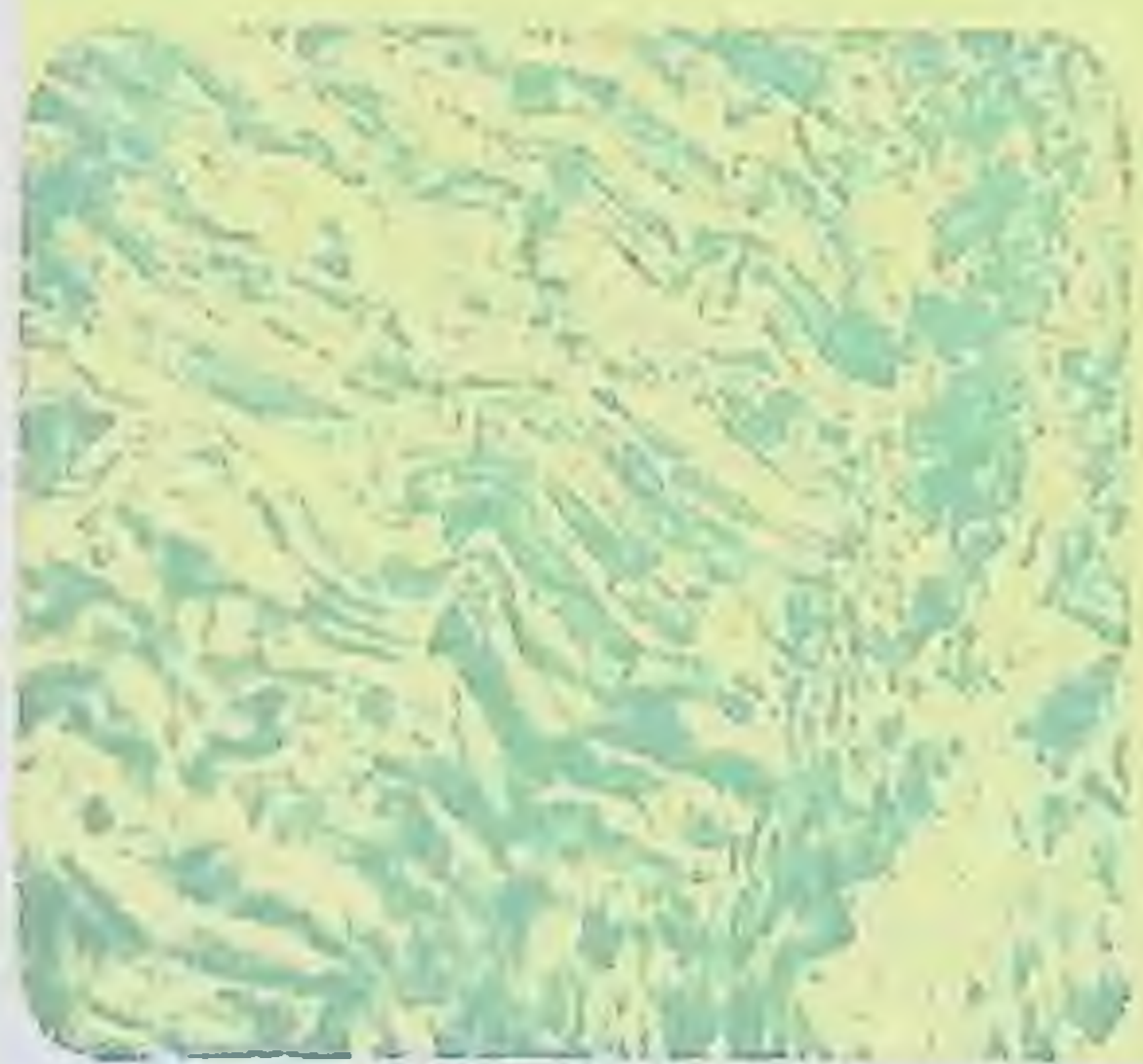


611.013
С 654

А.П.Сорокин

**ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ
СТРОЕНИЯ ОПОРНОГО
АППАРАТА ЧЕЛОВЕКА**

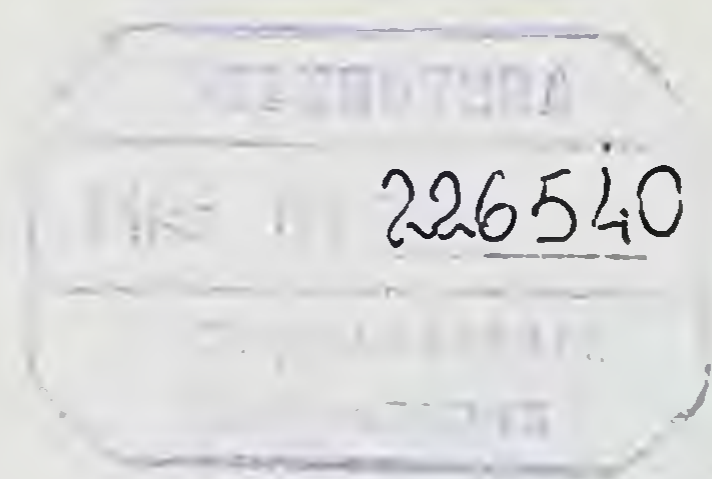


МЕДИЦИНА · 1973

611.013
С 654

А. П. СОРОКИН

ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ
СТРОЕНИЯ
ОПОРНОГО АППАРАТА
ЧЕЛОВЕКА



МОСКВА «МЕДИЦИНА» 1973

с. 2.

