возраст	Степень физической подготовки	Показатели		
		СОК	МОК	МОК : СОК
Пожилый возраст	занимающиеся в «группах здоровья»	1,15	1,75	1,6
Молодой возраст	мастера спорта	1,40	1,80	1,3
Юнiores	I разряд	1,3	1,80	1,4

Таким образом, на основании полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. Гемодинамические показатели подвержены значительной вариабильности в однородных возрастных группах у лиц одинаковой физической подготовленности, что обусловлено морфологическими особенностями сердечно-сосудистой системы и подтверждается данными клинического обследования.

2. У молодых спортсменов и физически подготовленных пожилых лиц, длительно занимающихся физическими упражнениями, соотношение реагирования минутного и ударного объемов крови выражается коэффициентом, приближающимся к единице.

3. При удовлетворительной и хорошей работоспособности циркуляторной системы, процент увеличения минутного объема крови после нагрузок, в определенной степени, соответствует сумме процентного увеличения частоты пульса и ударного объема крови.

4. У женщин пожилого возраста, длительно занимающихся физическими упражнениями, относительно более благоприятные показатели гемодинамики, чем у мужчин.

5. Исходные показатели гемодинамики имеют свои возрастные закономерности у занимающихся физкультурой и спортом.

6. Гемодинамические параметры должны быть использованы в практике спортивной медицины как показатель работоспособности циркуляторной системы у пожилых людей, занимающихся физическими упражнениями

ЛИТЕРАТУРА

- Бомаш Я. Ф., Лихницкая И. И., Пугина Н. Е. Тр. Ленинградского научно-исследоват. института экспертизы трудоспособности, вып. 9, 1963. Герасин В. А. Тр. Ленинградского научно-исследоват. института экспертизы трудоспособности, 4, 1960. Глезер Г. А. Кардиология, 2, 1962. Доронина Н. К. Военно-медицинский журнал, 8, 1961. Доронина Н. К. Врачебное дело, 8, 1961. Лихницкая И. И., Микиртумова Е. В., Сазонов К. Н., Герасин В. А. Физиологич. журнал, 46, 883, 1960. Микиртумова Е. В. Терапевтический архив, 4, 1958. Микиртумова Е. В. Терапевтический архив, 12, 1960. Сазонов К. Н. Клинич. медицина, 11, 1959. Штейнгардт Ю. Н. Cor et vasa, 1, 1966.

CRITERIA OF HEMODYNAMICS IN ELDERLY PEOPLE ENGAGED IN PHYSICAL TRAINING FOR A LONG TIME

V. N. MAKSIMOVA, S. A. KLEPIKOVA

Medical Institute, Kharkov

The trained state to some extent characterizes the capacity of the cardiovascular system to respond to dosed physical exercises by an increase of beat volume in accordance with the increase in the minute volume of the blood. To detect the prevalent character of the reactions to physical exertion, the ratio of the increased and beat blood volume should be taken into consideration.

The reactions to physical exercises in the elderly is provided in the most cases by the pulse rate. The increased pulse in elderly people, engaged in physical training for a long time, is paralleled by the increase in the beat volume. In most cases the reactions following the diminution of beat volume are due to clinical and morphological deviations of the circulatory system, which is confirmed by the ECG data.

The data of hemodynamics in elderly women engaged in physical training for a long time are relatively more favourable than in men.

The hemodynamic parameters must be used in sport medicine practice as an index of the capacity of the circulatory system in elderly persons engaging in physical training.

**РОЛЬ ФИЗИЧЕСКОЙ ТРЕНИРОВКИ
В УЛУЧШЕНИИ АДАПТАЦИИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ
И ГАЗООБМЕНА ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ
К ФИЗИЧЕСКИМ НАПРЯЖЕНИЯМ**

К. Т. СОКОЛОВ

Институт геронтологии АМН СССР, Киев

В настоящее время установлено, что стимуляция двигательной функции положительно влияет на мышечную работоспособность и состояние ряда важнейших систем и органов. Известно также и то, что физические упражнения в пожилом возрасте являются важной профилактической мерой в развитии преждевременных возрастных изменений в системах и органах при старении (F. Verzar, F. Hügin, 1957; Д. Матеев, 1964; I. Astrand, 1960 и др.).

Исследованиями Ф. Бурльера (1962), Н. Н. Горева, В. В. Фролькиса, С. И. Фудель-Осиповой (1963) показано, что возрастные изменения в различных органах и системах развиваются неравномерно. Это заставляет считать, что для наибольшего эффекта применения физических упражнений необходимо обеспечение в известной степени избирательных воздействий на функции стареющего организма. Возможность такого рода воздействий была впервые показана И. В. Муравовым (1964) и З. Б. Мироновой (1965).

Совершенно ясно, что наибольшего внимания с этой точки зрения заслуживают функциональные системы, в значительной мере определяющие работоспособность и продолжительность жизни. В этой связи становится понятен интерес специалистов, работающих в области геронтологии, физиологии и физической культуры, к изучению возрастных особенностей функции дыхания. Это вызвано, с одной стороны, ведущей ролью дыхания в обеспечении энергетического баланса организма и, с другой стороны, значительными изменениями функции дыхания при старении.

Отмечая простоту и доступность изучения внешнего дыхания у человека, следует вместе с тем признать, что даже основные вопросы регуляции этой функции в геронтологическом аспекте изучены крайне недостаточно.

Наиболее ценным для выявления возрастных изменений является изучение функции дыхания в условиях мышечной деятельности, когда запросы, предъявляемые к дыхатель-

ному аппарату, резко возрастают, и относительная недостаточность этой функции проявляется наиболее отчетливо.

Важность изучения реакций дыхательной функции в условиях мышечной деятельности признавалась многими исследователями. Однако данные этих наблюдений довольно противоречивы. Так, И. И. Лихницкая (1960), В. М. Волков (1963), Н. Gebler, R. Markert (1927), M. Bürger (1957, 1960) отмечают, что с возрастом потребление кислорода в условиях стандартной нагрузки увеличивается. E. Simonson (1957), H. Posth, N. Tietz (1959) и К. И. Пархон (1960) делают противоположный вывод, а J. Ragot (1958), не находит различий в изменениях величины потребления кислорода под влиянием стандартной физической нагрузки между молодыми и пожилыми лицами. По-видимому, такая разноречивость результатов зависит как от вида и интенсивности применяемой физической нагрузки, так и контингента исследуемых лиц.

Возрастные функциональные и морфологические изменения органов дыхания, формирование с возрастом компенсаторно-приспособительных механизмов определяют, во многом, своеобразие ответных реакций респираторного аппарата на физическую нагрузку, которое следует учитывать при организации двигательного режима пожилых людей. В связи с этим представляет интерес сопоставление величины и характера реакций дыхания в условиях стандартной и максимальной по длительности физических нагрузок в начале и в конце цикла тренировочных занятий.

В настоящей работе приведены данные о влиянии шестинедельных занятий физическими упражнениями на респираторную функцию людей пожилого возраста.

Методика исследования

В состоянии покоя, во время выполнения нагрузки и в восстановительном периоде (в течение 15 минут) регистрировалась пневмограмма, оксигеграмма, определялась величина легочной вентиляции и потребления кислорода. Регистрируемые сдвиги дыхательной функции сопоставлялись с изменениями работоспособности. Запись работы производилась на кистевом эргографе. Стандартная нагрузка заключалась в поднимании груза 13 кг в течение одной минуты. При максимальной по длительности физической нагрузке работа производилась с весом 9 кг до полного утомления. Ритм работы в обоих случаях составлял 60 подъемов груза в одну минуту.

Выводы настоящей работы основываются на анализе результатов исследований 42 мужчин в возрасте 60—69 лет.

Результаты исследований

Одной из наименее изученных сторон функции дыхания при старении является исследование ее реакции в процессе выполнения физической нагрузки, особенно тех изменений, которые разворачиваются в начальном периоде мышечной деятельности. Поэтому особое внимание в работе было уделено изучению характера развития сдвигов дыхания как при переходе от покоя к деятельности, так и по мере дальнейшего выполнения нагрузки.

Существенной особенностью, характерной для функции дыхания пожилых лиц в условиях физических нагрузок, является затруднение начального периода деятельности, что проявляется в нарушении ритма дыхания, координации движений, отставании легочной вентиляции от запросов организма и т. д. Тот факт, что эти нарушения в периоде вработывания проявляются не только в дыхательной и мышечной системах, но и в системе кровообращения дает возможность говорить о формирующемся с возрастом своеобразном «барьере адаптации».

Для характеристики хода вработывания функции дыхания и расчета «показателя вработывания» использовался метод сравнения величины легочной вентиляции и потребления кислорода в первую и вторую половины работы. Сопоставляя эти показатели, мы имели возможность оценивать характер развития сдвигов функции в процессе выполнения нагрузки.

Изучение развития сдвигов легочной вентиляции показало, что под влиянием физической тренировки заметно изменяется включение вентиляционной функции в работу. Если в первичных исследованиях возрастание легочной вентиляции в последние 30 секунд нагрузки составляло по отношению к начальным 30 секундам $19,2 \pm 1,6\%$, то в повторных исследованиях эта величина снизилась до $12,9 \pm 1,2\%$, что свидетельствует о более быстром нарастании МОД после занятий физическими упражнениями.

Такая же направленность изменений регистрируется и по потреблению кислорода. В первичных исследованиях увеличение потребления кислорода в последние 30 сек. работы по отношению к первым составляло $18,2 \pm 1,3$, а в повторных — $10,9 \pm 1,2\%$ (рис. 1).

Обнаруженные у пожилых людей изменения развития реакций дыхательной функции находятся в соответствии с современными представлениями о физиологии периода вработывания (М. Я. Горкин, 1955; К. М. Смирнов, Н. А. Матюшкина, 1959; Ю. И. Данько, 1965; Е. А. Пирогова, 1967) и являются свидетельством улучшения функционального

состояния организма пожилых людей под влиянием физической тренировки.

Изучение хода развития сдвигов потребления кислорода в процессе мышечной деятельности и в восстановительном периоде показало значительное снижение амплитуды реакций под влиянием физической тренировки (рис. 2).

Для суждения о действительных энергозатратах при выполнении стандартной физической нагрузки и их изменениях

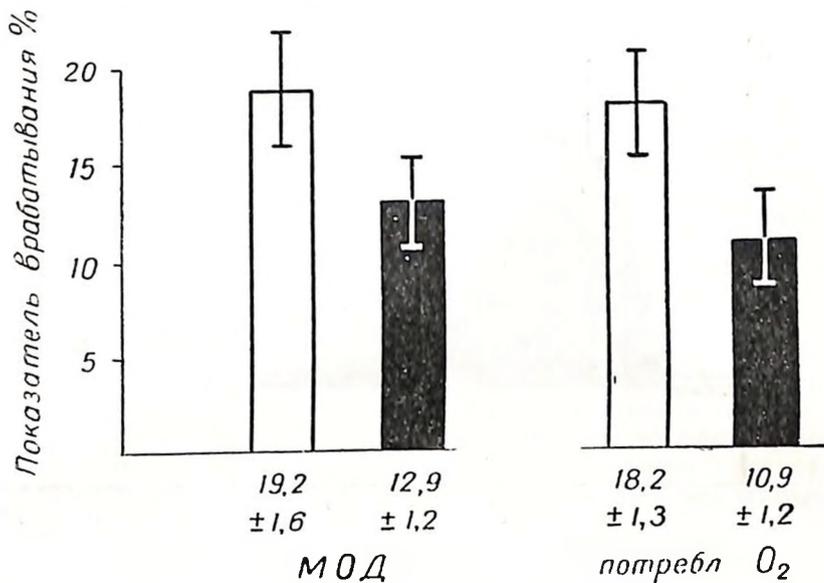


Рис. 1. Сокращение периода вработывания дыхательной функции под влиянием физической тренировки.

Белые столбики — до, черные — после шестинедельной тренировки.

в процессе физической тренировки представляет интерес расчет кислородной «стоимости» единицы выполняемой работы, которая определялась путем деления величины кислородного запроса в мл на количество выполняемой работы в кгм. Результаты исследований показали, что влияние физической тренировки характеризуется значительным снижением энергозатрат. Так, если до активного двигательного режима кислородная «стоимость» 1 кгм работы составляла $9,9 \pm 1,0$ мл кислорода, то в повторных исследованиях обнаруживается снижение ее до $7,7 \pm 0,8$ мл.

Время восстановления исходного уровня МОД и потребления кислорода под влиянием физической тренировки значительно сократилось (МОД) с $5,0 \pm 0,4$ мин. до $3,9 \pm 0,2$ мин., а потребление кислорода с $6,8 \pm 0,4$ мин. до $3,8 \pm 0,3$ мин.

Таким образом, можно констатировать, что во втором случае работа выполняется более экономно.

Развитие состояния тренированности сказывается также и в более устойчивом сохранении уровня насыщения артериальной крови кислородом при физических нагрузках. В первичных исследованиях снижение уровня оксигенации крови при выполнении стандартной физической нагрузки составляло в среднем — 2—3% от исходного уровня. Повторные

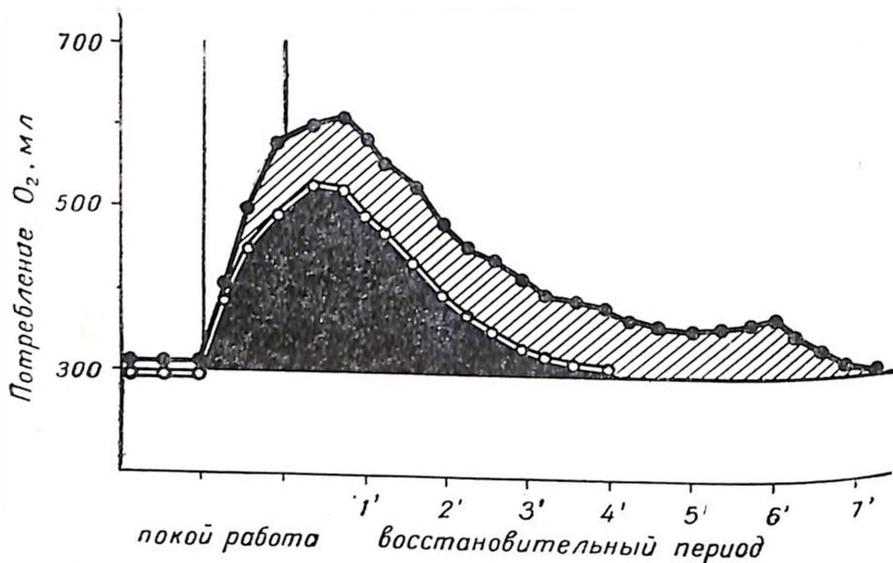


Рис. 2. Изменение амплитуды потребления кислорода под влиянием физической тренировки у исп. Ст-ко (65 лет).

Верхняя кривая — до, нижняя — после тренировки.

исследования, проведенные после шести недель занятий физическими упражнениями, свидетельствуют о том, что насыщение артериальной крови кислородом снижается менее значительно (—0,5—1,5% от уровня покоя).

Таким образом, оценивая изменения дыхательной функции в процессе систематической тренировки как реакций, развивающихся в результате реализации моторно-висцеральных рефлексов (М. Р. Могендович, 1957), мы должны признать, что в условиях наших исследований, проведенных до и после физической тренировки, имело место совершенно одинаковое воздействие. Между тем, возникающие во втором случае реакции оказывались меньше как по амплитуде сдвига, так и по времени его реституции. Для понимания этого явления перспективной является концепция Г. В. Фольборта (1955) об основных работающих органах и обслуживающих их системах. Деятельность дыхательной системы является в

данном случае классическим примером «обслуживающего» органа.

Хорошо известно, что под влиянием систематических занятий физическими упражнениями у пожилых людей значительно улучшаются процессы обмена веществ (Н. Н. Яковлев, 1960; П. М. Бабарин, 1963; А. Ф. Краснова, 1963 и др.). Это позволяет видеть в более экономном и быстром восстановлении реакций дыхательной системы результат снижения запросов к обслуживающей системе со стороны основного работающего органа.

Снижение с возрастом максимальной мощности и экономичности работы, а также нарушение соответствия сдвигов дыхания интенсивности применяемой нагрузки у пожилых людей (К. Т. Соколов, 1964, 1965) делают особенно интересным изучение возрастных особенностей реакций этой системы в условиях максимальных по длительности физических нагрузок.

Исследования с применением нагрузки максимальной длительности показали, что под влиянием активного двигательного режима значительно возрастает объем выполняемой работы (с 67,8 кгм до 88,2 кгм). Поскольку существует тесная взаимосвязь между величиной нагрузки, с одной стороны, и степенью и характером сдвигов вентиляторной и газообменной функции, с другой, — то увеличение объема работы, выполняемой в повторных исследованиях, сказывается на возрастании амплитуды регистрируемых сдвигов.