Монография посвящена общим закономерностям строения опорных тканей (фасции, оболочки органов, соединения костей, сухожилия, кости и др.). На основании фактического материала, а также анализа литературы приведены основные особенности строения опорных тканей. Анализ структуры указанных образований производится с позиций структурно-функциональных взаимоотношений. Все это позволило автору предложить оригинальную классификацию опорных тканей, установить главные и второстепенные факторы формообразования, причины изменяемости тканей в процессе функции.

В монографии получили полное освещение поверхностная фасция, собственная фасция, групповая фасция над широкими, узкими, длинными мышцами, в области сгибов, фасции органов, сосудисто-нервные фасциальные образования; даны различия между апоневрозами и фасциями; раскрыты факторы формирования сухожилий, их структурные особенности в разных участках, показана зависимость сосудов и нервов от структуры сухожилий; суставы рассматриваются с позиции движения в них и элементов, ограничивающих движения. Кости характеризуются с точки зрения формообразования и некоторых причин роста и развития.

Также подробно рассматриваются вопросы методологии изучения опорных тканей. Изложение материала проводится с позиции структурно-функциональной единицы опорных тканей, причин роста и развития тканей в онтогенезе, роли и взаимодействия главных и основных факторов формообразования во временном и пространственном взаимоотношениях, возрастных и функциональных изменений как проявления адаптационной перестройки.

Все это делает монографию интересной как для преподавателей, так и для научных работников, изучающих морфологию человека.

С $\frac{0531-181}{039(01)-73}$ БЗ—21—19—73

Монография посвящена актуальной проблеме морфологии соединительнотканых образований человеческого тела.

Автор с коллективом сотрудников в течение ряда лет изучают гистоструктуру мягкого остова на современном научном уровне и используют тончайшие гистохимические методы.

В монографии приводится большой материал, характеризующий изменения соединительнотканного остова в возрастном и функциональном аспекте. Для подтверждения высказанных положений поставлено большое количество экспериментов на животных, что дает возможность объективно судить о морфологических сдвигах в соединительной ткани при резком снижении функции конечности.

Вместе с тем в монографии приводятся материалы по хирургической анатомии фасций и клеточных пространств, выполненных в плане прежних работ автора на кафедре оперативной хирургии и топографической анатомии I Московского медицинского института имени И. М. Сеченова. Такая преемственность позволила автору глубже проникнуть в установленные нами закономерности развития соединительнотканного остова в соответствии с функциональными особенностями органов и тканей той или иной области.

Монография несомненно явится известным вкладом в разработку важного в научном и практическом отношении вопроса, играющего большую роль в механизме старения, а также в развитии и распространении многих форм заболеваний, особенно воспалительного характера.

Труд А. П. Сорокина «Общие закономерности строения опорного аппарата человека» будет полезен для врачей и биологов и, безусловно, вызовет живой отклик научной общественности.

Академик АМН СССР
проф. В. В. Кованов

«Анатомия не будет иметь значения науки до тех пор, пока не будет теории, пока не будут выработаны общие положения, выясняющие значение форм и постройки животного организма. Без философии предмета нет науки...»

П. Ф. Лесгафт

ВВЕДЕНИЕ

Опорный аппарат человека представлен крайними формами специализированной плотной соединительной ткани, развившейся под влиянием механической нагрузки на организм. Первоначальное его изучение проводилось на органном уровне, нередко — с позиций практического значения того или иного образования или комплекса опорных тканей.

Применяемые методы исследования не позволяли глубоко понять особенности строения, функциональные и возрастные изменения клеток, волокнистых структур и межуточного вещества опорных тканей. А между тем почти полное отсутствие данных о клетках, волокнах и межуточном веществе опорных тканей приводило к тому, что ученые отождествляли происходящие здесь изменения с подобными им в рыхлой соединительной ткани. Последняя активно изучалась первоначально с позиций защитной ее роли в организме [7, 100].

По мере накопления фактов соединительной ткани приписывались все новые и новые функции. А. А. Богомолец (1941) в «Физиологии соединительной ткани» обобщенно описывает функцию соединительной ткани.

1. Регулирует питание клеток и активно участвует в обмене веществ, обеспечивая трофическую функцию и функцию депо. Нарушение трофической функции соединительной ткани ведет к различным патологическим состояниям и является одной из причин преждевременного старения организма.

2. Благодаря присущей ей пластической функции соединительная ткань принимает активное участие в про-

цессе регенерации тканей в заживлении ран и язв, в срастании переломов.

3. Соединительная ткань активно участвует в реакции организма на инфекцию и является местом выработки антител, проявляя энергичную фагоцитарную деятельность. Эту функцию можно квалифицировать как защитную.

4. Соединительная ткань принимает активное участие в реакции организма на развитие в нем раковых новообразований.

5. Механическая функция является одной из основных функций плотной соединительной ткани, образующей скелет (костный и эластический) организма.

Таким образом, гистологи и физиологи постепенно выявляли роль соединительной ткани в организме. Вместе с тем желание понять устройство опорных органов и тканей, их генез постепенно приводило анатомов к детальному изучению свойств компонентов плотной оформленной соединительной ткани и причин их возникновения. Наибольшего внимания в этом отношении заслуживают работы Roux, в которых он рассматривает морфогенез ряда тканей и систем, в том числе соединительной, костной, хрящевой, мышечной. В соответствии с теорией функционального приспособления, по Roux, в развитии органов и тканей следует выделять два периода. Первый — эмбриональный период, когда части и органы развиваются, дифференцируются сами по себе вследствие особых (нефункционально действующих) образовательных сил, заложенных в самом зачатке. Вторым периодом — периодом продолжительной, чисто функциональной жизни, в который для дальнейшего формообразования необходима функция, или, иначе, функциональное раздражение.

Эти периоды различны по отношению к органам и тканям, так как функциональное приспособление начинается только с момента проявления специальной функции каждого органа. При этом автор разделяет все органы на пассивно функционирующие (соединительная ткань, хрящи, кости) и активно функционирующие (мышцы, железы, органы чувств). По его мнению, соединительная ткань развивается под действием натяжения. Если же натяжение сочетается с давлением и трением, то формируется хрящ. Кости возникают в результате давления или натяжения, но при условии отсутствия трения.

П. Ф. Лесгафт (1905) обратил внимание на сочетание определенных структур и функций и сделал первую попытку разработать теоретическую анатомию в соответствии с уровнем развития науки того времени.

С. Кромпехер (1964) в многочисленных хорошо поставленных экспериментах выявил условия образования хряща, кости, сустава и обратное их развитие. Полученные в экспериментах данные позволили ему высказать положение о существовании качественной тканевой адаптации. Однако наряду с прогрессивным морфофункциональным направлением продолжают попытки объяснить образование всех структур неизбежностью, целесообразностью и пр.

Все это привело к немалой путанице не только в трактовке, но и в описании тех или иных структур, в том числе и элементов опорных тканей. В этом отношении вполне можно понять Д. М. Злотникова (1939)¹, который пишет: «Чем больше углубляешься в обширную литературу, чем больше знакомишься с различными литературными источниками как русскими, так и иностранными, тем больше находишь противоречий и несоответствий в этой области у различных авторов. Можно, не преувеличивая, сказать, что все эти работы, от кратких анатомических руководств и до крупнейших, изложенных на многих сотнях страниц монографий, поразительно разнообразно трактуют этот вопрос. Поэтому трудно составить себе представление о фасциях».

Описательный характер работ, отсутствие теории или ошибочность суждений вполне естественны и даже закономерны для периода накопления фактов в науке. Отдельные, довольно правильные высказывания по вопросам закономерностей морфогенеза не получили своего развития. Недостаточность научно-методологической и методической баз исследований приводили к тому, что отдельные органы изучались в отрыве от целостного организма.

«С точки зрения современных представлений о целостности организма никакая попытка приписать универсальное значение той или другой системе не может быть обос-

¹ Д. М. Злотников. Ход фасций таза и их значение в пространстве наслоений при некоторых урологических операциях. Труды урологической клиники II Ленинградского медицинского института, 1939, с. 224.

новано»¹. Уровень развития современной науки требует от исследователей всех направлений не только дальнейшего накопления фактов при комплексном изучении явлений, но и установления механизма происходящих процессов, выявления общих закономерностей. Нельзя в полной мере понять живой организм, изучая его составные части, искусственно изолированные от целого, живого.

Это заставляет нас, во-первых, пересмотреть все накопленное наукой, тщательно разобраться в этом бесценном багаже фактов, систематизировать их и дать им оценку, трактовку на уровне современного понимания вопросов, во-вторых, существенно изменить подход к изучению строения человеческого тела.

Если при накоплении фактов всех вполне устраивал аналитический метод, при котором мы могли выделять органы, ткани из организма и производить их изучение, то при установлении общих закономерностей, а тем более в будущем, в период управления этими закономерностями, одного аналитического метода недостаточно.

В настоящее время необходимо изучать клетки, ткань, организм в их обычном, естественном окружении с тем, чтобы именно в этих условиях исследовать взаимодействие указанных единиц, их приспособленность к окружающей среде и их тенденцию к образованию еще более сложно организованных объектов с новыми свойствами, многие из которых, по мнению Ф. Шмитта (1961), невозможно предсказать на основе изучения более простых систем. О необходимости изучения систем давно и настойчиво говорит П. К. Анохин (1959). Он считает, например, что одним органогенезом нельзя объяснить развитие и выживание новорожденных. Только на основе системогенеза можно установить ту гетерохронность в закладках, темпах развития и в моментах консолидации тканевых структур, которая обеспечивает полноценную функциональную систему.

Однако, прежде чем перейти к исследованию систем, а может быть, наравне с этим, следует продолжать накопление фактов, но на более высоком методическом и методологическом уровне. Для этого необходимы два важных условия. Во-первых, широкое использование до-

¹ В. Г. Елисеев. Мезенхима, мезенхимальный резерв и ретикулоэндотелиальная система. Труды Омского медицинского института. Омск, 1948, 12, с. 46.

стижений других наук, преимущественно точных, которые позволяют нам усовершенствовать старые и ввести новые методы исследования. Во-вторых, следует создать теории или хотя бы рабочие гипотезы, которые должны явиться методологической основой исследований.