Действительно, результаты исследований дыхания в условиях нагрузки максимальной длительности показали, что физическая тренировка способствует расширению функциональных возможностей дыхания, что выражается в возрастании амплитуды реакций в условиях работы максимальной длительности.

Тренировка сказывается также в лучшей приспособляемости к гипоксическим условиям. Так, если до начала занятий физическими упражнениями работа прекращалась уже при снижении уровня оксигенации до — 3,6% от данных покоя, то после физической тренировки среднее снижение насыщения артериальной крови кислородом составило — 5,2% от исходного уровня. Вместе с тем время восстановления к дорабочему уровню существенно не отличается (2,0 мин. в первичном и 2,7 мин. в повторных исследованиях).

Под влиянием активного двигательного режима уменьшается различие между величиной легочной вентиляции в первые и последние 30 сек. нагрузки (рис. 3).

Возрастает амплитуда МОД во время выполнения физической нагрузки (до тренировки — 46,9%, после — 64,2%). Аналогичное возрастание МОД отмечается и на первой мину-

те отдыха (соответственно 60,7 и 72,3%). Однако ко второй минуте восстановительного периода величины приростов МОД в первичных и повторных исследованиях выравниваются (30,0% до — и 36,8% после тренировки). Следует отметить, что несмотря на такое значительное возрастание легочной вентиляции, имевшее место в повторных исследованиях,

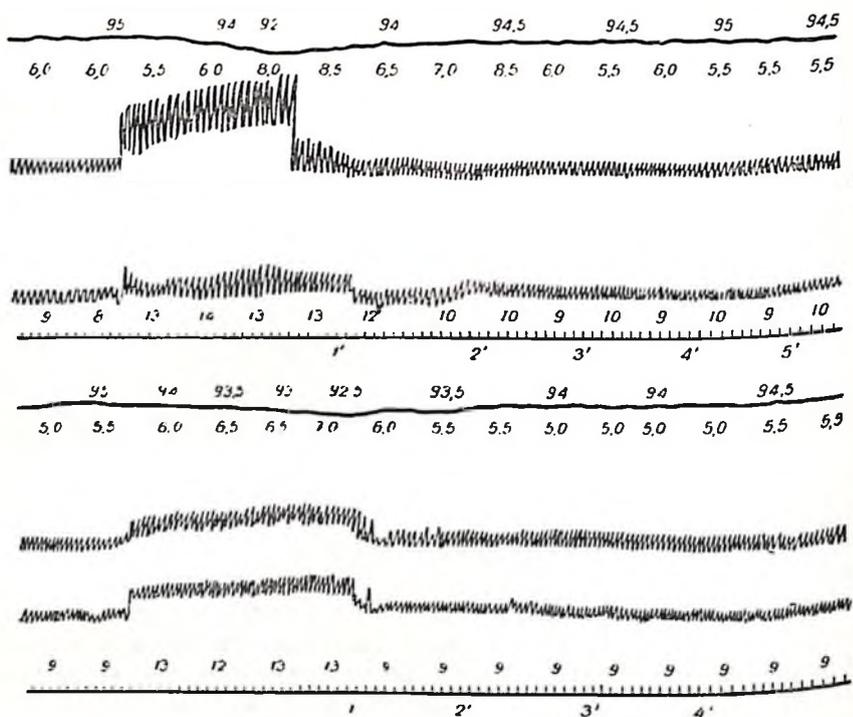


Рис. 3. Изменение сдвигов внешнего дыхания под влиянием шестинедельной физической тренировки у исп. К-о (64 г.).

Верхняя пневмограмма — до, нижняя после цикла физической тренировки. Условные обозначения сверху вниз: оксигеомграмма, запись грудного дыхания, диафрагмальное дыхание, отметка времени (через 5 сек.). Верхний ряд цифр — насыщение артериальной крови оксигемоглобином, ниже — легочная вентиляция по полминутам, внизу — частота дыхательных движений за 30 секунд.

время восстановления исходного МОД примерно одинаково (4,6 мин. до — и 4,8 мин. — после физической тренировки). Это, по-видимому, является свидетельством более интенсивного протекания восстановительных процессов под влиянием активного двигательного режима.

Анализ сдвигов потребления кислорода во время выполнения нагрузки и на первой минуте отдыха показал, что прирост его к уровню покоя выше в повторных исследованиях. Однако время восстановления исходного уровня потребления

кислорода под влиянием физической тренировки сокращается с $6,0 \pm 0,4$ мин. до $4,5 \pm 0,3$ минут.

Снижается также и кислородная «стоимость» 1 кгм работы (с $0,9 \pm 0,4$ мл до $8,0 \pm 0,6$ мл), что свидетельствует о возросшей экономичности работы (табл. 1).

Таблица 1

Изменение сдвигов потребления кислорода в условиях работы максимальной длительности под влиянием физической тренировки

Период исследования	Прирост к уровню покоя в %			Время восстановления	Кислородная стоимость* 1 кгм работы
	во время нагрузки	первая минута отдыха	вторая минута отдыха		
До тренировки	$45,8 \pm 5,5$	$53,9 \pm 4,2$	$35,3 \pm 4,7$	$6,0 \pm 0,4$	$9,0 \pm 0,4$
После тренировки	$60,6 \pm 9,0$	$73,5 \pm 3,2$	$28,5 \pm 3,4$	$4,5 \pm 0,3$	$8,0 \pm 0,6$

Как видно из представленной таблицы, во время выполнения нагрузки и на первой минуте восстановительного периода прирост потребления кислорода к уровню покоя выше в повторных исследованиях, однако уже на второй минуте отдыха происходит более значительное его снижение (28,5%), чем это наблюдалось в первичных исследованиях (35,8%).

Таким образом, полученные нами результаты исследований об увеличении экономичности работы сочетаются с другими факторами, среди которых существенное значение имеют данные, свидетельствующие о повышении резервных возможностей дыхательного аппарата. Отмеченные в первичных исследованиях нарушения координации движений, задержка и аритмия дыхательных движений в начале выполнения нагрузки при повторных исследованиях полностью исчезают.

Период вхождения в работу, его продолжительность и качественные особенности в значительной мере определяются подвижностью регуляторных механизмов, координирующих функцию дыхания. Учитывая свойственное пожилым людям увеличение времени вхождения в работу и затруднение в связи с этим начального периода мышечной деятельности, названное И. В. Муравовым «барьером адаптации», укорочение этого периода под влиянием систематической тренировки следует расценивать как важный фактор улучшения адаптации дыхания к физическим нагрузкам.

В характеристике изменений, развивающихся в дыхательном аппарате при тренировке, необходимо иметь в виду также и то, что ускорение функционального восстановления сдвигов дыхания является существенной предпосылкой, увеличивающей возможности активизации двигательного режи-

ма. Совершенно ясно, что сокращение периода респитуции респираторных реакций, связанных с предшествующей работой, создает условия для укорочения интервалов отдыха между отдельными физическими упражнениями и может рассматриваться как важное условие повышения работоспособности.

ЛИТЕРАТУРА

- Бабарин П. М. В сб.: Двигательный режим и старение. Киев, 6—8, 1963. Волков В. И. В сб.: Двигательный режим и старение. Киев, 22—23, 1963. Горев Н. И. В сб.: Механизмы старения. Киев, 5—18, 1963. Горкин М. Я. Вработываемость при мышечной деятельности. Дисс. докторская. Киев, 1955. Даныко Ю. И. В сб.: Координация двигательных и вегетативных функций при мышечной деятельности человека. Изд. «Наука», М.—Л., 65—82, 1965. Краснова А. Ф. В кн.: Двигательный режим и старение. Киев, 58—59, 1963. Лихницкая Н. И. В кн.: Физиология и патология старости. Л., 63—70, 1960. Могендович М. Р. Рефлекторное взаимодействие локомоторной и висцеральной систем. Медгиз, М., 1957. Муравов И. В. В сб.: Кровообращение и старость. Киев, 40—53, 1965. Murawow I. W. *Kultura Fizyczna*, 11, 673—678, 1965. Миронова З. Б. В сб.: Актуальные проблемы врачебного контроля и лечебной физкультуры. Киев, 88—90, 1965. Пирогова Е. А. В сб.: Физическая культура и здоровье. Изд-во «Здоровье», Киев, 65—73, 1967. Пирогова Е. А. В сб.: Материалы 2-й научно-практ. конф. по врачебному контролю и леч. физк. СССР, Тбилиси, 56—58, 1966. Смирнов К. М., Матюшкина Н. А. Бюллетень эксперимент. биологии и медицины, 39, 9, 9, 1959. Соколов К. Т. В сб.: Физическая культура — источник долголетия. Изд. «Физк. и спорт», М., 120—132, 1965. Соколов К. Т. Газообмен и некоторые показатели внешнего дыхания при физических нагрузках у лиц пожилого и старческого возраста. Автореферат канд. дисс., Киев, 1967. Яковлев Н. Н. Возрастные особенности функционального и пластического обмена веществ и их значение для физической культуры. Теория и практика физической культуры, 7, 25—29, 1962. *Astrand I. Acta physiologica scandinavica*, vol. 49, 1960. *Bürger M. Altern und Krankheit als Problem der Biomorphose. Vierte, wesentlich erweiterter Auflage, Leipzig, 1960.* Бурльер Ф. Старение и старость. Перевод с французского. Изд. «Иностранная литература», М., 1962. *Gefler H., Markert R. Ztschr. Biologie*, 86, 173, 1927. Матеев Д. Теория и практика физической культуры, 31—34, 1964. Пархон К. И. Возрастная биология. Изд. «Меридиан», Бухарест, 297—302, 1960. *Parrot J. Muscular activity in man in old age. Lab. de Physiol. Fac. de Med., Paris Rev. franc. Gerontol.*, 4/6, 409—411, 1958. *Posth H., Tietz N. Ztschr. Alternsforsch.*, 13, 1, 1959. *Simonson E. Geriatrics*, 12, 1, 28—39, 1957. *Verzar F., Hügin F. Acta anat. Basel*, 30, 918—927, 1957.

ROLE OF PHYSICAL TRAINING IN THE IMPROVEMENT OF THE ADAPTATION OF THE EXTERNAL RESPIRATION AND RESPIRATORY METABOLISM OF ELDERLY PEOPLE TO PHYSICAL EXERCISES

K. T. SOKOLOV

*Institute of Gerontology of the Academy of Medical Sciences
of the U S S R. Kiev*

Data are presented on the effect of six-week courses of physical exercises on the respiration and respiratory metabolism of persons 60—69 years old.

The results of the research showed that under the conditions of a standard physical load the respiratory reactions in the process of physical training are characterized by a decrease in the amplitude of the changes in pulmonary ventilation and oxygen consumption, both while performing the load and in the recovery period, and also by the rapid restitution of these indices to the level of rest.

The use of a load of maximum duration permits noting the rise in the functional capacities of the respiratory system (an increase in the amplitude of the changes in pulmonary ventilation and oxygen consumption while performing work) and a better adaptation to hypoxic conditions.

The most general manifestation of the effect of physical exercises on the respiratory function is a rise in the economy of work, which is expressed in the decrease of the oxygen cost of 1 kg m of work.

The data obtained furnish evidence of a substantial improvement, under the effect of systematic physical exercises, in the adaptation of the respiratory function to the conditions of muscular activity. The results of our investigations are in agreement with I. V. Muravov's thesis (1963) that a rational motor regime in old age is an effective means of preventing the development of premature senescence.

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ МЕТОДОВ
ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАНЯТИЯ
ФИЗИЧЕСКИМИ УПРАЖНЕНИЯМИ ЛЮДЕЙ
СРЕДНЕГО ВОЗРАСТА В «ГРУППАХ ЗДОРОВЬЯ»**

Р. И. РАКИТИНА

*Институт геронтологии АМН СССР,
Республиканский центральный стадион, Кисев*

Научное обоснование физической культуры людей старшего возраста составило к настоящему времени целое направление исследований (М. П. Кончаловский, 1926; В. Н. Мошков, 1930; А. А. Богомолец, 1940; В. П. Ильин, 1949; И. М. Саркизов-Серазини, 1954, 1957; И. М. Яблоновский, 1953, 1960; Р. Е. Мотылянская, 1956; А. Н. Транквиллитати, 1959; А. А. Савельев, 1961; Т. К. Cureton, 1957; W. Hollmann, 1959; D. Mateev, 1963, 1966; E. Jokl, 1964; S. Strauzenberg, 1964 и др.). Важнейшим итогом этих исследований явилось выяснение благотворного влияния занятий физическими упражнениями на стареющий организм. Признавая важность этого направления, необходимо иметь в виду, что на современном этапе разработки проблемы особое значение приобретает выяснение другого вопроса (И. В. Муравов, 1965), — путей повышения эффективности и доступности проводимых занятий.

Сложившаяся к настоящему времени методика занятий «групп здоровья» доступна далеко не для всех. Многолетний опыт нашей работы с лицами среднего и пожилого возраста свидетельствует о том, что многие из них не могут приспособиться к уровню нагрузок в занятиях. Существующая дифференциация занятий по медицинским группам (И. И. Яблоновский, 1961 и др.) облегчает дозировку нагрузок для определенной части лиц, ограничивая, вместе с тем, диапазон применяемых упражнений. Все это указывает на актуальность разработки методов повышения приспособительных возможностей людей среднего и пожилого возраста к условиям мышечной деятельности, как основы для повышения эффективности массовой физкультурно-оздоровительной работы.

Настоящая работа и была направлена на выяснение некоторых путей улучшения адаптации организма людей среднего возраста к занятиям физическими упражнениями. Полученные в процессе многолетних исследований результаты позволили обосновать ряд методов повышения эффективности занятий в «группах здоровья» для людей 50—59 лет. Учитыв-

вая, что наступающее при старении изменение приспособительных возможностей наиболее резко выражено в начале мышечной деятельности («барьер адаптации» по И. В. Муравову, 1963), когда развитие вегетативных реакций организма резко затрудняется (К. Т. Соколов, 1965; Е. А. Пирогова, 1967), мы испытали с целью улучшения адаптационных возможностей организма в этом периоде влияние специальной разминки. В методике примененной нами разминки был использован принцип предшествующей реализации сеченовского эффекта, что достигалось включением упражнений, главным образом, для тех групп мышц, которые в ходе самого занятия функционировали меньше (И. В. Муравов, Ф. Т. Ткачев, 1964; Э. Г. Яненко, 1967). Основным упражнением разминки являлась ходьба в ее различных вариантах, которая, как показали наши предыдущие исследования (К. Т. Соколов, Р. И. Ракитина, 1965), значительно улучшает приспособление к последующим физическим упражнениям различного характера. Длительность разминки составляла пять минут. Интервал после ее окончания до начала подготовительной части урока составлял две минуты.

Результаты проведенных исследований показали, что под влиянием такой разминки значительно улучшается процесс развития и восстановления реакций сердечно-сосудистой системы. Оценивая эти реакции в процессе стандартного урока, мы отметили снижение уровня сдвигов частоты сердечных сокращений и артериального давления, а также повышение показателей динамометрии кисти.

Так, под влиянием специальной разминки прирост частоты пульса, подсчитанной в 10 секунд, после подготовительной части занятий у мужчин 50—59 лет снижается с $6,9 \pm 0,1$ до $5,6 \pm 0,01$ сердечных сокращений. Аналогичные изменения отмечаются и после заключительной части (соответственно $6,4 \pm 0,1$ и $5,3 \pm 0,2$ сердечных сокращений). Время восстановления сдвигов частоты сердечных сокращений после стандартного урока под влиянием разминки укорачивается с десяти до пяти минут.

Сходные изменения отмечены и в реакциях максимального кровяного давления. Величина прироста его под влиянием разминки снижается после подготовительной части с $17,9 \pm 1,4$ до $12,6 \pm 0,9$ мм рт. ст., после основной части соответственно с $24,5 \pm 0,6$ до $20,0 \pm 0,7$ мм рт. ст. и после заключительной части — с $21,4 \pm 0,7$ до $11,4 \pm 1,0$ мм рт. ст. Об укорочении восстановительного периода в реакциях максимального давления можно судить по тому, что на десятой минуте после урока сдвиги этого показателя под влиянием специальной разминки снижаются с $2,3 \pm 1,0$ до $9,8 \pm 1,6$ мм рт. ст.

Показательно, что отмечающиеся под влиянием разминки более экономные и быстрее восстанавливающиеся реакции

сердечно-сосудистой системы, сочетаются с более высокими показателями динамометрии мышц кисти.

Отмеченные данные указывают на улучшение функционального состояния организма под влиянием предшествующей специальной разминки.