В течение последних 10 лет наш коллектив изучает опорно-двигательный аппарат комплексными методами.

В своих исследованиях и при анализе получаемых данных мы руководствуемся положением, высказанным Ф. Энгельсом в книге «Диалектика природы» (1949) об относительности случайности в связи с тем, что у каждой случайности есть определенная закономерность появления ее. Это побуждает нас в каждом отклонении структур органа от привычного, объяснимого искать конкретную причину, приведшую именно к данному отклонению в устройстве органов. Так постепенно сложилось представление о главных и второстепенных факторах формирования элементов мягкого остова и костного скелета. Выделение главных и второстепенных факторов помогает нам устанавливать как единство опорных тканей, так и существенные различия между ними. В современной научной литературе вопросы единства структуры разных видов соединительной ткани получили большее освещение и обоснование, в то время как различия, которые существуют наряду с единством и параллельно с ним, остались в тени. А ведь именно различия чаще дают возможность исследователю целенаправленно воздействовать на тот или иной объект.

Понятия «главные» и «второстепенные» факторы морфообразования структур относительны. В одних случаях за главные факторы следует принимать тягу мышц и действие ее на сухожилие, а в других — боковое давление мышцы, увеличивающейся в объеме при сокращении (при формировании фасции и т. д.). Если же рассматривать боковое давление на сухожилие, то это уже будет не главный, а второстепенный фактор формирования.

Выделение главных и второстепенных факторов морфогенеза опорных тканей помогает нам разбираться в самых сложных случаях строения и многочисленных вариантах отклонений от типичного. В процессе изучения опорных тканей и попыток трактовки структур нам пришлось сформулировать ряд рабочих гипотез, которые приведены в соответствующих главах и в заключении.

МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ОПОРНЫХ ТКАНЕЙ ЧЕЛОВЕКА

Работа по изучению морфологии опорного аппарата человека потребовала от нас не только организации большого комплекса исследований с разнообразными методами, но и определенной этапности и направленности в исследованиях.

На первом этапе стояла задача изучения структур элементов мягкого остова (фасций, сухожилий, связок и т. п.), выявления их топографических отличий и установления причин формообразования (генез). В связи с этим была выработана методология исследований и высказаны такие рабочие гипотезы, как выявление причинно-следственных связей; анализ полученных данных с позиции системно-структурной организации тканей и выявление главных и второстепенных факторов формообразования; установление причин и характера изменчивости составляющих компонентов — клеток, волокнистых образований и межклеточного вещества — в условиях роста и дифференцировки.

На первом этапе широко применялись такие методы, как анатомическое препарирование, метод пириоговских распилов, макро-микроскопическое препарирование, мерометрия, метод гистотопографии, рентгенографии, сравнительно-анатомический и др. Большинство из перечисленных методов давно применяется при изучении опорных тканей, но некоторые из них нам пришлось дополнить или видоизменить применительно к изучению фасций, сухожилий, связок и других плотных соединительнотканых образований. Так, метод распилов замороженных трупов, рекомендованный Н. И. Пироговым и апробированный во многих исследованиях, позволяет наблюдать контуры фасций в плоскости разреза, так как изучение можно производить только в замороженном состоянии. После оттаивания препарата органы

меняют свою форму, а нередко и местоположение. Чтобы устранить этот недостаток и получить возможность наблюдать фасцию или другие элементы мягкого остова по всей глубине среза и в их взаимоотношении с органами, мы предложили (особенно это необходимо при изучении фасций груди, живота, таза, шеи и других отделов тела) до оттаивания приклеивать срезы на твердую основу с помощью 10—15% раствора технической желатины и помещать их в 10% раствор формалина (А. П. Сорокин, 1959). Крепкий раствор формалина не только фиксирует ткани, но и способствует лучшему сохранению взаимоотношений между органами, а также уплотняет желатину и тем обеспечивает надежное закрепление срезов на твердой основе. Важно, чтобы желатина до приклеивания имела высокую температуру. Это позволяет ей разморозить поверхностные слои препарата и проникнуть в образовавшиеся щели. Через сутки такой препарат можно изучать в любых условиях, не опасаясь существенного изменения расположения органов, а главное, можно выделять фасции по всей толщине среза.

Метод макро-микроскопического препарирования тканей, предложенный В. П. Воробьевым первоначально для изучения нервной системы, нашел широкое применение и при изучении других тканей. Этот метод позволяет проникнуть в пограничную между макроскопической и микроскопической область, составить пространственное представление, определить размеры волокнистых образований, установить их связь и многое другое. Этим методом, постоянно совершенствуя его, широко пользовались многие исследователи [15, 162, 271, 311].

В наших исследованиях мы использовали микроскоп МБС-2, который позволяет различать структуры до 7 мк. С целью более четкого выявления волокнистых (коллагеновых) элементов фасций, связок, сухожилий и т. д. мы предложили (А. П. Сорокин, 1964) подкраску тканей пикрофуксином. Несколько капель пикрофуксина [по данным Lillie (1964), кислый фуксин реагирует в коллагеновом волокне с аминогруппами] моментально окрашивают поверхностно расположенные волокна коллагена. Они приобретают красный цвет и очень рельефно выделяются на розовом фоне. Проходящий свет усиливает контрастность. Мелкие пучки воспринимают краситель раньше и более интенсивно. Четкая контрастность всех

коллагеновых волокон и пучков позволяет делать хорошие фотографические снимки. Преимуществом этой модификации является еще и свойство пикрофуксина окрашивать только поверхностные слои. В глубину ткани он проникает плохо. Поэтому после изучения поверхностных слоев их можно удалить под контролем микроскопа и изучать более глубокие слои. Это позволяет составить представление о послойной структуре волокнистых элементов фасций, связок, сухожилий и т. д. Апробирование метода дало положительный результат [140, 181, 258, 276, 290, 318].