Достигнутого улучшения оказалось достаточно для того, чтобы повысить общую двигательную активность на протяжении всего занятия и, особенно, в основной его части. Это нашло свое отражение в показателе плотности урока, возросшей с 40—45% до 60—65%, а в основном периоде занятий до 75—85% и выше. Такое повышение плотности занятия было достигнуто за счет включения элементов активного отдыха в виде заполнения пауз между отдельными упражнениями ходьбой, дыхательными упражнениями и упражнениями в расслаблении.

В наибольшей степени была изменена методика основной части занятий. Помимо элементов активного отдыха в эту часть занятий были включены упражнения на силу (приседания, отжимания от пола и др.), на выносливость (ходьба в чередовании с бегом), а также упражнения для развития основных групп мышц (упражнения с резиновыми амортизаторами; упражнения в перемене положения тела; упражнения, выполняемые в паре; упражнения для развития подвижности в суставах и т. п.). Исходя из данных З. Б. Мироновой (1964, 1965), а также из проведенных нами лабораторных исследований, показавших высокую эффективность сложнокординированных движений, вовлекающих в деятельность различные группы мышц, в основной части занятий мы широко использовали упражнения этого типа.

Результаты этой части работы показали, что значительное увеличение плотности занятий и общего объема двигательной активности в занятиях не сопровождается нарушением функционального состояния организма и не вызывает явлений перенапряжения, так как происходит в условиях улучшающейся адаптации организма к мышечной деятельности. На это указывают данные, свидетельствующие о том, что при практически неизменных сдвигах частоты сердечных сокращений и кровяного давления в основной части занятия, восстановление этих показателей к исходному уровню происходит значительно быстрее, чем в уроке, проведенном по обычной методике.

Так, уже через одну минуту после урока прирост частоты пульса в 10 секунд в результате изменения методики основной части занятия уменьшается у мужчин 50—59 лет с $3,9 \pm 0,31$ до $1,5 \pm 0,02$ сердечных сокращений, причем время восстановления этого показателя укорачивается в этих условиях с десяти до четырех минут. Аналогичные изменения отмечаются и в показателях максимального кровяного дав-

ления: через одну минуту после занятия сдвиги его при этом снижаются с $20,9 \pm 0,8$ до $11,3 \pm 1,0$ мм рт. ст., а общее время восстановления сокращается на 10 мин.

Исследования заключительной части урока позволили определить ее оптимальное содержание и длительность. Выяснилось, что дозированное включение упражнений игрового характера при длительности заключительной части в 7 минут в наибольшей степени способствует разрешению задач этой части урока — ускорению функционального восстановления организма.

Наиболее высоким доказательством эффективности использованных нами особенностей методик явились исследования длительного периода (13 месяцев) занятий по разным методикам. В этом разделе изучались некоторые показатели физического развития (рост, вес, окружность грудной клетки, жизненная емкость легких, сила мышц правой и левой кисти) и функционального состояния (величина реакций частоты пульса и кровяного давления, а также время восстановления ритма сердечных сокращений после стандартной физической нагрузки). Оценивались также изменения субъективного состояния (сон, аппетит, настроение, самочувствие) занимающихся. Специально разработанной серией физкультурно-контрольных нормативов оценивались изменения двигательных качеств занимающихся.

Так, если у женщин 50—59 лет, занимающихся физическими упражнениями по обычной методике, рекомендованной для «групп здоровья» (контрольная группа) увеличение окружности грудной клетки на вдохе составило $1,77 \pm 0,14$ см, то женщины этого возраста, занимающиеся по разработанной нами методике (экспериментальная группа) обнаружили повышение этого показателя на $3,17 \pm 0,51$ см (достоверность различий $< 0,05$). Аналогичные результаты отмечены также при сопоставлении изменений показателей окружности грудной клетки на выдохе и амплитуды движения грудной клетки.

Не менее демонстративны изменения жизненной емкости легких, отмеченные в результате занятий по различным методикам (табл. 1).

Увеличение показателей динамометрии кисти также оказалось более выраженным у лиц, занимающихся физическими упражнениями по разработанной нами методике (рис. 1). Так, у женщин контрольной группы прирост динамометрии левой кисти составил $2,54 \pm 0,17$ кг, тогда как аналогичное увеличение в экспериментальной группе достигло $5,40 \pm 0,36$ кг ($p < 0,001$).

Достоверных различий в уровне частоты пульса в покое у лиц, занимавшихся по различным методикам, мы не обнаружили, хотя тенденция к более выраженной брадикардии под влиянием длительного периода занятий отмечается в

Изменения жизненной емкости легких женщин и мужчин 50—59 лет под влиянием занятий в «группах здоровья», $см^3$ ($M \pm m$)

Группа	Женщины			Мужчины		
	до периода занятий	после периода занятий	прирост	до периода занятий	после периода занятий	прирост
Контрольная	2684 ± 116	3269 ± 116	584 ± 36	3054 ± 36	3508 ± 43	454 ± 38
Экспериментальная	2570 ± 96	3315 ± 103	745 ± 59	3110 ± 54	3705 ± 61	595 ± 45
Достоверность различий, p	>0,05	>0,05	<0,05	>0,05	<0,05	>0,05

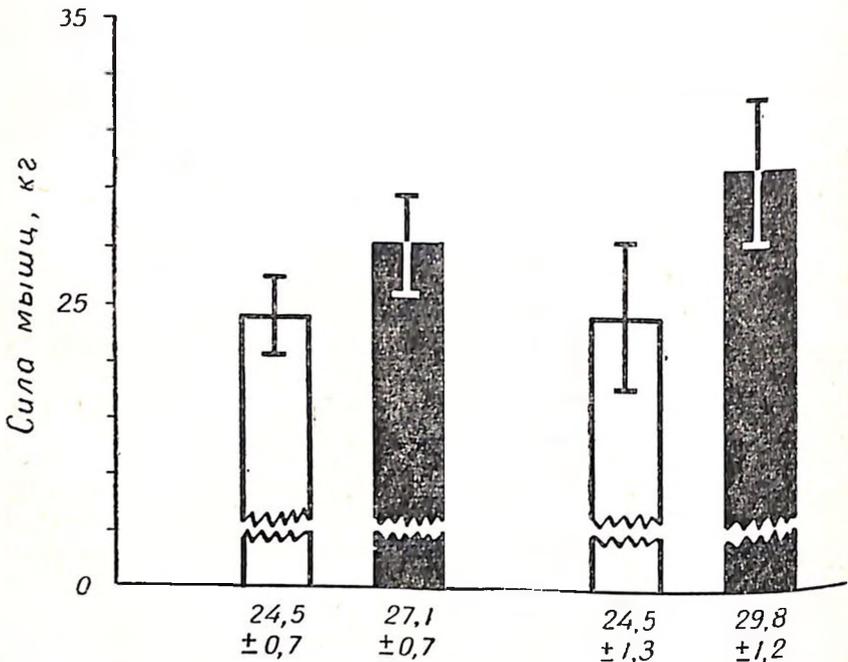


Рис. 1. Изменения показателей динамометрии левой кисти у женщин 50—59 лет под влиянием занятий в «группах здоровья».

Белыми столбиками обозначены показатели до периода тренировок, черными — после 13 месяцев занятий. Слева — результаты контрольной, справа — экспериментальной группы.

экспериментальной группе. В отличие от этого изменения кровяного давления у женщин и мужчин в контрольной и экспериментальной группах оказываются различными (рис. 2).

Для оценки изменений функционального состояния организма под влиянием занятий в «группах здоровья» были привлечены также данные, характеризующие реакцию сердечно-сосудистой системы на стандартную физическую на-

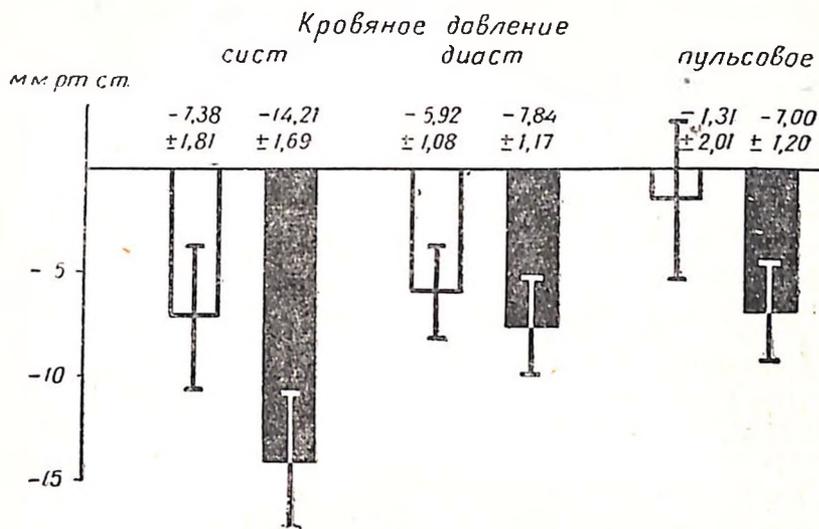


Рис. 2. Степень снижения показателей кровяного давления у мужчин 50—59 лет под влиянием занятий в «группах здоровья».

Белыми столбиками обозначены результаты контрольной, черными — экспериментальной группы.

грузку (20 приседаний за 40 сек.). Оказалось, что систематические занятия физическими упражнениями приводят к экономизации сдвигов частоты сердечных сокращений, причем особенно четко это влияние выражено у лиц, занимающихся в экспериментальной группе (табл. 2).

Таблица 2

Изменения частоты пульса, измеренного в течение 10 сек. непосредственно после стандартной нагрузки, у женщин и мужчин 50—59 лет под влиянием занятий в «группах здоровья» ($M \pm m$)

Группы	женщины			Мужчины		
	до периода занятий	после периода занятий	снижение	до периода занятий	после периода занятий	снижение
Контрольная	17,61 ±0,32	16,84 ±0,33	0,77 ±0,41	17,92 ±0,20	17,46 ±0,22	0,46 ±0,17
Экспериментальная	18,30 ±0,22	16,45 ±0,14	1,85 ±0,25	17,57 ±0,24	16,47 ±0,20	1,10 ±0,24
Достоверность различий, p	>0,05	>0,05	<0,05	>0,05	<0,05	<0,05

Отмеченные в наших исследованиях более экономные сдвиги частоты сердечных сокращений имеют положительное значение, так как известно, что с возрастом формируются гемодинамические условия, предъявляющие повышенные запросы к сердечной мышце (K. Wezler, 1942; M. Bürger, 1957; В. В. Фролькис, 1962 и др.). Если учесть, что стареющее сердце, являясь органом с напряженным энергетическим обменом (Л. Н. Богацкая, 1966, 1968), становится в условиях мышечной деятельности особенно уязвимым, причем у людей среднего и пожилого возраста нередко развивается относительная сердечная недостаточность при значительно меньшей, чем у молодых людей, частоте сердцебиений (W. Dock, 1959; В. В. Фролькис, 1962; D. B. Dill, C. F. Sopolazio, 1962 и др.), то становится ясным важное приспособительное значение отмеченных под влиянием занятий в «группах здоровья» изменений.

Показательно, что наряду с экономизацией величины сдвигов ритма сердечной деятельности в условиях стандартной нагрузки отмечается сокращение длительности этой реакции, причем также более выраженное у лиц, занимавшихся в экспериментальной группе (табл. 3).

Таблица 3

Изменения длительности восстановления исходной частоты сердечных сокращений после стандартной физической нагрузки у женщин и мужчин 50—59 лет под влиянием занятий в «группах здоровья», сек. ($M \pm m$)

Группа	женщины			мужчины		
	до периода занятий	после периода занятий	снижение	до периода занятий	после периода занятий	снижение
Контрольная	230,0 $\pm 9,3$	152,2 $\pm 11,3$	69,2 $\pm 5,3$	251,5 $\pm 10,0$	173,1 $\pm 10,3$	78,4 $\pm 7,3$
Экспериментальная	237,0 $\pm 6,0$	138,0 $\pm 7,6$	97,5 $\pm 4,8$	243,7 $\pm 10,2$	137,9 $\pm 6,5$	105,7 $\pm 6,2$
Достоверность различий, p	>0,05	>0,05	<0,05	<0,001	>0,05	<0,001

Наряду с улучшением показателей физического развития и функционального состояния организма, более выраженным у лиц, занимавшихся по разработанной нами методике, мы отметили у них также более высокий уровень развития двигательных качеств. Все изучавшиеся нами при помощи физкультурных контрольных нормативов показатели (сила мышц брюшного пресса, выносливость, подвижность позвоночника, координация движений и др.) оказались после 13 месяцев занятий более высокими у занимающихся в эксперименталь-

ной группе. Особенного развития у лиц этой группы достигла выносливость, на тренировку которой в занятиях экспериментальной группы обращалось существенное внимание. Оценивая выносливость по величине дистанции, пробегаемой в замедленном темпе занимающимися, мы смогли составить представление о развитии этого качества в процессе занятий (рис. 3).

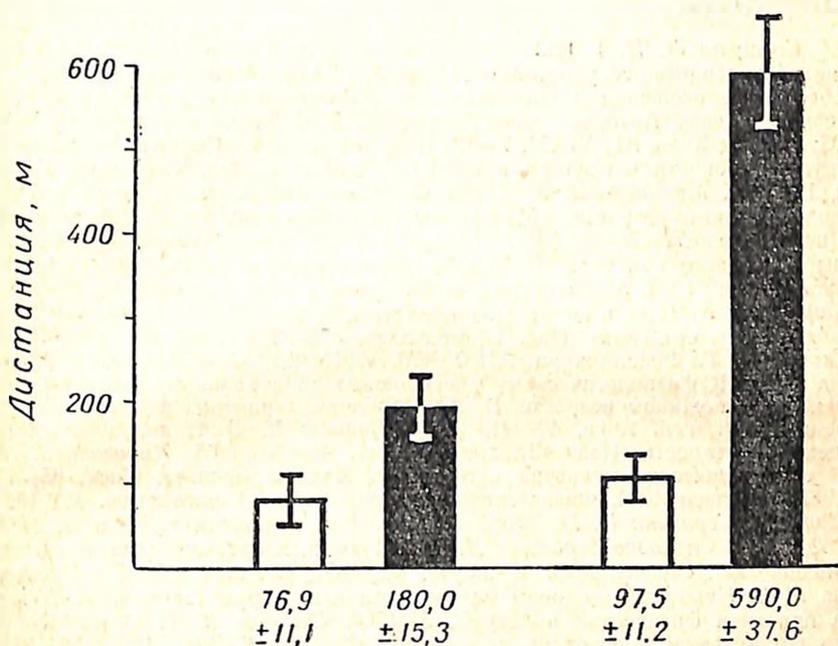


Рис. 3. Величина дистанции, пробегаемой мужчинами 50—59 лет до (белые столбики) и после периода занятий (черные столбики) в «группах здоровья».

Слева изображены результаты занимающихся в контрольной, справа — в экспериментальной группе.

Более отчетливые положительные изменения обнаружены также в показателях самочувствия (сон, аппетит, настроение и т. п.) у занимающихся в экспериментальной группе.

Полученный нами фактический материал свидетельствует о том, что у лиц, занимающихся по разработанной нами специальной методике, отмечаются более благоприятные изменения важнейших показателей физического развития и функционального состояния организма, в большей степени возрастают двигательные возможности и улучшается самочувствие, чем у занимающихся по обычной методике.

Проведенные нами исследования указывают на практическое значение исследований в области повышения эффектив-

ности существующей системы занятий физическими упражнениями для людей среднего и пожилого возраста. Существенное значение для этого имеют работы в области физиологии двигательного режима и активного отдыха людей среднего и пожилого возраста.