Недостатком данного метода следует считать ограниченность изучаемого поля, особенно в тех случаях, когда нужно дать представление об архитектонике волокон на обширном участке фасции, сухожилия или оболочки. Метод мерометрии, примененный И. Ф. Солошенко и Э. Э. Шеппом при изучении фасций плеча и предплечья, сущность которого заключается в разграничении изучаемого объекта на участки, последовательное изучение этих участков с реконструкцией слоев, значительно уменьшает этот недостаток и позволяет исследователю составить цельное представление о конструкции изучаемого объекта на неограниченно большом протяжении.

Ценным дополнением к методу макро-микроскопического препарирования фасций, оболочек, сухожилий и связок, следует считать использование ультрамягких лучей.

При изучении внутренней структуры элементов мягкого остова без нарушения их целостности мы применяем метод рентгенографии ультрамягкими рентгеновыми лучами. Наши попытки использовать для этих целей мягкие рентгеновые лучи по методам С. Ф. Винтергальтера (1962), А. В. Ромодановского (1959) не увенчались успехом, так как эти лучи почти не поглощаются соединительной тканью фасций, сухожилий, связок и на рентгенограммах не дают структуры последних. Контрастирование тканей воздухом или другими средствами имеет крайне ограниченное применение.

В литературе ультрамягкие лучи называют еще букки-лучами, а также пограничными или инфрамягкими; они имеют длину волны от 0,88 до 3,08 Å [71, 231]. В анатомии методика изучения объектов с помощью ультрамягких лучей предложена М. Г. Привесом и С. В. Гречишкиным в 1935 г., т. е. через 10 лет после

первых работ об этих лучах [231]. Постепенно эта методика получала все большее распространение. Но мы не встретили работ, указывающих на применение этой методики при изучении элементов мягкого остова.

Ультрамягкие лучи мы получали с помощью специального портативного аппарата, сконструированного нами совместно с инженером О. С. Чистяковым и изготовленного на заводе «Актюбрентген» [293].

На полученных букки-граммах можно проследить направление и ход соединительнотканых пучков, почти лишенных неорганических соединений (толщиной от 500 мк и больше), угол их подхода друг к другу, взаимоотношение и др.

Для выяснения структур межмышечных перегородок, фасциальных узлов, сосудисто-нервных фасциальных футляров, мест сращения фасций, структуры подкожных соединительнотканых комплексов, костно-фиброзных футляров и др. недостаточно метода анатомического, макро-микроскопического препарирования. Мало в этом помогает и метод распилов по Н. И. Пирогову. Однако весьма ценным для этих целей оказался метод гистопографических срезов, позволяющий получить большой объем информации, но чрезвычайно трудоемкий и требующий каждый раз модификации в зависимости от изучаемого объекта. Поэтому нам пришлось экспериментировать и разрабатывать многие стороны данного метода, как-то: исходные концентрации спиртов, целлоидинов, сроки пребывания срезов в них, просветление срезов и т. д. Для гистопографических препаратов мы использовали пироговские срезы (поперечные и продольные) через всю конечность или отдельные части тела. Если было возможно, то кость вылущивали поднадкостнично или проводили декальцинацию по Б. А. Виленсону (1950). После декальцинации и промывки в проточной воде пироговские срезы проводили через батарею спиртов. Эмпирически было установлено, что лучшие результаты получаются в том случае, если начать процесс обезвоживания с 50° спирта и постепенно проводить материал через батарею спиртов нарастающей крепости: 50°, 60°, 70°, 80°, 96°I, 96°II, 100°I, 100°II, выдерживая в спирте различной крепости 3—5 дней. Батарею целлоидинов мы начинали не с 2%, как рекомендуется в руководствах С. С. Вайля (1949) и Б. Ромейса (1953), а с 0,5% и далее 1%, 2%, 4%, 6%, 8% и заливали ткани в 10%

раствор целлоидина. При этом в каждом растворе ткань находилась не менее недели, лучшие препараты были получены при двухнедельной экспозиции. Толщина гистотопографических срезов колебалась от 20 до 80 мк, чаще всего 30—40 мк. С целью выявления волокнистых элементов, их соотношений срезы красили пикрофуксином, орсеином в сочетании со световым и нафтоловым зеленым с последующим заключением в бальзам или полистирол.

Такие препараты удобно хранить, легко изучать, используя микроскоп МБС-2, а нужные зоны и при большем увеличении. Гистотопографические срезы могут быть использованы также в качестве диапозитивов.