ЛИТЕРАТУРА

- Богацкая Л. Н.* В кн.: Проблемы возрастной физиологии и патофизиологии сердечно-сосудистой системы. М., 33—34, 1966. *Богацкая Л. Н.* Возрастные особенности энергетического обмена и его регуляции в сердечной мышце. Автореф. докт. диссерт., 1968. *Богомолец А. А.* В сб.: «Старость», Киев, АН УССР, 7—13, 1940. *Ильин В. П.* Сохранение высокой трудоспособности в среднем и пожилом возрасте. Изд. «Правда», М., 8, 9, 19, 1949. *Миронова З. Б.* В сб.: Физическая культура в труде и быту людей разного возраста. (Материалы научно-практической конференции). Днепропетровск, 67—68, 1964. *Миронова З. Б.* В кн.: Актуальные проблемы врачебного контроля и лечебной физкультуры, Киев, изд. «Здоровье», 88—89, 1965. *Мотылянская Р. Е.* Спорт и возраст, Медгиз, М., 1956. *Мошков В. Н.* Теор. и практ. физ. культуры, 9, 30—39, 1930. *Муравов И. В.* «Механизмы старения». Изд. Госмедиздат, 355—366, 1963. *Муравов И. В., Ткачев Ф. Т.* Физиол. журн. АН УРСР, т. 10, 2, 163—169, 1964. *Муравов И. В.* К физиологическому обоснованию рационального двигательного режима в пожилом возрасте. В сб.: Проблемы геронтологии в клинике внутренних болезней, Киев, 40—41, 1965. *Муравов И. В.* В кн.: Кровообращение и старость. Изд. «Здоровья», Киев, 40—53, 1965. *Пирогова Е. А.* В сб.: Физическая культура и здоровье. Изд. «Здоровье», Киев, 65—73, 1967. *Савельев А. А.* Физическая культура — путь к долголетию. М., 1961. *Саркизов-Серазини И. М.* Теор. и практ. физ. культуры, т. 16, в. 4, 248—252, 1953. *Саркизов-Серазини И. М.* Путь к здоровью, силе и долгой жизни. Изд. «Физкультура и спорт», М., 1957. *Соколов К. Т., Ракитина Р. И.* Некоторые вопросы методики занятий «групп здоровья». Теория и практика физической культуры, 5, 1964. *Соколов К. Т.* В кн.: Физическая культура — источник долголетия. Изд. «ФиС», М., 120—132, 1965. *Транквилитати А. Н.* Физическая культура для женщины пожилого возраста, Медгиз, М., 1959. *Фролькис В. В.* В сб.: Вопросы геронтологии и геронатрии, Л., 54—64, 1962. *Яблоновский И. М.* Физическая культура в пожилом возрасте, М., 1953. *Яблоновский И. М.* Физическая культура в пожилом возрасте. Изд. «ФиС», М., 1954. *Яблоновский И. М.* Физическая культура для пожилых. Изд. «Советская Россия», М., 192, 1960. *Яблоновский И. М.* Конференция по проблеме геронтологии и геронатрии (Тезисы докладов). Киев, 1961. *Яценко Э. Г.* Физическая культура и здоровье. Изд. «Здоровья», Киев, 42—46, 1967. *Bürger M.* Altern und Krankheit als Problem der Biomorphose. 353—357, 1957. *Cureton T.* Physical fitness work with normal aging adults. J. Ass. Phys. ā. Ment. Rehab., 11, 145, 1957. *Dill D. B., Consolazio C. F.* J. appl. Physiol., 17, 4, 645—648, 1962. *Hollman W.* Der Arbeits und Trainingseinfluß auf Kreislauf und Atmung, Darmstadt, 1959. *Johl E.* The scope of exercise in rehabilitation. Publ. Ch. Thomas, Springfield, 1964. *Mateev D.* Теор. и практ. физ. культуры, № 1, 11—18, 1963. *Mateev D.* In the book: 7-th Internat. Congress of Gerontology, Abstr., Vienna, 140—141, 1966. *Strauzenberg S. E.* Med. und Sport, N. Y., 22—26, 1964. *Wezler K.* Zschr. Das deutsche Gesundheitswesen, 14, 639—646, 1942.

**PHYSIOLOGICAL BASIS OF SOME METHODS
FOR RAISING THE EFFICACY OF PHYSICAL TRAINING
OF ELDERLY PEOPLE IN HEALTH GROUPS**

R. I. RAKITINA

*Institute of Gerontology of the Academy of Medical Sciences
of the USSR
and the Republican Therapeutic Physical Culture Dispensary, Kiev*

The author studied methods for improving the adaptation of the organism of elderly people to physical training.

Special settling up exercises, in which the principle of previous realization of the Sechenov effect was applied (I. V. Muravov, 1965) for raising the adaptive capacity of the organism during the initial period of muscular activity. The results of the investigations showed that under the effect of this set of exercises there is a considerable improvement in the process of the development and restoration of the reactions of the cardiovascular system.

Proof of the efficacy of the utilized features of the method was given by investigations over a long period (13 months) of physical training by various methods. The results indicate that in persons engaging in physical training by the proposed method there are more favourable alterations in the most important criteria of the physical and functional state of the organism, and the motor capacity increases to a greater extent than in persons taking a physical training course with the ordinary method. The factual material presented in this paper indicates that it is possible to raise the favourable effect of physical training exercises in persons 50—59 years of age.

VI. ФИЗИЧЕСКИЕ УПРАЖНЕНИЯ В ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ ЛЮДЕЙ ПОЖИЛОГО И СТАРЧЕСКОГО ВОЗРАСТА

ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММА ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ

И. АСТРАНД

Институт медицины труда, Стокгольм, Швеция

При эпидемиологических исследованиях установлено, что частота атеросклероза, инфаркта миокарда, коронарной болезни и смертность при этих заболеваниях весьма неодинаковы среди различных групп населения и в разной социальной среде. Эти различия можно связать с образом жизни, что дает некоторые сведения о мерах профилактики указанных заболеваний.

Большинству исследований до настоящего времени свойственны недостатки, связанные с нечетким выделением групп изучаемых лиц по диагнозам. Вероятно, только патологоанатомы могут поставить правильный морфологический диагноз, но и они не пользуются единым методом при обозначении тяжести поражений артерий или миокарда.

Инфаркт миокарда и стенокардию в большинстве случаев можно диагностировать с относительно большой уверенностью, но как известно, у многих больных симптомы этих заболеваний атипичны. В таких случаях, а также при эпидемиологических исследованиях, приходится полагаться, главным образом, на данные электрокардиографии (ЭКГ) при функциональных пробах.

В данной работе обсуждаются предпосылки, необходимые для сравнения результатов исследований по ЭКГ при разных типах физической нагрузки.

В качестве тестов применяется 3 разных типа работы ногами: ходьба или бег, на специальном аппарате, езда на велосипедном эргометре и степ-тест. Все эти виды нагрузок приводят к увеличению минутного объема сердца, который сопровождается соответствующими изменениями ЭКГ и проявлением субъективных симптомов. Степень понижения интервала ST на ЭКГ зависит от величины нагрузки на сердце: понижение ST постепенно возрастает при увеличении нагрузки или скорости сердечных сокращений, и при максимальной нагрузке имеет место максимальное понижение ST. Такие же результаты получил и G. Blomqvist (1965). Для того, чтобы можно было сравнивать результаты разных исследований,

тесты надо проводить так, чтобы можно было создать физическую нагрузку определенной тяжести. Физическая нагрузка должна быть выражена в конкретных величинах, например, в кгм/мин, в ваттах или в показателях потребления кислорода. Кроме того, она должна быть определена и по отношению к максимальной работоспособности обследуемых.

По разным причинам мы часто предпочитаем давать при обследовании только субмаксимальную нагрузку. Для стандартизации субмаксимального уровня нагрузки применяются два принципиально различных метода.

Один способ сводится к тому, чтобы давать всем обследуемым одинаковую нагрузку, например, до достижения какого-то определенного уровня основного обмена. Другой способ заключается в том, чтобы каждому обследуемому назначать нагрузку пропорционально его работоспособности.

Первый метод можно применить, если физическая нагрузка выбрана так, чтобы был достигнут какой-то заранее определенный уровень потребления кислорода, например, в 8 раз больший основного обмена. Наилучшие результаты можно получить, обеспечивая наименьшие колебания механической активности. Колебания потребления кислорода на 1 кг веса тела при фиксированной субмаксимальной нагрузке на ножном аппарате равен приблизительно 10—15%, а колебания механической эффективности на велосипедном эргометре 6—8%.

При проведении степ-теста для того, чтобы дать обследуемому нагрузку, увеличивающую до определенного уровня основной обмен, следует индивидуально подбирать частоту шагов и относительную высоту скамейки (уступа) для каждого обследуемого. Практически это невозможно, и механическая эффективность по-видимому будет в этих условиях подвержена еще большим колебаниям, чем тест на ножном аппарате.

Поэтому для того, чтобы дать обследуемому нужную нагрузку по показателям основного обмена, лучше применять тест на велосипедном эргометре, так как в этом случае ошибка в предсказании потребления кислорода минимальна. Однако и этот тест имеет свои недостатки. Во-первых, для многих обследуемых нагрузка окажется относительно малой, тогда как другие будут не в состоянии выполнить это задание. Стандартное отклонение частоты сердечных сокращений при субмаксимальном потреблении кислорода у здоровых людей составляет приблизительно ± 15 сокращений в минуту. Во-вторых, у многих людей этим тестом нельзя пользоваться для предсказания функциональных возможностей кровообращения, потому что частота сердечных сокращений может быть так низка, что такое предсказание окажется невозможным. Кроме того, физическая нагрузка не соответствует

требованиям различных видов профессиональной деятельности.

Одно из требований, предъявляемых к тесту, заключается в том, чтобы интенсивность нагрузки была не меньше той, которой подвергается обследуемый во время работы или в часы отдыха. Следует, вместе с тем, так подбирать нагрузку, чтобы она соответствовала работоспособности обследуемого.

Часто в качестве критерия для определения тяжести нагрузки используют вес тела. Определение веса тела может служить ориентиром для оценки двигательных возможностей обследуемого. Этим критерием можно пользоваться при выполнении степ-теста или теста с физической нагрузкой, выполняемой на ножном аппарате, но можно применять его и при работе на велосипедном эргометре. Величина физической нагрузки подбирается из расчета на вес тела, например, 10 кгм/мин на 1 кг веса тела.

Ввиду того, что интенсивность нагрузки должна соответствовать функциональным возможностям сердечно-сосудистой системы, важно выяснить связь между весом тела и состоянием кровообращения. У здоровых детей и молодых людей с малым весом, имеет место соответствие между весом тела, с одной стороны, и максимальным потреблением кислорода, минутным объемом, общим содержанием гемоглобина и т. п., с другой. Следует иметь в виду, что в возрасте от 30 до 70 лет нет четкого соответствия между весом тела и максимальным потреблением кислорода. Это обусловлено отчасти тем, что степень тучности подвержена большим колебаниям, а отчасти и тем, что при старении функция, обеспечивающая транспорт кислорода, нарушается не пропорционально изменениям веса тела. Напротив, у взрослого человека при увеличении веса на 40 фунтов, не наблюдается соответствующего увеличения циркуляторной способности. Поэтому, если нагрузка подобрана по весу тела, то испытуемый с избыточным весом будет обследован на уровне более близком к его максимальным возможностям гемодинамики. Другой пример. Если двое испытуемых, один в возрасте 30 лет и второй—70 лет, у которых вес тела одинаков, тренируются в ходьбе на ножном аппарате с одинаковой скоростью и интенсивностью, то в результате тренировки у них могут отмечаться одинаковое потребление кислорода и частота сердечных сокращений, но относительная нагрузка каждого из них будет весьма различна. Причиной этого является уменьшение максимального минутного объема сердца, максимального потребления кислорода и максимальной скорости сердечной деятельности в процессе старения. С другой стороны, механическая эффективность и частота сердечных сокращений при какой-то определенной субмаксимальной нагрузке не изменяются, по крайней мере, у здоровых людей. Самый простой способ созда-

ния нагрузки, соответствующей функциональному состоянию системы кровообращения, заключается в усилении тяжести нагрузки до развития такой частоты сердечных сокращений, которая соответствует максимальному уровню этого показателя, свойственному людям данного возраста. Если пределом для людей 20—29 лет является 170 сокращений сердца в минуту, то для 30—39-летних он должен быть около 160, для 40—49-летних — 150, для 50—59-летних — 140 и для 60—69-летних 130 сокращений в минуту. Поэтому вероятно наилучшим субмаксимальным тестом был бы такой тест, при котором физическая нагрузка на велосипеде или на пожном аппарате для ходьбы длилась бы 5—6 минут, причем она должна быть сначала невелика и постепенно увеличиваться до достижения предполагаемой частоты сердечных сокращений.

Такой тест дает возможность классифицировать ЭКГ и при фиксированной нагрузке, не зависящей от состояния обследуемого, и при нагрузке, выбранной в зависимости от состояния кровообращения у обследуемого. Есть и другие достоинства этого теста: 1) он легко осуществим практически; 2) он дает возможность воспроизвести нагрузку, имеющую место во время различных видов профессиональной деятельности и во время отдыха; 3) по результатам этого теста можно предсказать способность обследуемого к потреблению кислорода. Конечно, работа при этом должна продолжаться только до достижения упомянутой выше частоты сердечных сокращений, если она не прекращена раньше по другим причинам.

Другое условие, необходимое для того, чтобы можно было сравнивать результаты, полученные разными методами, заключается в том, что время записи во время работы и в период отдыха должно быть одинаковым. Из работы G. Blomqvist (1965) видно, что понижение ST во время работы не всегда сопровождается изменениями в периоде после нагрузки, а из исследований С. Furberg (1967), произведенными в Швеции, ясно, что понижение ST, наблюдающееся только после работы, может быть симпатикотонического типа. Следовательно, наибольший интерес представляют изменения ST во время работы.

Важным условием, необходимым для сравнения результатов разных исследований, является также применение одних и тех же критериев в оценке выявленных изменений. Большинство изменений ЭКГ неспецифичны, и дать какие-либо общие заключения об их значении для оценки состояния сердца невозможно. В основном из-за этого имеется сравнительно мало общепризнанных диагностических критериев.

Установлено, что обычные клинические методы интерпретации ЭКГ дают большие колебания в оценке ее изменений (R. M. Acheson, 1960; L. G. Davies, 1958; F. H. Epstein,

J. T. Doyle, A. A. Pollack, H. Pollack, G. P. Robb, E. Simonson, 1961), но строгое соблюдение ряда совершенно определенных критериев уменьшает ошибки Н. Blackburn, A. Kays, E. Simonson, P. Rautaharju, S. Punsar, 1960; Н. Blackburn, 1965). Система классификации ЭКГ, которую предложили Н. Blackburn и др. (1960) — «Миннесотский код» — широко применяется при эпидемиологическом изучении сердечно-сосудистых заболеваний уже 5 лет и завоевала большую популярность, чем все другие виды классификации.

Скандинавский технический Комитет по классификации ЭКГ (Хельсинки, Финляндия в 1965 г. и в Линкепинг, Швеция, в 1966 г.) пришел к заключению, что «Миннесотский код» является наилучшей системой объективной классификации данных ЭКГ, но применение его в общераспространенной форме ограничивается главным образом эпидемиологическими исследованиями, для которых он и был предназначен. Код основывается на регистрации ЭКГ в 12 отведениях: I, II, III, aVF, aVR, aVL и 6 грудных отведений от V_1 до V_6 включительно, в то время, как во многих скандинавских больницах, а также до некоторой степени в Великобритании и в СССР применяются отведения CR. Отмечено также, что прежняя классификация изменений ST недостаточно подробно разработана для интерпретации данных ЭКГ, записанной во время физической нагрузки.

Комитет считает, что для повышения эффективности использования кода в странах, представленных членами комитета, рекомендуются некоторые добавления к нему и приспособление его к отведениям CR. Изменения кода касаются главным образом двух областей — тех, которые непосредственно связаны с применением отведений CR (например, изменения критериев амплитуды), и тех, которые относятся к классификации изменений ЭКГ во время физической нагрузки и после нее. Комитет также рекомендовал протокол для исследований, связанных с нагрузкой. Измененный код был недавно опубликован I. Astrand (1960).

При выборе системы отведений надо учитывать два вопроса. Они касаются только отведений CR, которые мы применили в «Миннесотском коде» вместо грудных отведений V. Первый вопрос касается специфичности системы отведений, что определяется отношением числа ложноположительных и ложноотрицательных диагнозов к количеству правильных диагнозов. Нет никаких данных, на основании которых можно было бы думать, что система отведений V лучше системы CR в этом отношении. Второй вопрос касается чувствительности системы, т. е. способности ее выявлять изменения ST. Разница между этими двумя системами заключается в том, что отведения CR обладают большей способностью к выявлению изменений ST.

Есть еще одно преимущество отведений CR. При применении отведений CR электроды обычно помещают в положения 2, 4, 5 и 7, а при применении отведений V — в положения 2, 4, 5 и 6. Можно думать, что V редко дает сведения, которые не дает CR, тогда как CR дает оптимальные оси отведения для выявления изменений ЭКГ, исходящих из боковой стенки левого желудочка. Амплитуды в отведении V₇ как правило невелики, но этот недостаток не относится к CR₇. Поэтому мы предпочитаем пользоваться отведениями CR и CN вместо отведений V.

Приведу некоторые результаты тестов, проведенных по описанному выше методу с постепенным увеличением рабочей нагрузки до достижения определенной частоты сердечных сокращений, а также результаты классификации ЭКГ, записанной во время и после работы обычными методами. В этих исследованиях было только несколько ЭКГ с понижением отрезка ST, исчезнувшим через 1 минуту или через 3 минуты после нагрузки или с понижениями отрезка ST после нагрузки, которые нельзя было выявить во время ее выполнения. Приводимые результаты, основываются на сочетании данных, полученных путем разных исследований.

Результаты, характеризующие пожилых людей, основываются главным образом на наших наблюдениях над состоянием здоровья у 75 водителей грузовых машин в возрасте 55—70 лет и 87 мужчин и 117 женщин в возрасте 48—63 лет (I. Astrand, 1965). Понижение отрезка ST, имеющее прогностическое значение, обнаружено меньше, чем у 10% мужчин моложе 40 лет, у 15% — в возрасте 40—50 лет, у 20% — в возрасте 55 лет и приблизительно у 35% — в возрасте 60 лет. Это изменение имеет место у 20% женщин в возрасте 40—45 лет, у 30% — в возрасте 50—55 лет и у 50% — в возрасте свыше 55 лет. Интересно, что T. R. Dawber и др. (1967) наблюдал грудную жабу у женщин чаще, чем у мужчин, тогда как смертность от инфаркта миокарда и его осложнений преобладали у мужчин. Всех обследуемых расспрашивали о субъективных ощущениях во время теста, но только 3% из них жаловались на боли в груди.

Наши исследования показали также, что минимальные изменения интервала ST, выявленные при первом исследовании, часто становились более выраженными при втором исследовании, проведенном 5—8 лет спустя. Приблизительно у 20% обследованных, у которых вначале ЭКГ была совершенно нормальна, через 8 лет выявлялись изменения интервала ST. Изолированное понижение при первом исследовании, приведшее 8 лет спустя к понижению интервала ST в нескольких отведениях, имело место тоже приблизительно у 20% обследованных, у которых вначале было изолированное понижение интервала ST, понижение его в дальнейшем воз-

никало не чаще, чем у тех лиц, у которых никаких изменений не было.

Наши исследования позволяют сделать вывод о том, что вероятно, наилучшим методом использования физической нагрузки в качестве функциональной пробы является постепенное увеличение ее интенсивности до достижения частоты сердечных сокращений, соответствующей максимальной для данного возраста.

ЭКГ необходимо записывать и во время и после работы, оценивая ее изменения по объективной системе, дающей возможность выделить различные изменения и подвергнуть их количественному анализу. «Миннесотский код» является наилучшим в этом отношении. Мы полагаем, что отведения CR и CH ценнее отведений V. Использование описанных здесь методов позволяет выявить снижение интервала ST у жителей Швеции приблизительно в 35% у мужчин и 50% женщин, достигших 60 лет.

ЛИТЕРАТУРА

Acheson R. M. Brit. j. Prev. & Soc. Med., 14:99, 1960. Astrand, Irma. Acta physiol. scand., 42:73, 1958. Astrand, Irma. Acta physiol. scand., 49: suppl. 169, 1960. Astrand, Irma. Acta med. scand., 178:27, 1965. Astrand, Irma et al. Acta med. scand., suppl., 481, 1967. Astrand P. O. Experimental studies of physical work capacity in relation to sex and age. Copenhagen, Munksgaard, 1952. Astrand P. O. and Cristensen E. H. Aerobic work capacity. In Oxygen in the Animal Organism. Proceedings of a Symposium held in London, 1963, edited by F. Dickens and E. Neil. Oxford, Pergamon press, 298, 1964. Astrand P. O. and Rodahl K. Textbook of work physiology. To be published. Blackburn H. Ann. New York, Acad. Sc., 126:882, 1965. Blackburn H., Keys A., Simonson E., Rautaharju P., Punsar S. Circulation, 21, 1160, 1960. Blomqvist G. Acta med. scand., 178: 440, 1965. Davies L. G. Brit. Heart J. 20:153, 1958. Dawber T. R., Moore F. E. and Mann G. V. Amer. J. Pub. Hlth. 47: 4, 2, 4, 1957. Epstein F. H., Doyle J. T., Pollack A. A., Pollack H., Robb G. P., Simonson E. J. A. M. A., 175, 847, 1961. Furberg C. Acta med. scand., 181:21, 1967. Punsar S., Pyörälä K. and Siltanen P. Scand. J. Clin. & Lab. Invest, 19: suppl. 95, Annual Meeting of Finnish Medical Societies, 1967. Rose G. and Blackburn H. Cardiovascular population studies: Methods WHO, Press, Geneva, 1967.

ELECTROCARDIOGRAMS DURING PHYSICAL LOAD

I. ASTRAND

Institute of Labour Medicine, Stockholm, Sweden

The premises necessary for comparing the results of electrocardiographic investigations at different stages of physical load are discussed in this paper.

An important condition for the comparability of the results of the investigation is a rational choice of physical load. In this connection the author reviews the basic principles of the evaluation of various types of physical load, depending on the tasks of the investigation and the functional possibilities of the organism.

Considerable attention is devoted to a discussion of the principles of interpretation of electrocardiograms. The Minnesota code is proposed as the basic method of classification and interpretation with additions which permit taking into account the changes in the electrocardiogram in the leads *CR* and *CH*.

The basic diagnostic and prognostic significance is attributed to changes in the position of the ST section, fairly often observed in old people.

СОКРАТИТЕЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ МИОКАРДА У ЛЮДЕЙ СРЕДНЕГО И ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА В УСЛОВИЯХ БОЛЬШИХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

В. С. НЕСТЕРОВ, Н. Н. ПЛЕНОВ

Медицинский институт им. акад. А. А. Богомольца, Киев

Экспериментальными исследованиями и клиническими наблюдениями установлено, что гипокинезия вызывает различные нарушения в деятельности организма и, в конечном итоге, приводит к преждевременному старению и сокращению жизни человека (М. Р. Могендович, 1961; И. В. Муравов, 1964, 1965, 1966 и др.).

Известно, что физкультура в среднем и пожилом возрасте является наиболее важным условием долголетия и предупреждения ряда заболеваний. Пример тренированного спортсмена показывает, каких благоприятных результатов можно достичь при большой, но постепенно нарастающей сильной физической нагрузке. Поэтому так важно изучить функциональные и адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы у лиц среднего и пожилого возраста. Однако большинство исследований посвящено выяснению состояния органов кровообращения при физическом напряжении небольшой и средней интенсивности. Влияние же большой физической нагрузки на функциональное состояние сердечной мышцы в среднем и особенно в пожилом возрасте изучено крайне недостаточно. Лишь в последние годы появились работы (Rumbal a. Acheson, 1963; Mason a. oth., 1964, 1966; Doan a. oth., 1965; Lesler a. oth., 1967 и др.), посвященные изучению влияния физических нагрузок с максимальным напряжением или близким к нему на людей в возрасте от 40 до 70 лет, пульс у которых при этом доходил до 180—200 ударов в одну минуту. Указанные авторы пришли к выводу, что лица без клинических проявлений кардио-васкулярных заболеваний могут выполнять упражнения с максимальной нагрузкой и с очень небольшим риском получить серьезные осложнения.

Наши исследования выполнены в несколько ином направлении. Задачей их явилось изучение функциональных и адаптационных возможностей сердечной мышцы лиц среднего и пожилого возраста, систематически занимающихся физическими упражнениями с постепенно возрастающей нагрузкой.

На протяжении ряда лет под нашим наблюдением находится группа научных работников — врачей и инжене-

ров — в возрасте от 50 до 70 лет, систематически играющих в теннис, занимающихся в «группах здоровья» и совершающих пробеги на 1—2 километра (некоторые из них способны пробежать 8—14—30 километров). Четверо из исследованных в прошлом перенесли инфаркт миокарда, четверо — до начала занятий физкультурой страдали стенокардией, у двух — ранее была гипертоническая болезнь I ст., у остальных были отмечены лишь возрастные изменения сердечно-сосудистой системы.

Помимо общеклинических методов у 28 человек были проведены электро- и баллистокардиографические исследования, определена продолжительность фаз сердечного сокращения в покое и после большой физической нагрузки — бега на дистанцию 1000 метров. Четверем обследованным производились повторные исследования через 2—3 года.

Аналогичные наблюдения были проведены над шестью научными работниками в возрасте 50—60 лет, которые физкультурой не занимались, но по собственной инициативе пожелали провести исследование своей сердечной деятельности в покое и после бега в течение 5—6 минут. Эти обследованные явились своеобразной контрольной группой.

Анализ баллистокардиографических кривых, зарегистрированных до и после бега у пожилых людей, длительно занимающихся физической культурой с большими нагрузками, демонстрирует большой диапазон адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы. Так, у 19 из 28 исследованных после бега наступило статистически достоверное улучшение отдельных показателей баллистокардиограммы. Это проявилось в снижении величины дыхательного коэффициента у 13 человек, увеличении баллистокардиографического индекса у 14, увеличении амплитуды волны JK у всех 19, уменьшении степени патологии по шкале Брауна у 9 человек. В контрольной группе ни у одного обследованного улучшения баллистокардиограммы после бега не наступило. Ухудшилась она у пяти человек и у одного осталась без изменений.

Продолжительность фаз сердечного сокращения определялась поликардиографическим способом. У 17 обследованных основной группы после бега обнаружено статистически достоверное укорочение фазы напряжения, главным образом за счет сокращения длительности изометрического периода.

Определенной закономерности и направленности в изменении продолжительности фазы изгнания после бега нам получить не удалось, хотя у лиц с признаками улучшения сократительной способности сердечной мышцы после бега отмечалось увеличение ударного и минутного объемов, вычисленных по формуле Бремзера и Ранке.

Электрокардиографические изменения после нагрузки как

в основной, так и в контрольной группах встречались значительно реже и были менее выраженными.

Помимо большого диапазона адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы у людей пожилого возраста, по-видимому, существуют различные пути их мобилизации. Подтверждением могут служить различные варианты баллистокардиограмм, отражающих улучшение сократительной способности сердечной мышцы. В одних случаях, где имели место признаки компенсированного кардиосклероза, улучшение баллистокардиограммы произошло преимущественно за счет правого желудочка. В основном это наблюдалось у лиц, перенесших в прошлом инфаркт миокарда, страдавших ранее стенокардией или гипертонической болезнью.

Под влиянием систематической тренировки значительно улучшилась сократительная способность сердца у этой группы обследованных. Можно думать, что увеличившиеся возможности сердца у них зависят от значительного преобладания холинэргических влияний, замедления сердечного ритма, снижения артериального давления, а также от развития рабочей гипертрофии правого и левого желудочка сердца, улучшения обмена веществ сердечной мышцы.

Мы обращаем особое внимание на функциональное состояние правого желудочка у людей среднего и пожилого возраста. Он менее развит, работает против меньшего сопротивления, чем левый желудочек. Отсюда ясна необходимость тренировки его специально подобранными упражнениями. Одним из таких упражнений является бег на средние дистанции с постепенным переходом на длинные. По данным С. П. Летунова и Р. Е. Мотылянской (1951) и Г. Ф. Ланга (1957) бег на длинные дистанции вызывает гипертрофию мышцы не только левого, но и правого желудочка, что, по нашему мнению, имеет существенное значение в повышении функционального состояния сердечно-сосудистой системы. Еще Osler (1928) отмечал, что в процессе тренировки успех зависит в значительной мере от постепенного увеличения силы сердца, особенно правой его половины.

Известно, что при атеросклерозе чаще и сильнее поражается мышца левого желудочка. Поэтому есть основания полагать, что при перегрузке левого желудочка у больных кардиосклерозом и коронарным атеросклерозом в порядке компенсации включается правый желудочек.

Об этом говорят наши клинические наблюдения за больными с высокой легочной гипертензией и большой гипертрофией правого желудочка. Кроме того, мы ссылаемся и на наши экспериментальные исследования (В. С. Нестеров, А. М. Кочетов, Е. А. Дикарева, 1963). В этих наблюдениях у 13 собак с экспериментальным инфарктом миокарда после бега в третбане развивалась аневризма сердца. Значительная

недостаточность кровообращения в начале не позволяла животным бегать больше 3—5 минут; затем через 3—5—10 месяцев бега при ежедневной тренировке (12 километров) собаки бегали без всякого видимого напряжения. Морфологические исследования нашей сотрудницы Е. А. Дикаревой показали, что через 30—37 дней бега у животных развивалась гипертрофия мышечных волокон стенки правого желудочка, межжелудочковой перегородки, а затем уже наступала гипертрофия сохранившейся мышечной ткани левого желудочка. Эти клинические и экспериментальные наблюдения о значении правого сердца при коронарной болезни совпадают с нашими баллистокардиографическими и электрорентгенокимографическими данными (Н. Н. Пленов).

Второй путь повышения адаптационной способности сердечно-сосудистой системы к нарастающей физической нагрузке заключается в одновременном улучшении функциональных возможностей правого и левого желудочков сердца. Сократительная способность сердца людей пожилого возраста после нагрузки повышалась, баллистокардиограмма у них улучшалась как на вдохе, так и на выдохе. Бежали тренированные лица свободно, легко, быстро, могли выполнить еще большую нагрузку.

Для иллюстрации приводим два примера, демонстрирующих значительные возможности людей пожилого возраста, способных предельно увеличить физическую нагрузку при длительной и постепенной тренировке.

1. Научный работник Н., 70 лет, в течение многих лет систематически занимается утренней гимнастикой, сопровождая ее бегом в течение 30—40 минут. Последние 8 лет постепенно увеличивает физическую нагрузку, в особенности в летнее время. Весной, летом и осенью ежедневно пробегает от трех до четырех километров, временами шесть—восемь—десять километров. Повторно снятые баллистокардиограммы указывают на постепенное улучшение сократительной функции миокарда на протяжении последних 8 лет (рис. 1). Причем, если на первых этапах тренировки компенсация осуществлялась за счет правого желудочка (улучшение баллистокардиограммы после бега на вдохе), то в последнее время, даже при увеличении нагрузки, заметно усилилась сократительная способность не только правого, но и левого желудочков (баллистокардиограмма после бега улучшилась как на вдохе, так и на выдохе). После бега на 10 километров увеличился ударный объем с 69 до 130 мл, минутный объем — с 3105 мл до 10400 мл, длительность фазы напряжения уменьшилась с 0,11 до 0,09 сек.

Следует отметить, что 15 лет назад обследуемый с трудом мог пробежать 300—400 м. Длительность пробы Штанге с задержкой дыхания на вдохе в то время составляла 30—40 сек. В настоящее время испытуемый на вдохе может задержать дыхание на 1 мин. 40 сек., после форсированного дыхания (в течение двух минут) задерживает дыхание на вдохе 4 минуты 12 сек.

У наблюдаемого постепенно развилась брадикардия, артериальное давление 110/65, после бега не повышается. За последние 8 лет Н. потерял в весе 20 кг.

2. Инженер Б., 60 лет. На протяжении многих лет занимается гимнастикой. Один-два раза в неделю, после утренней гигиенической гимнасти-

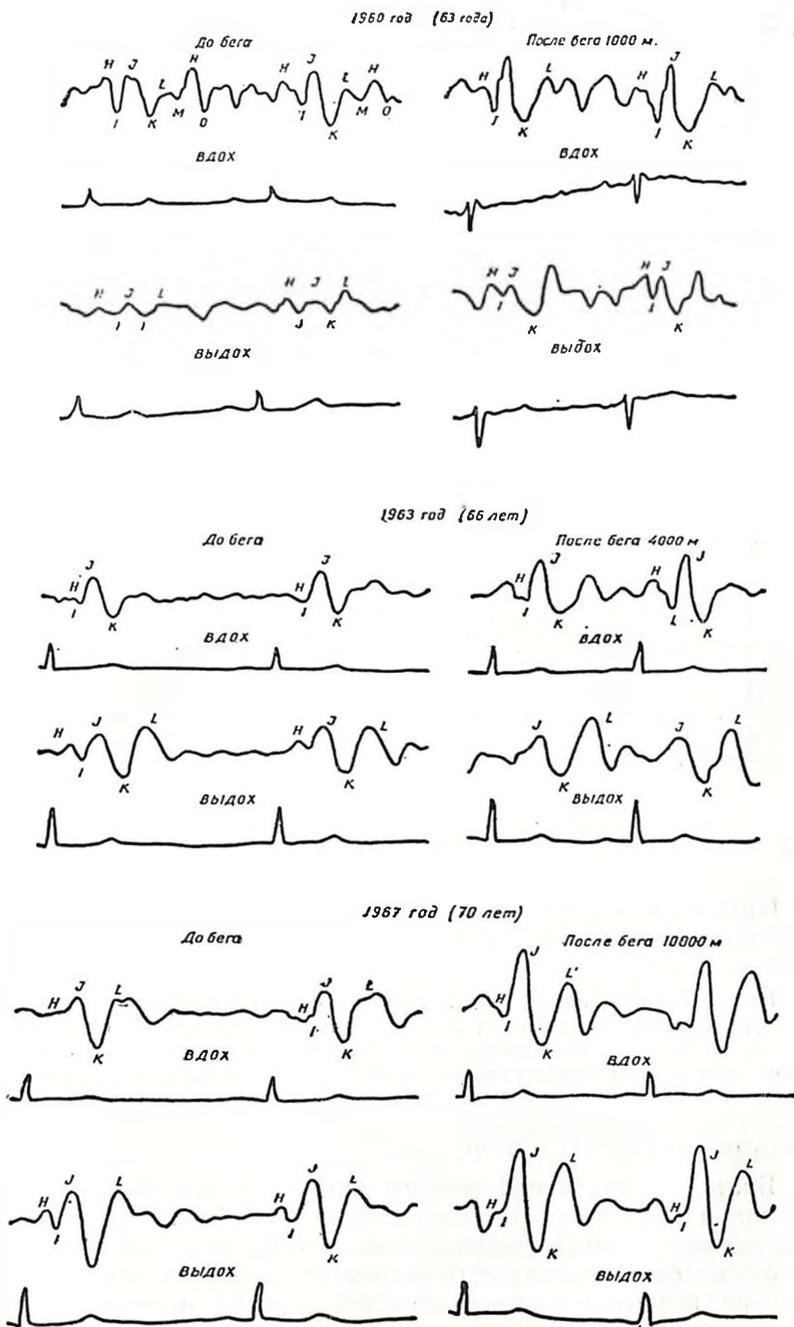


Рис. 1. Изменение баллистокардиограммы при постепенном увеличении физической нагрузки (до 10 километров). Исп. Н., 63—70 лет.