Указанными методами удавалось выявить структуру, установить изменимость архитектоники волокон того или иного соединительнотканного образования, провести параллели между структурной организацией и условиями функционирования, но далеко не во всех случаях можно было дать характеристику адаптационным изменениям изучаемого объекта, под которыми мы понимаем приспособление к условиям функции и возраста субъекта. В связи с этим круг методик постепенно расширялся. И опять многие методики пришлось модифицировать. Так, большую трудность представляет получить достаточно тонкие гистологические срезы, пригодные для изучения при больших увеличениях на таких тканях, как сухожилие, кожа, связки, апоневрозы и т. д. Поэтому в случае целлоидиновой проводки мы использовали ту же схему спиртовых и целлоидиновых батарей, как и при гистотопографии, только сроки пребывания в спирте сократили до одних суток, а в растворе целлоидина — до одной недели. При получении парафиновых срезов материал проводили через батарею с метиловым эфиром бензойной кислоты, диоксаном, которые смягчают плотную ткань и являются хорошей промежуточной средой [251, 253]. Коллагеновые, эластические и ретикулиновые волокна выявляли с помощью окраски по ван Гизону, резорцин-фуксином по Вейгерту, орсеином по Тенцер — Унну, Прантеру, серебрения по Карупу и Футу.

В процессе исследований мы убедились в том, что 0,1—0,2% растворы орсеина дают четкую картину мельчайших эластических волокон. Далее мы пришли к выводу, что растворы орсеина после 5 суток сильно окрашивают все ткани и тем самым тонкие эластические волокна не

дифференцируются. Особенно это важно при выявлении эластических волокон в толще плотных сухожильных пучков. Все это, а также удлиненная экспозиция (до 10—12 часов при температуре 37°) в растворах орсеина позволили А. Г. Кочеткову (1968) и А. К. Макарову (1968) убедительно доказать наличие эластических волокон в составе сухожильных пучков первого порядка.

Как правило, после окраски орсеином и резорцин-фуксином для лучшей контрастности и четкости мы использовали фоновые красители: световой или нафтоловый зеленый. Обычно применяли 1% раствор нафтолового зеленого, а при окраске тонких срезов или молодой соединительной ткани — 0,25% раствор.

Лучшие результаты при докраске световым зеленым получаются при разбавлении основного маточного раствора (0,5%) не в 20—30 раз, как это предлагает Б. Ромейс, а только в 10 раз.

Выявление изменчивости форм соединительной ткани в условиях сочетания различных факторов, а также некоторых коррелятивных отношений кровеносного русла, нервного аппарата и структуры органа мы осуществляли инъекционным и импрегнационным методом, так как известно, что сосудистое русло может явиться морфологическим показателем строения и функции органа [80, 156].

В качестве инъекционной массы был использован 50% водный раствор черной туши, поскольку он легко заполняет капиллярное русло и прочно импрегнирует стенки сосудов [108, 323, 327].

В ряде случаев инъекцию проводили тушь-желатиновой массой по М. Э. Комахидзе (1953) и Б. В. Огневу (1954). После фиксации в формалине изучаемые органы иссекали и погружали в обезвоживающие среды. В наших работах лучше других обезвоживающих сред зарекомендовал себя пиридин. Через сутки (можно и больше) инъецированные ткани погружали в метиловый эфир салициловой кислоты. Эффект просветления наступает сразу же. Препараты после полного просветления (сутки или более) погружали в кедровое масло, в котором их хранили до окончания изучения. Изучение сосудистого русла проводили с помощью микроскопа МБС-2 в прозрачной емкости.

Использование импрегнационных методов по Е. И. Расказовой (1954) и В. В. Куприянову (1965) позволило не только полно и надежно выявить нервные окончания,

но и одновременно изучить сосудистое русло со всеми деталями конструкции сосудистой стенки.

Однако перечисленные методы не позволяют судить о степени участия различных субклеточных компонентов в процессе адаптационной перестройки. Для решения вопросов, возникших в результате изучения перестройки различных элементов мягкого остова к неодинаковым функциональным условиям и при старении, мы использовали методы гистохимического, рентгеноструктурного и термического анализов. Гистохимические методики были использованы для выявления мукополисахаридов (кислых и нейтральных), простых (аминокислоты и отдельные реакционные группы) и сложных (нуклеопротеиды) белков. Полисахариды выявляли реакцией метахромазии с толуидиновым синим, методом связывания коллоидного железа, окраской основным коричневым, ШИК-реакцией, комбинированным методом Риттер — Олесона. Раствор толуидинового синего готовили по способу Михаэлиса.

Лучшие результаты были получены при разведении основного раствора двадцатикратным объемом соответствующего буфера, тогда как большие разведения недостаточно четко выявляют различия в сравниваемых участках. Кроме того, мы пришли к выводу, что фиксировать срезы в молибденовокислом аммонии более 1½ часов нецелесообразно, поскольку и при такой экспозиции окраска срезов устойчива, а осаждение кристаллов молибденовокислого аммония на срезе при длительной фиксации делает его мало пригодным для изучения.

При проведении реакции по М. Г. Шубичу (1964) время окраски нам пришлось удлинить до нескольких часов (от 4 до 6 часов), потому что только при такой экспозиции в плотной соединительной ткани выявляются структурные отличия.