ки, совершает пробеги на дистанцию в 15—25 километров, иногда пробегает 42 километра. Бегаёт очень легко, без напряжения. Один километр пробегает за 4 минуты 30 секунд. При электробаллистокардиографическом исследовании патологических изменений не выявлено. В покое и после бега на 14 километров зарегистрирована удовлетворительная деятельность как правого, так и левого желудочка — баллистокардиограмма имеет нормальную конфигурацию и на вдохе, и на выдохе. Артериальное давление после бега несколько снизилось.

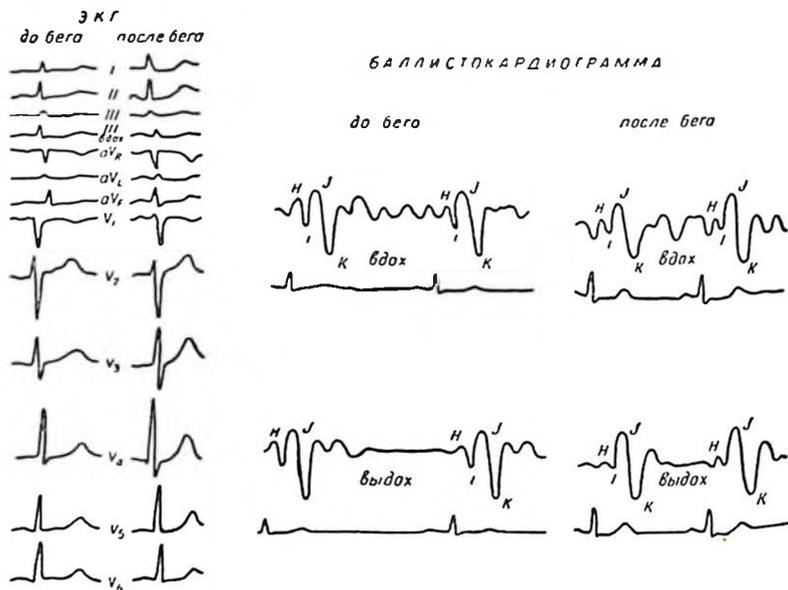


Рис. 2. Изменения электро- и баллистокардиограммы после бега на дистанцию 14 километров. Исп. Б., 60 лет.

Приводим также пример, демонстрирующий отсутствие адаптации сердечно-сосудистой системы к физической нагрузке.

Научный сотрудник К., 63 лет, в молодом возрасте занимался физкультурой, в последние 15 лет лишь иногда делает утреннюю гимнастику небольшой продолжительности, ведет малоподвижный образ жизни. При исследовании смог пробежать лишь 400 метров, появилась одышка. На баллистокардиограмме до бега патологических изменений не выявлено, после бега кривая явно патологическая (IV степень по Брауну) как на вдохе, так и на выдохе (рис. 3).

Баллистокардиографические признаки острой перегрузки сердца в виде гиперкинетической кривой без дифференцированных волн нами отмечены лишь у одного теннисиста после того, как он пробежал с большим трудом 6 км, но «самолетное бие не позволило прекратить бег». Даже через 20 минут после прекращения бега отмечались изменения его баллистокардиограммы. Не пришло к исходным величинам и артериальное давление, повысившееся после бега.

Проведенные исследования дают основание считать, что сердечно-сосудистая система у людей среднего и пожилого возраста обладает значительными адаптационными возможностями. Однако, в зависимости от состояния коронарного

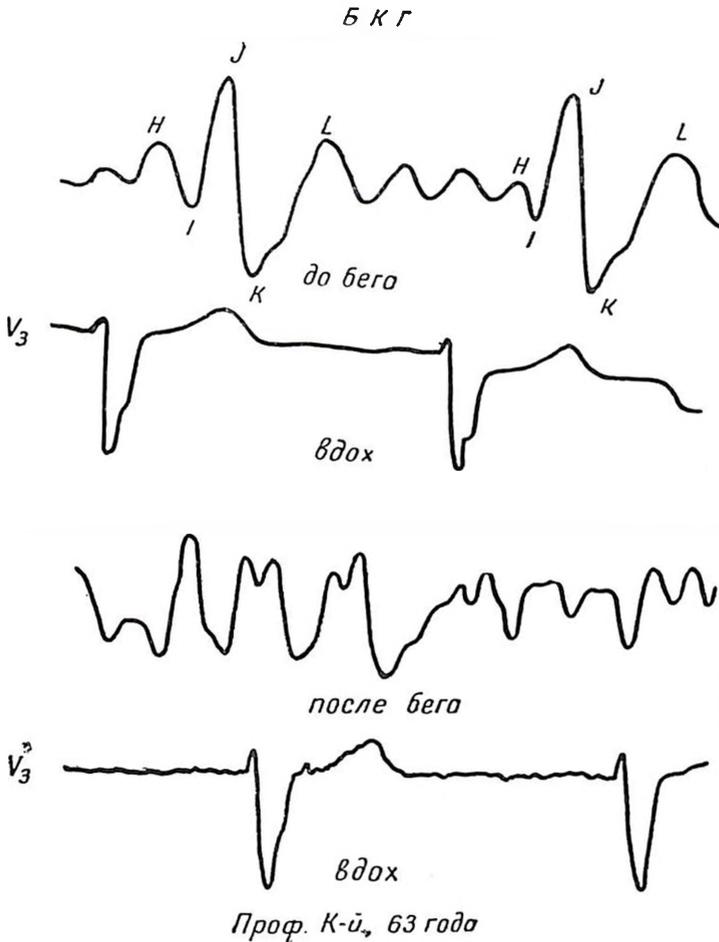


Рис. 3. Изменение баллистокардиограммы после бега на 400 метров. Исп. К., 63 лет (вверху — БКГ, зарегистрированная на вдохе до бега, внизу — БКГ с признаками ухудшения после бега).

кровообращения, существуют различные пути их мобилизации. Отсюда большое различие в функциональных возможностях сердечно-сосудистой системы наблюдаемых.

Правильное дозирование физической нагрузки и очень постепенное ее увеличение при соответствующем контроле может улучшить функциональное состояние сердечной мышцы.

ЛИТЕРАТУРА

Акимов Ю. И., Орлов Л. Л., Булычев В. В. В кн.: Графические методы исследования сердечно-сосудистой системы. М., в. 2, 1962. Ланг Г. Ф. Болезни системы кровообращения. М., 1957. Летунов С. П., Мотылянская Р. Е. Врачебный контроль в физическом воспитании. М., 1951. Могендович М. Р. В кн.: Физиология и патология моторно-висцеральных рефлексов, в. 3, 1961. Муравов И. В. Роль двигательного режима и физической культуры в профилактике преждевременного старения. Киев, 1965. Муравов И. В. Теория и практика физической культуры, 3, 57, 1964. Муравов И. В. Активный отдых в регуляции мышечной работоспособности, кровообращения и дыхания молодых и пожилых людей. Докт. дисс., Киев, 1966. Нестеров В. С. Тер. архив, в. 1, 1954. Нестеров В. С. Клини. мед., 1, 49, 1958. Нестеров В. С. Клиника болезней сердца и сосудов. Киев, 1967. Нестеров В. С., Кочетов А. М., Дикарева Е. А. Аневризма сердца. М., 1963. Нестеров В. С., Родзаевский А. П., Пленов Н. Н. Врач. дело, 8, 47, 1967. Фролькис В. В., Муравов И. В. В кн.: Моторно-висцеральные рефлексы в физиологии и клинике, Пермь, 111, 1960. Doan a. oth. Am. Heart J. 69: 11, 1965. Lester a. oth. Circulation, 1, 1967. Mason a. oth. Circulation, 123, 1964. Mason a. oth. Am. Heart J., 71:196, 1966. Osler W. Руководство по внутренней медицине, Л., 1928. Rumfal a. Acheson. Brit. med. J. 1:423, 1963.

MYOCARDIAL CONTRACTILE FUNCTION IN MIDDLE-AGED AND ELDERLY PERSONS UNDER CONDITIONS OF INTENSIVE PHYSICAL STRAIN

V. S. NESTEROV, N. N. PLENOV

Academician A. A. Bogomoletz Medical Institute, Kiev

The authors studied the adaptive capacities of middle-aged and elderly persons to intensive physical strain. They observed in the course of several years a group of scientific workers, doctor, engineers and office workers, aged 60—70 years, taking curative gymnastics in «health groups» and playing tennis. On their own initiative they run a distance of 1—2 kilometres at 6—7 min per km. A ballistographic examination was made before and after running, a phase analysis of cardiac contraction was carried out and in some persons the cardiac output before and after running. The ballisto-cardiogram was improved after running in most of the trained middle-aged and elderly people.

Clinical and instrumental investigations, however, revealed great differences in the functional capacities of the cardiovascular system in the examined persons. The authors noted that in people with atherosclerosis, mainly of the left ventricle but without circulatory disorders, the development of adaptation mechanisms was due to hyperfunction of the right ventricle.

Simultaneous improvement of the functional capacity of the right and left ventricles was the second variant of a rise in the adaptive capacities of the cardiovascular system.

Some cases of a casuistic character are presented: persons aged 60—70 years were able to run a distance of 10—15 km with a good ballistocardiogram after running.

The authors arrive at the conclusion that it is possible to set a proper dosage of physical strain for elderly people. The authors consider that ballistography is very essential in control and observation of middle-aged and elderly persons performing curative gymnastics.

**К ВОПРОСУ О ВОЗРАСТНЫХ НОРМАТИВАХ
ГЕМОДИНАМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ НА НАГРУЗКУ ШДЛ-80/МИН
У ЗДОРОВЫХ ЛЮДЕЙ**

Я. Ф. БОМАШ

*Институт экспертизы трудоспособности и организации
труда инвалидов, 43-я поликлиника, Ленинград*

Применение функциональных нагрузок для характеристики состояния кровообращения приобрело в настоящее время широкое распространение не только в клинике, но и как средство контроля влияния оздоровительных мероприятий на организм здоровых людей различных возрастных групп. В связи с этим возникла необходимость в разработке возрастных нормативов гемодинамической реакции на лабораторные нагрузки. Нагрузка с 80 шагательными движениями лежа (ШДЛ—80/мин.) была разработана в ЛИЭТИНе (Е. В. Микиртумова, 1958; И. И. Лихницкая, 1960) и применена при изучении механизмов старения на сравнительно ограниченных контингентах лиц (Я. Ф. Бомаш, 1963; В. Л. Шкулов, 1965).

Преимущество нагрузки заключается в том, что при ее воспроизведении имеет место не только увеличение кровообращения с возрастанием энерготрат, но и мобилизуются активные кровераспределительные реакции. Благодаря этому, нагрузка подобного вида приобретает особенный интерес в пожилом и старческом возрасте, когда наблюдаются отчетливые изменения механизмов регуляции функции (E. Simpson a. oth., 1960; И. В. Муравов с сотруду., 1964, и др.).

В настоящей работе сделана попытка установления нормативных изменений важнейших показателей системного кровообращения — среднего гемодинамического давления (СДД), ударного и минутного объемов крови (УО и МОК) и общего периферического сопротивления (ПС) у 120 здоровых лиц обоего пола в возрасте от 16 до 66 лет при нагрузке ШДЛ-80/мин.

Обследованные лица были разделены на пять групп по десятилетиям: I группа — 20 человек, со средним возрастом 20 лет, II — 32 человека, средний возраст 30 лет, III — 28 человек (39 лет), IV — 24 человека (49 лет) и V — 16 человек (60 лет).

Как известно, многие из существующих методов исследования основных параметров кровообращения не обеспечи-

вают возможности наблюдения за гемодинамикой в короткие интервалы времени в момент и после нагрузки. Это уменьшает информативность исследований гемодинамической реакции на нагрузку, проводимых большинством из существующих методов (газоаналитическими, разведения индикатора, Бремзера—Ранке и другими).

В этих условиях особую ценность представляет определение сердечного выброса методом Старра (1954), правомерность которого в покое и после нагрузки была подтверждена рядом работ (К. Н. Сазонов и др., 1959; В. А. Герасин, 1960; Я. Ф. Бомаш, 1965; Н. С. Пугина и Я. Ф. Бомаш, 1964; Я. Ф. Бомаш, Г. В. Никитин, А. Д. Смирнов, 1967; Я. Ф. Бомаш и Н. А. Доронина, 1967; Я. С. Колкер, Я. Ф. Бомаш и Н. А. Доронина, 1969).

Среднее давление (СДД) в настоящей работе определялось методом Хикема (1948), значительная точность которого показана нами при одновременном сопоставлении с наиболее точным — тахоосциллографическим методом Н. Н. Савицкого (1956). Исследование СДД по Хикему рекомендовано также для массовых исследований В. В. Париным (1961).

Дополненное расчетом периферического сопротивления (ПС) из основного уравнения гемодинамики Паузейля—Франка, исследование основных гемодинамических показателей позволяло следить за их состоянием непрерывно — в покое, в момент нагрузки и в восстановительном периоде после нее.

Указанная нагрузка сопровождалась удвоением поглощения кислорода; мощность ее составляла в среднем 40 ватт.

Материал обработан статистически. Результаты исследований показывают, что возраст и пол являются существенными факторами, определяющими величину показателей гемодинамики в покое. Так, наиболее резкое увеличение СДД наблюдается у женщин IV группы (в связи с возрастанием ПС), у мужчин — лишь в V возрастной группе (табл. 1).

Характерны выравнивание, а затем преобладание величины УО у женщин в IV—V группах (табл. 2).

У женщин отмечается большая величина МОК (в процентах должного) во всех возрастных группах (табл. 3).

При исследовании гемодинамической реакции на нагрузку ШДЛ—80/мин. обращает внимание факт стабильности СДД: отклонение последнего от исходного уровня во всех возрастных группах не превышает 8 мм рт. ст., а к шестой минуте восстановительного периода СДД практически возвращается к исходному состоянию (табл. 1).

Реакция УО была интенсивней у мужчин, кроме V группы (табл. 2). В этой же группе снижается также величина прироста МОК; последний показатель не имеет существенных различий в нагрузке в I—IV группах исследуемых (табл. 3).