Метод связывания диализованного коллоидного железа [397] малоспецифичен для мукополисахаридов [373], однако, по мнению В. В. Виноградова и Б. Б. Фукса (1961), он в сочетании с другими методами и при условии контролей может способствовать выявлению высокополимерных мукополисахаридов. Метод Хейла (Hale) особенно чувствителен к степени полимеризации мукополисахаридов [471]. При изготовлении коллоидной гидроокиси железа мы пользовались рекомендациями В. В. Виноградова и Л. П. Черемных (1957). Срезы

обрабатывали по схеме, изложенной В. Г. Елисеевым и М. Я. Субботиным (1967). Для идентификации кислых мукополисахаридов мы использовали различные значения рН красящего раствора, обратимое блокирование [49, 387, 487], ферментативный анализ с бактериальной, тестикулярной гиалуронидазами и трипсином [228, 310, 371, 413]. Группу нейтральных мукополисахаридов выявляли ШИК-реакцией, разработанной и теоретически обоснованной А. Л. Шабадашем (1947) и McManus (1948). Реактивы для постановки ШИК-реакции готовили по прописи, указанной Э. Пирсом (1962). Для доказательства зависимости окраски от наличия 1,2-гликолевых групп срезы подвергали ацетилированию и деацетилированию по методу Мак Мануса [228]. ШИК-положительное окрашивание, обусловленное гликогеном, исключали обработкой срезов амилазой слюны.

Выявление дезоксирибонуклеиновой кислоты производили реакцией Фельгена [228], используя холодный гидролиз 5 н. раствора соляной кислоты [171]. Рибонуклеиновые кислоты окрашивали метиловым зеленым — пиронином по Браше, принимая во внимание рекомендации Р. А. Симаковой (1960), И. Н. Борисова (1966) и др. Контроль проводили трихлоруксусной кислотой. Для гистохимического выявления белков была использована реакция тетразониевого сочетания с прочным синим «В» и окраска 0,1% сулемовым и 0,1% водным раствором бромфенолового синего по П. В. Макарову (1961).

Для выявления аминокрупп использовали метод Иазума и Ишикава в прописи, рекомендуемой Г. И. Роскиным (1951). В качестве контроля проводили предварительное дезаминирование. Сульфгидрильные группы аминокислот выявляли методом Барнетта и Зелигмана (1952). В результате взаимодействия белка с 2,2'-диокси-6,6'-динафтилфисульфидом (DDD) к его сульфгидриальной группе присоединяется хромогенный β -оксинафтильный радикал, который выявляли прочным синим «В».

Всю окраску проводили по схеме, изложенной Э. Пирсом (1962). В реакции по выявлению карбоксильных групп с гидразидом-2-окси-3-нафтойной кислотой в качестве диазоля мы использовали прочный синий «В» вместо прочного черного «К», рекомендованного Д. М. Герштейн и И. В. Цветковой (1960).

Для выяснения изменений некоторых структурных и физико-химических свойств фасций и сухожилий нашими сотрудниками Г. В. Стельниковым, И. Ф. Солошенко, Э. Э. Шеппом на базе центральной лаборатории Западно-Казахстанской комплексной геологоразведочной экспедиции были выполнены работы с использованием рентгеноструктурного и термического анализа. Рентгеноструктурный анализ делали по методу Дебая — Шеррера [24]. Дебаеграммы получали на установке УРС-60. Метод рентгеноструктурного анализа резко отличается от метода рентгеновского просвечивания. Если во втором случае мы получаем только теневое изображение предмета, то в случае структурного анализа объект представляет собой диффракционную решетку, причем плоскости кристалла являются отражающими для рентгеновых лучей. Луч, проходя через данную плоскость, отражается от нее и, если разность хода диффронированных лучей равна целому числу полуволен, наблюдается явление интерференции, усиления. Если на пути рентгеновых лучей поместить фотографическую пластинку, то в тех местах, где наблюдается усиление, появляется соответствующее почернение (интерференционный максимум).

Дифференциально-термический анализ фасций производили на установке термовесового анализа УТА-1. Температурная кривая нагревания достигается следующим образом: исследуемое вещество помещают в электропечь, где подвергают плавному и непрерывному нагреванию. Нагрев вещества в печи до температуры 1100° обеспечивается в течение 15, 30, 40 и 60 минут. Регистрация термических и весовых кривых производится зеркальными гальванометрами на фотобумаге.

Изменения структуры фасций, сухожилий, связанные с функцией и возрастом, выявляемые гистохимически, на дебаеграммах и термограммах, безусловно, сопровождаются изменением механических свойств. Последние изучались на разрывных машинах типа Р-5 и МРП-50 и определением упругости (Е-модуль Юнга). При определении модуля упругости был использован прибор Лермантова (рис. 1). Луч света от источника 5 падает на зеркальце 3, а, отражаясь от него, — на шкалу прибора 4. Между падающим на зеркальце и отраженным лучами образуется угол α . Зная этот угол, а также расстояние (D) от источника света до зеркальца и величину b , т. е.