Таблица 1

Среднее динамическое давление (СДП) в покое и после стандартной нагрузки у 120 здоровых людей в зависимости от пола и возраста

Пол	Возраст	СДД в покое (в мм рт. ст.)		Изменение СДД после нагрузки (в мм рт. ст. к исходн. уровню)		
		$M \pm m$	V %	1 мин.	3 мин.	6 мин.
Мужчины	16—24	78 ± 3	9,0	+6	0	0
	25—34	84 ± 2	9,5	+5	+1	0
	35—44	84 ± 2	8,3	+7	+1	-1
	45—54	84 ± 2	8,3	+5	+1	+1
	55—66	90 ± 6	16,6	+8	+4	+2
Женщины	16—24	78 ± 2	7,7	+6	-1	-2
	25—34	80 ± 1	7,5	+6	+1	-1
	35—44	82 ± 2	9,8	+8	+2	0
	45—54	88 ± 3	11,4	+8	+3	+1
	55—66	90 ± 4	14,4	+4	0	-1

Таблица 2

Ударный объем (УО) в покое и после стандартной нагрузки у 120 здоровых людей в зависимости от пола и возраста

Пол	Возраст	УО в покое (в мл)		Изменение УО после нагрузки (в % к исх. величине)		
		$M \pm m$	V %	1 мин.	3 мин.	6 мин.
Мужчины	16—24	$74,6 \pm 3,3$	11,0	+21	+13	+6
	25—34	$65,9 \pm 2,6$	15,4	+20	+12	+3
	35—44	$57,9 \pm 2,0$	11,0	+20	+11	+6
	45—54	$48,3 \pm 1,2$	7,9	+19	+10	+4
	55—66	$46,5 \pm 3,4$	18,0	+11	+8	-1
Женщины	16—24	$66,7 \pm 1,5$	8,4	+11	+12	+9
	25—34	$60,3 \pm 2,1$	14,0	+12	+7	+7
	35—44	$56,5 \pm 0,9$	7,1	+10	+4	-1
	45—54	$50,6 \pm 1,2$	8,5	+13	+9	+3
	55—66	$47,7 \pm 2,7$	17,5	+19	+8	+4

Таблица 3

Минутный объем кровообращения (МОК) в покое и после стандартной нагрузки у 120 здоровых людей в зависимости от пола и возраста

Пол	Возраст	МОК в покое				Изменение МОК после нагрузки (в % к исходному уровню)		
		абс. величина (в л)		в % должного		1 мин.	3 мин.	6 мин.
		$M \pm m$	V %	$M \pm m$	V %			
Мужчины	16—24	4,64±0,27	14,4	117±9	17,9	+68	+21	+14
	25—34	4,20±0,18	16,7	108±6	20,4	+71	+19	+5
	35—44	3,72±0,19	16,4	99±4	12,1	+73	+14	+9
	45—54	3,00±0,17	17,7	81±5	18,5	+63	+14	+8
	55—66	3,10±0,16	13,2	87±7	19,5	+40	+11	-1
Женщины	16—24	4,15±0,12	11,1	121±4	14,0	+63	+21	+12
	25—34	3,90±0,14	14,9	120±4	15,0	+69	+17	+12
	35—44	3,59±0,14	16,4	108±4	15,7	+60	+12	+1
	45—54	3,18±0,07	7,9	98±2	8,2	+54	+14	+3
	55—66	2,97±0,17	18,5	97±6	17,5	+58	+11	+4

Изменения ПС при ШДЛ—80/мин. представлены в табл. 4.

Таблица 4

Периферическое сопротивление (ПС) в покое и после стандартной нагрузки у 120 здоровых людей в зависимости от пола и возраста

Пол	Возраст	ПС в покое				Изменение ПС после нагрузки (в % к исходному уровню)		
		абс. велич. (в—5) дн. сек. см.		в % должного		1 мин.	3 мин.	6 мин.
		$M \pm m$	V %	$M \pm m$	V %			
Мужчины	16—24	1367±91	16,1	88±6	15,9	-31	-16	-13
	25—34	1680±85	20,2	100±6	22,0	-38	-17	-6
	35—44	1855±115	19,6	102±6	18,6	-37	-10	-11
	45—54	2321±147	20,0	123±7	17,9	-34	-10	-5
	55—66	2385±213	21,9	116±11	22,4	-14	-5	+6
Женщины	16—24	1532±54	13,2	83±3	13,2	-32	-19	-11
	25—34	1682±75	17,9	84±4	16,7	-35	-14	-14
	35—44	1862±73	16,5	92±4	20,6	-31	-8	-1
	45—54	2297±62	10,4	104±3	10,6	-29	-9	-2
	55—66	2347±162	21,9	107±10	28,0	-34	-8	-3

Здесь наиболее выражен разброс исходных и нагрузочных данных. С возрастом вообще наблюдается тенденция к росту величин стандартного отклонения всех гемодинамических показателей и коэффициентов расценивания, которые в старших группах достигают 20%.

Наибольшие отклонения МОК и ПС в крайних возрастных группах ставят вопрос о принципах исчисления должных величин для этих групп, связанных с использованием уточненных показателей СДД и артерно-венозной кислородной разницы, увеличивающихся с возрастом.

Применение указанных нормативов при исследованиях процесса адаптации к труду с физическим напряжением и для характеристики степени тренированности в различных возрастных группах показало, что они могут быть основой для оценки величины индивидуальных реакций и, следовательно, использованы для динамических наблюдений за результатами изменений двигательного режима.

ЛИТЕРАТУРА

- Бомаш Я. Ф.* В кн.: Методические основы использования функциональных исследований в экспертной практике. Л., 44, 1965. *Бомаш Я. Ф., Никитин Г. В., Смирнов А. Д.* В кн.: Современные функциональные методы исследования при экспертизе трудоспособности. Л., 167, 1967. *Бомаш Я. Ф., Доронина Н. А.* В кн.: Физиология труда, материалы V Всесоюзной конференции. М., 46, 1967. *Бомаш Я. Ф.* В кн.: Старость и ее закономерности. Л., 129, 1963. *Герасим В. А.* В кн.: Физиология и патология старости. Л., 95, 1960. *Колкер Я. С., Бомаш Я. Ф., Доронина Н. А.* Кардиология. 2, 135, 1969. *Лихницкая И. И.* Функциональные исследования и возможности их использования при экспертизе трудоспособности. Л., 1960. *Микуртумова Е. В.* Тер. архив, 4, 30, 1958. *Муравов И. В., Шеголева И. В., Деркач Н. В.* В кн.: Кровообращение и старость. Киев, 72, 1965. *Муравов И. В.* Теор. и практ. физ. культ., 4, 3, 1964. *Парин В. В.* В кн.: Современные проблемы физиологии и патологии кровообращения. М., 3, 1961. *Пугина Н. С., Бомаш Я. Ф.* Труды Ленинград. ГИДУВ'а, Л., вып. 40, 67, 1964. *Савицкий Н. Н.* Некоторые методы исследования и функциональной оценки системы кровообращения. Л., 1956. *Сазонов К. Н.* Клини. мед., 2, 85, 1959. *Шкулов В. Л.* Состояние систем кровообращения и дыхания в пожилом и старческом возрасте. Дисс. Л., 1965. *Nickam J., Cargill W. J.* Clin. Invest., 27, 10, 1948. *Master A., Rosenfeld I. J. A. M. A., 178, 3, 282, 1961. Simonson E., Nakagawa K.* Circulation, 22, 126, 1960. *Starr I., Schnabel T., Askovitz S., Schild S.* Circulation, 9, 5, 648 a. 664. 1954.

AGE-CONDITIONED NORMS OF HEMODYNAMIC REACTION TO LOAD IN HEALTHY PERSONS

Y. F. BOMASH

*Institute of Capacity Determination and Organization of Work
for Invalids, 43rd Polyclinics, Leningrad*

The state of the basic criteria of the hemodynamics (system) mean pressure, cardiac output and total peripheral resistance was studied on 120 healthy people of both sexes, aged from 16 to 66, using the simple physical methods of Hickom, Starr and Poiseuille-Frank. The state is determined under basal conditions, during a laboratory load of imitation of walking in a supine position, at the rate of 80 steps per minute, and in the recovery period.

Statistical processing of the data showed a primary distinct fall of the impact volume at rest in men (35—44 years old) and an abrupt rise in peripheral resistance in the group of women over 45 years of age. The variability of the data increased with age. In the extreme age groups there was also an increase in the degree of deviation of the actual values of the hemodynamics from the expected values, which raises the question as to the correctness of the calculation methods.

The intensity of the cardiac ejection reaction predominated in the load in men, except for the group over 55, where it was higher in women. A fall in the amplitude of the reaction was noted in all examined subjects of the old age group. A characteristic feature was the stability of the mean pressure level, which did not exceed during this load 10 mm Hg.

**ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ДЕСЯТИЛЕТНИХ ЗАНЯТИЙ
ФИЗИЧЕСКИМИ УПРАЖНЕНИЯМИ НА ЗДОРОВЬЕ
И ДВИГАТЕЛЬНЫЕ КАЧЕСТВА
ЛИЦ СТАРШИХ ВОЗРАСТОВ**

Д. Ф. ДЕШИН

*Государственный Центральный ордена Ленина институт физкультуры,
Москва*

Вопросами изучения влияния занятий физическими упражнениями на продление жизни занимались и занимаются многие ученые нашей страны и за рубежом. Наш опыт работы может явиться некоторым вкладом в общее дело решения проблемы долголетия.

В 1928 г. по инициативе проф. И. М. Саркизова-Серазини в ГЦИФК'е были начаты исследования по изучению влияния физических упражнений в пожилом возрасте с оздоровительной целью.

Задачей наших, проводимых в настоящее время наблюдений, является изучение влияния длительных систематических занятий физическими упражнениями на здоровье, а главным образом на динамику изменений физических качеств у занимающихся.

Исследования ведутся с группой лиц, начавших заниматься в 1957 г., в количестве 22 человек (6 мужчин и 16 женщин). Из них в возрасте от 51 до 55 лет — 10 человек, от 56 до 60 лет — 6 человек, от 61 до 65 — 3 и от 66 до 74 — 3 человека. Групповые занятия проводятся два раза в неделю по полтора часа. Урок состоит из гимнастических упражнений без снарядов, со снарядами, на снарядах и заканчивается игрой в волейбол. Кроме того в двигательный режим занимающихся входит утренняя гигиеническая гимнастика, пешие и лыжные прогулки, загородный туризм.

При врачебном обследовании применяются принятые во врачебном контроле методы: электрокардиография (ЭКГ), функциональные пробы, биохимические анализы крови и др.

Оценка двигательных качеств производится по изменению качественных и количественных показателей выполнения физических упражнений. В занятия включаются следующие упражнения: 1 — переход обследуемого из положения лежа на спине, руки за головой в положении сидя; 2 — сгибание рук в упоре (отжимы), причем женщины отжимаются от скамейки высотой в 25 см, мужчины — от пола; 3 — толкание набивного мяча весом в 2 кг на дальность; 4 — вис на гим-

настической стенке с подъемом вытянутых ног до уровня 90° с удержанием их в принятом положении (в сек.); 5 — равновесие, заключающееся в прохождении 13 м по рейке шириной в 5 см — (двух перевернутых гимнастических скамеек); 6 — 60 подскоков на высоту 3—5 см от пола на время (в сек); 7 — попадание теннисным мячом в мишень на расстоянии 10 м; 8 — скоростной бег на 25 м.

В результате врачебных и врачебно-педагогических наблюдений, было установлено, что несмотря на то, что занимающиеся стали старше на 10 лет, их физическое состояние не только осталось таким же, как при первичном обследовании, но по ряду показателей оно улучшилось. Необходимо отметить, что наиболее выраженное улучшение наблюдалось через 3—5 лет занятий.

Физическое развитие изменилось незначительно. Гибкость позвоночника у всех испытуемых увеличилась в среднем на 3—5 см при наклонах вперед и на 2—4 см, при наклонах в стороны. Несколько улучшилась осанка.

Отмечается также улучшение ряда показателей функционального состояния организма. Так, зарегистрировано снижение частоты сердечных сокращений в покое с 76,8 до 74,4 ударов в мин., снижение артериального давления с 130/82 до 121/80 мм рт. ст. При применении функциональной пробы с 20 приседаниями наблюдается нормотоническая реакция с восстановлением показателей пульса и артериального давления до исходных величин в среднем за 120 сек. Для ЭКГ характерны показатели, полученные В. Е. Васильевой в первые пять лет наблюдений: интервал PQ составляет 0,15—0,24 сек., комплекс QRS — 0,061—0,065, комплекс QRST — 0,39—0,41 сек., амплитуда зубцов P, Q, R, S, T изменилась незначительно.

Со стороны внешнего дыхания отмечается стабилизация частоты дыханий, составляющей в среднем 17,6 дыханий в мин. При повторном обследовании жизненная емкость легких осталась такой же, но ее величина оказалась меньше, чем после первых трех лет занятий. Максимальная вентиляция легких увеличилась на 12,8 л и равна в среднем 64,8 л в мин. (от 38 до 122 л). Задержка дыхания на вдохе колеблется в пределах 37—70 сек., что выше средних показателей.

При исследовании нервной системы клиническими методами, отклонений от нормы не отмечается. Так, при проведении ортостатической пробы обнаружено, что у 48% женщин в положении лежа пульс был чаще, чем в положении сидя, а у 5% мужчин и 10% женщин — чаще, чем стоя. При этом изменялось и артериальное давление: максимальное «лежа» было выше, чем «сидя» у 54% мужчин и 60% женщин, а по сравнению с положением стоя выше у 30% мужчин и 49% женщин. Установлено, что у этих лиц, при выполнении

упражнений лежа на спине, возникают атипичные «парадоксальные» реакции. Это послужило основанием для ограничения числа и времени выполнения упражнений лежа на спине, введения строгой постепенности при их применении.

Проводилось также исследование координации (сохранение равновесия с закрытыми глазами в четырех положениях). При сравнении показателей этих проб, зарегистрированных в 1957 и 1967 годах отмечается увеличение времени спокойного стояния с закрытыми глазами (симптом Ромберга) в I положении на 15 сек. (10 чел.), во II положении на 19 сек. (16 чел.), в III положении на 3,7 сек. (15 чел.) и в IV положении на 3,7 сек. (6 чел.). Уменьшение этого показателя во II положении на 5 сек. наблюдается у трех человек, в III — на 3,7 сек. у шести человек и IV — на 3,3 сек. у семи человек.

Исследования крови (содержание холестерина, лецитина, протромбина, билирубина, остаточного азота, сахара, белка, белковых фракций, хлоридов, фосфора, калия, кальция) заметных изменений под влиянием занятий физическими упражнениями не обнаружили. Однако в последний год наблюдалось увеличение холестерина в среднем на 13,3 мг%, но при удовлетворительном индексе $\frac{\text{лецитин}}{\text{холестерин}} = 0,98$.

Наиболее выраженные положительные сдвиги наблюдались в динамике двигательных навыков. Этими вопросами занимались многие научные работники (А. В. Белорусова, И. П. Данченко, Э. Я. Жолиховская, С. А. Карпов, Н. В. Кораблев, Д. Ф. Чеботарев, И. В. Муравов, И. М. Яблоновский, Н. Н. Яковлев и др.).

Количество выполняемых упражнений (переход из положения лежа на спине в положение сидя) увеличилось не только по сравнению с данными 1957 г., но и за последние 5 лет на 4 раза. Число сгибаний рук в упоре (отжимы) у мужчин возросло на 13 раз. Женщины в начале занятий не могли выполнять этого упражнения, а в настоящее время выполняют в среднем 8 раз. Толкание набивного мяча (2 кг) на расстояние, у мужчин в среднем равное 10,61 м, увеличилось при сравнении с 1957 г. на 2—5 м, а у женщин, равное 7,19 м, — на 2—3 м. С 1962 г. по 1967 г. отмечается дальнейшее улучшение результатов в толкании набивного мяча у мужчин на 1,76 м, у женщин на 1,26 м. Проф. И. М. Яблоновский для таких возрастов приводит средние показатели в 6,2—7,6 м.

Вис на гимнастической стенке с подъемом вытянутых ног до $70-90^\circ$ в начале занятий выполнить никто не мог. В настоящее время угол 90° удерживают 60% мужчин и 25% женщин в среднем в течение 12,4 сек. Угол 85° удерживают 40% мужчин и 15% женщин 15,3 сек.; 80° — 15% женщин —

7,5 сек., 75° — 25% женщин — 13,5 сек. и 70° — 20% женщин — 20,8 сек. За период с 1963 по 1967 гг. время удержания угла увеличилось в среднем на 3,84 сек. Равновесие — прохождение 13 метров по рейке шириной в 5 см — выполняют все занимающиеся в среднем за 16,12 сек. (от 10 до 23,5 сек.) с оценкой 4,1 балла (от 3 до 5 баллов). 60 подскоков на высоту 3—5 см от пола при первом обследовании большинство не могло выполнить за 30 сек., а в настоящее время это упражнение выполняют в среднем за 24,9 сек. (от 22 до 32 сек.); за последние 5 лет этот показатель уменьшился еще на 1,6 сек.

Точность попадания теннисным мячом в мишень недостаточная: из шести бросков мужчины поражали цель три раза с оценкой 8,5 очков, женщины 2,3 раза с оценкой 7 очков.

Скоростной бег на 25 м выполнялся мужчинами за 6,15 сек., женщинами — 6,55 сек.

Выводы

Активный двигательный режим, в содержание которого входят групповые занятия физическими упражнениями, является главным решающим фактором сохранения здоровья, работоспособности и долголетия.

Нашими исследованиями, как и исследованиями многих других авторов, показано, что систематические занятия физическими упражнениями лиц старших возрастов, несмотря на увеличение возраста на 10 лет, способствовали улучшению некоторых функциональных показателей здоровья, замедлили процесс возрастных изменений.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что систематические занятия физическими упражнениями не только сохраняют, но и способствуют развитию и образованию таких двигательных качеств как сила, скорость, выносливость, гибкость, равновесие.

Наши выводы о роли физической культуры для prolongации жизни человека не исключают такие важные факторы, как рациональный жизненный, производственный, бытовой режим и питание, использование естественных сил природы, применение медико-терапевтических мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

- Аскеров А. А. и Ковалев Е. И. В сб.: Врачебный контроль при занятиях физическими упражнениями в старшем возрасте. Медгиз, 1962. Дешин Д. Ф. В сб.: Физическая культура в пожилом возрасте. Изд. ФИС, 1959. Дешин Д. Ф. В сб.: Научные основы применения физических упражнений лицами пожилого возраста. Под ред. И. М. Саркизова-Серазини.

Медгиз, 1963. *Мотылянская Р. Е.* Спорт и возраст. Медгиз, 1963. *Муравов И. В.* В сб.: Образ жизни и старение человека. Изд. «Здоровье», 1966. *Осипов Н. Т.* Физическая культура для лиц среднего и старшего возраста. Изд. ФиС, 1961. *Саркизов-Серазини И. М.* Путь к здоровью, силе и долгой жизни. Изд. ФиС, 1957. *Саркизов-Серазини И. М.* Человек должен быть здоровым. Изд. «Мелитина», 1964. *Яблоновский И. М.* Физическая культура для пожилых. Изд. «Советская Россия», 1960. *Яблоновский И. М.* Показания к занятиям физической культурой в среднем и пожилом возрастах. (Методическое письмо). М., 1962.

EXPERIENCE OF STUDYING THE EFFECT OF TEN YEARS OF PHYSICAL TRAINING ON THE HEALTH AND MOTOR PROPERTIES OF OLDER PERSONS

D. F. DESHIN

*State Central Order of Lenin Institute of Physical Culture,
Moscow*

Ten years of observation of the same persons, aged 55—75 years engaging in physical exercises, showed that they retained good health, the pulse, electrocardiogram, arterial pressure and other factors being stable after the exercises year after year.

The motor properties force, speed, endurance, coordination and balance are characterized by the preservation of positive qualities achieved in the process of physical training for example equal number of pushes by men from the floor and by women from a bench. The capacity of the observed subjects to form and consolidate new motor habits had been conformed.

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЕ СЛОВО

Четыре дня объектом нашего внимания была функция мышц — ей было посвящено более тридцати докладов и многочисленных выступлений участников международного симпозиума. У всех нас еще свежи в памяти международные симпозиумы, в которых сталкивались не только острые дискуссии, в которых, но и разные подходы к их пониманию. Все это, несомненно, весьма отрадно, так как свидетельствует о всестороннем рассмотрении проблемы и большом интересе к ней.

Однако, значение научных дискуссий не определяется ни числом их участников, ни длительностью и темпераментом обсуждений. Для мышечной деятельности это особенно очевидно — десятки тысяч исследований и множество конкурирующих гипотез иллюстрируют поразительную диспропорцию между степенью изученности мышц и глубиной проникновения в закономерности их функционирования.

Значение научного совещания определяется новизной высказанных на нем мыслей, глубиной и перспективностью суждений его участниками обобщений. Подводя с этой точки зрения итог прошедшим дискуссиям, мы можем с удовлетворением оглянуться на работу нашего симпозиума. Значение его заключается прежде всего в том, что на нем впервые был всесторонне обсужден весь комплекс наиболее актуальных вопросов использования мышечной деятельности для стимуляции функций стареющего организма, определены кардинальные проблемы и пути развития этого плана исследований.

В ходе заседаний симпозиума, рассматривая различные аспекты двигательной активности организма при старении, мы увидели в мышце источник мощных стимулирующих влияний, необходимых для обеспечения нормального течения возрастных изменений. Ограничение этих влияний в условиях гипокинезии приводит к преждевременному старению организма. Для организации двигательного режима чрезвычайно важен факт повышающейся при старении чувствительности организма к недостатку движений.

В дискуссиях мы уделили серьезное внимание противоречию между возрастающей потребностью в мышечной деятель-

ности, испытываемой организмом при старении, и ограничивающейся возможностью его к двигательной активности. Складывающаяся коллизия, своеобразный «барьер адаптации», затрудняющий процесс приспособления стареющего организма к условиям мышечной деятельности, заставляет вместо простого восполнения дефицита движений искать качественно отличные пути организации двигательного режима людей пожилого и старческого возраста.

Одним из таких путей является исследование структуры двигательного акта как фактора регулирования функций. Сейчас уже становится ясно, что двигательный аппарат не может рассматриваться как своеобразный «мышечный массив» — источник равнозначных в функциональном отношении влияний. Напротив, понимание закономерностей организации моторно-висцеральных рефлексов позволяет формировать оптимальное соотношение реакций различных функциональных систем стареющего организма, обеспечивая при этом как должный уровень, так и качественное своеобразие воздействий.

Рассмотрение большого фактического материала, характеризующего влияние физической тренировки и активного отдыха, было исключительно ценным в этом отношении. В настоящее время нет нужды в доказательствах возможности и эффективности использования при старении этих разных путей стимуляции функций. Значение представленных на симпозиуме фактов и выводов заключается в углублении нашего понимания механизмов влияния тренировки и активного отдыха, выяснении качественного своеобразия их воздействия на стареющий организм.

Не только теоретическая ценность этих обобщений определяет течение симпозиума. Еще более важно другое — наши дискуссии служат обоснованию нового и исключительно важного аспекта практики физической культуры.

История занятий физическими упражнениями восходит к глубокой древности, однако лишь в наши дни наука открывает реальную практическую возможность использования движений для осуществления заветной мечты человечества — сделать жизнь людей не только долгой, но и активной. В наши дни на стыке геронтологии и физической культуры гораздо больше нерешенных вопросов, чем прочно установленных положений. Наука делает в этом направлении лишь первые шаги, однако каждый такой шаг уже сегодня реализуется в практике. Запросы практики к разработке вопросов физической культуры стареющего организма являются мощным стимулом развития исследований в этой области.

Ф. Энгельс писал, что общественная потребность продвигает науку вперед больше, чем десятки университетов. Ощущение общественной значимости научного поиска привлекало

к проблемам геронтологии и физической культуры таких исследователей, как А. А. Богомолец и Г. В. Фольборт. Их работы создали предпосылки наших дальнейших успехов — позвольте мне поэтому высокую оценку и добрые слова, высказанные нашими зарубежными гостями в адрес организаторов симпозиума, отнести светлой памяти наших ученых.

Здание современной науки о физической культуре людей разного возраста в наши дни интенсивно строится. В ходе этого процесса не только устанавливаются фундаментальные положения, но и отсеивается то, что кажется истинным лишь в силу привычки.

И сколько бы новых вопросов ни вставало в ходе этого строительства, уже сегодня перед нами отчетливо вырисовываются реальные перспективы применения наиболее естественного и мощного воздействия — физических упражнений для направленного влияния на развитие функциональных возможностей организма человека на разных этапах его онтогенеза. Осуществление этих перспектив позволит предупредить преждевременное старение и тем самым откроет человечеству путь к достижению активного, творческого долголетия.

И. В. МУРАВОВ
Институт геронтологии АМН СССР,
Киев.

СОДЕРЖАНИЕ

Вступительное слово. *Чеботарев Д. Ф.* 5

I. Общие закономерности влияния мышечной деятельности на стареющий организм

<i>Муравов И. В.</i> Двигательная активность в регулировании функций организма при старении	9
<i>Аршавский И. А.</i> Скелетная мускулатура и основные закономерности онтогенеза	50
<i>Матеев Д.</i> Функциональная нагрузка с двигательной активностью как антиэнтропический фактор при старении	71
<i>Аstrand П. О.</i> Мышечная деятельность и функции стареющего организма	83
<i>Пирогова Е. А.</i> Особенности адаптации сердечно-сосудистой системы лиц разного возраста в условиях мышечной деятельности	93
<i>Волков В. М.</i> Устойчивость и взаимодействие функций по мере старения организма	105
<i>Яненко Э. Г., Миронов В. И.</i> Активный отдых в регуляции двигательной функции лиц разного возраста	115

II. Возрастные особенности реакций организма при физических нагрузках

<i>Фролькис В. В.</i> Механизмы возрастных изменений мышечной работоспособности	129
<i>Колчинская А. Э., Мищенко В. С., Гуняди Б. К., Степанов Ю. В.</i> О регулировании кислородных режимов организма в условиях мышечной деятельности у людей разного возраста	149
<i>Богацкая Л. Н., Войтенко В. П., Литошенко А. Я.</i> Влияние физических нагрузок на некоторые стороны углеводного обмена в онтогенезе	164
<i>Оттович Г., Лямерс Г., Лисецкий А.</i> Исследования дыхательной функции и мышечной силы у женщины пожилого возраста, занятых производственным трудом	174
<i>Свечникова Н. В., Беккер В. И., Лисицкая Р. Г., Похоленичук Ю. Т.</i> Влияние мышечных нагрузок длительного действия на секреторную функцию надпочечников	182
<i>Подрушняк Е. П., Янковская А. С.</i> Некоторые особенности функциональных и морфологических изменений мышц у людей пожилого и старческого возрастов	188
<i>Головченко С. Ф., Василик П. В.</i> Исследование возрастных особенностей регулирования функции сердечно-сосудистой системы при мышечной деятельности методами математического моделирования	198

III. Гипокинезия и ее влияние на стареющий организм

- Чеботарев Д. Ф., Коркушко О. В., Калиновская Е. Г.* Влияние двигательного режима на некоторые функции организма пожилых и старых людей 213
- Могендович М. Р.* Механизмы моторно-висцеральной интеграции и старение организма 227
- Боер В. А.* Влияние ограничения двигательной активности на организм молодых и старых животных 240

IV. Двигательная активность и профессиональная деятельность стареющего организма

- Карвонен М. Дж.* Коронарная болезнь, привычная работа и работоспособность 251
- Лихницкая И. И., Шкулов В. Л.* Производственный анамнез и возрастные особенности вентиляционной реакции на лабораторные нагрузки у здоровых людей и больных с легочной патологией 262
- Стеженская Е. И., Бугаев В. Н.* К оценке современных занятий физическим трудом с помощью сопоставления возрастных границ профессиональной работоспособности и уровней функции кардиопульмональной системы 274

V. Влияние физической тренировки на стареющий организм

- Маньковский Н. Б., Минц А. Я., Литовченко С. В., Белоног Р. П.* Динамика функционального состояния центральной нервной системы у лиц пожилого возраста под влиянием активного двигательного режима 285
- Штрауценберг С. Е.* Влияние систематической физической тренировки на функциональные возможности сердечно-сосудистой и дыхательной систем мужчин старческого возраста 294
- Мотылянская Р. Е.* Некоторые особенности развития тренировки в связи с возрастом 304
- Красносельский Г. И.* Естественно-прикладные двигательные навыки при старении организма 312
- Максимова В. Н., Клепикова С. А.* Показатели гемодинамики у пожилых лиц, длительно занимающихся физическими упражнениями 318
- Соколов К. Т.* Роль физической тренировки в улучшении адаптации внешнего дыхания и газообмена пожилых людей к физическим напряжениям 324
- Ракитина Р. И.* Физиологическое обоснование некоторых методов повышения эффективности занятий физическими упражнениями людей среднего возраста в группах здоровья 334

VI. Физические упражнения в функциональной диагностике людей пожилого и старческого возраста

- Астранд И.* Электрокардиограмма при физической нагрузке 347
- Нестеров В. С., Пленов Н. Н.* Сократительная функция миокарда у людей среднего и пожилого возраста в условиях больших физических нагрузок 355
- Бомаш Я. Ф.* К вопросу о возрастных нормативах гемодинамической реакции на нагрузку ШДЛ-80/мин. у здоровых людей 363
- Дешин Д. Ф.* Опыт изучения влияния десятилетних занятий физическими упражнениями на здоровье и двигательные качества лиц старших возрастов 369
- Заключительное слово. *И. В. Муравов* 374

CONTENTS

Opening address. *Chebotarev D. F.* 5

I. General regularities of the muscular activity influence upon an aging organism

<i>Muravov I. V.</i> Motor Activity in the Regulation of the Organism's Functions during Aging	9
<i>Arshavsky I. A.</i> The Skeletal Musculature and the Basic Laws of Ontogeny	50
<i>Mateev D.</i> Motor Activity as an Antientropic Factor in Aging	71
<i>Astrand P. O.</i> Muscular Activity and Functions of the Aging Organism	83
<i>Pirogova E. A.</i> Peculiarities of the Adaptation of the Cardiovascular System in Persons of Various Age under Conditions of Muscular Activity	93
<i>Volkov V. M.</i> Stability and Correlation of Functions with the Aging of the Organism	105
<i>Yanenko E. G., Mironov V. I.</i> , Active Recreation in the Regulation of the Motor Function in Persons of Various Age	115

II. Peculiarities of an aging organism's responses to exercises

<i>Frolkis V. V.</i> Mechanism of Age-conditioned Changes in Muscular Capacity	129
<i>Kolchinskaya A. Z., Mishchenko V. S., Gunyadi B. K., Stepanov Y. V.</i> Control of the Organism's Oxygen Regimen during Muscular Activity	149
<i>Bogatskaya L. N., Voitenko V. P., Liloshenko A. Y.</i> Effect of Physical Load on Certain Aspects of Carbohydrate Metabolism in Ontogenesis	164
<i>Ottowicz G., Lamers G., Lisecki A.</i> Investigation of the Respiratory Function and Muscular Strength in Elderly Women Engaged in Industrial Work	174
<i>Svechnikova N. V., Becker V. I., Lisitskaya R. G., Pokholenchuk Y. T.</i> Reaction of the Adrenal Cortex in Elderly Persons to Prolonged Muscular Load	182
<i>Podrushnyak E. P., Yankovskaya A. S.</i> Some Peculiarities of the Fractional and Morphological Changes in the Muscle in Elderly and Old People	188
<i>Golovchenko S. F., Vasilik P. V.</i> Investigation of Age-conditioned Peculiarities of the Regulation of the Cardiovascular System Function during Muscular Activity by the Methods of Mathematical Simulation	198

III. Hypokinesia and its effect on aging organism

- Chebotaiev D. F., Korkushko O. V., Kalinovskaya E. G.* Effect of Limited Muscular Activity on the State of the Organism's Functions in an Aging Person 213
- Mogendovich M. R.* Mechanisms of Motor-Visceral Integration and Aging of the Organism 227
- Boyer V. A.* Effect of Limiting Motor Activity on the Organism of Young and Old Animals 240

IV. Motor and occupational activities in the aged

- Karvonen M. J.* Coronary Disease, Customary Load and Capacity for Work 251
- Likhmitskaya I. I., Shkulov V. L.* Production Anamnesis and Age-conditioned Peculiarities of Ventilation Reaction to Laboratory Load in Healthy Persons and in Patients with Lung Pathology 262
- Stezhenskaya E. I., Bugayov V. N.* Evaluation of Present Occupations Involving Physical Labour by Comparing Age Boundaries of Vocational Capacity and the Functional Level of the Cardiopulmonary System 274

V. The influence of physical training on an aging organism

- Mankovskiy N. B., Mintz A. Y., Litovchenko S. V., Belonog R. P.* Dynamics of the Functional State of the Central Nervous System in Old People under the Effect of an Active Motor Regimen 285
- Strauzenberg S. E.* Effect of Systematic Physical Training on the Functional Capacities of the Cardiovascular and Respiratory Systems of Old Men 294
- Motilyanskaya R. E.* Some Features of the Development of the Trained State in Connection with Age 304
- Krasnoselsky G. I.* Naturally Applied Motor Habits in the Aging Organism 312
- Maksimova V. N., Klepikova S. A.* Criteria of Hemodynamics in Elderly People Engaged in Physical Training for a Long Time 318
- Sokolov K. T.* Role of Physical Training in the Improvement of the Adaptation of the External Respiration and Respiratory Metabolism of Elderly People to Physical Exercises 324
- Rakitina R. I.* Physiological Basis of some Methods for Raising the Efficacy of Physical Training of Elderly People in Health Groups 334

VI. The role of exercises in the functional diagnostics in older people

- Astrand I.* Electrocardiograms during Physical Load 347
- Nesterov V. S., Plenov N. N.* Myocardial Contractile Function in Middle-Aged and Elderly Persons under Conditions of Intensive Physical Strain 355
- Bomash Y. E.* Age-conditioned Norms of Hemodynamic Reaction to Load in Healthy Persons 363
- Deshin D. F.* Experience of Studying the Effect of Ten Years of Physical Training on the Health and Motor Properties of Older Persons 369
- Final Comment to the symposium. *Muravov I. V.* 374