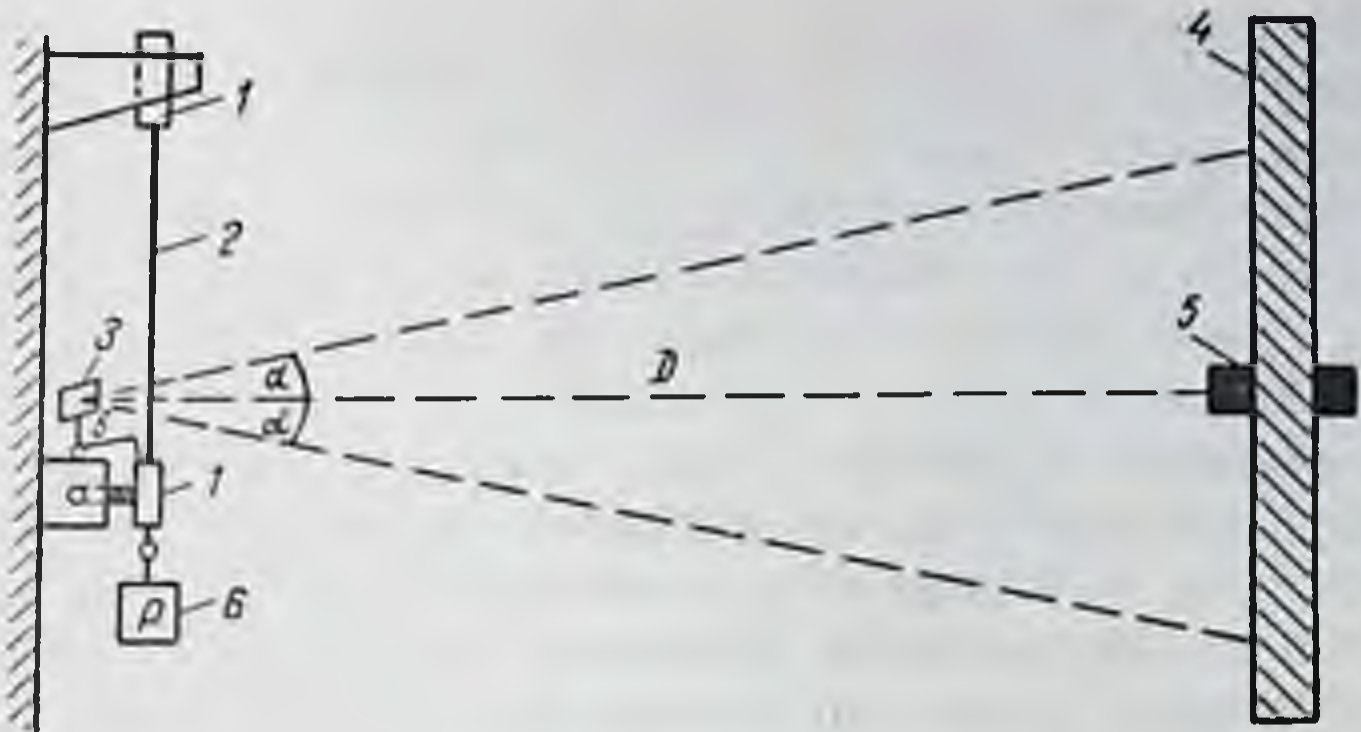


Рис. 1. Схема прибора Лермантова.

1 — клеммы прибора; 2 — исследуемый материал; 3 — зеркальце; 4 — шкала; 5 — источник света; 6 — груз.

длину стержня, на котором укреплено зеркальце, можно определить величину угла. Затем по формулам:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta L}{\delta} \quad \text{и} \quad \operatorname{tg} 2\alpha = \frac{\Delta n}{D},$$

где Δn — разность в показаниях шкалы определяем ΔL (В. И. Иверонова, 1951). Зная величину ΔL , по формуле

$$E = \frac{\rho \cdot L}{\Delta L \cdot S}$$

определяем модуль упругости E ,

где L — длина исследуемого кусочка; S — площадь поперечного сечения; ΔL — удлинение кусочка при подвешивании груза.

При изучении костного скелета пришлось внести ряд изменений в методы изучения внутренней перестройки кости, минерального обмена, кровоснабжения, гистохимии полисахаридов и др.

Рост костей изучали биометрическими методами, а также при помощи люминесцентного метода. Эти методы успешно применяли многие исследователи [1, 170, 204, 400, 429, 482].

Вследствие большой токсичности ализарина (диоксиантрахинона) и гибели экспериментальных животных нам пришлось снизить разовую дозу с 0,5—1 мл на 100 г веса до 0,1—0,3 мл на 100 г веса. Это привело к большей выживаемости животных с вполне достаточной интен-

сивностью окраски кости. Ввиду того что в литературе отсутствует описание подробной методики введения ализарина, нам пришлось экспериментально устанавливать оптимальные методы введения красителя внутрибрюшинно. В результате сравнительных исследований мы пришли к заключению, что наиболее целесообразно вводить ализарин в эпигастральную область слева на 1 см ниже мечевидного отростка. Перед этим в течение 12 часов животные не получают ни пищи, ни воды. Перед введением ализарина инъецировали в зависимости от веса 1—2 мл 2% раствора морфина. Ализарин вводили с соблюдением всех правил асептики. Интенсивность роста костей при использовании ализарина выражалась в баллах ростковой активности по Б. А. Никитюку (1961): 0—рост отсутствует; 1—2 балла — аппозиция костного вещества определяется на половине поверхности кости; 3 балла — аппозиционный рост костного вещества охватывает более половины поверхности кости; 4 балла — аппозиция костного вещества занимает всю поверхность кости.

При люминесцентном методе был использован тетрациклин по общепринятой методике [1, 204, 429].

Для выявления обменных изменений в костях применяли методы по определению общего фосфора и кальция в компактном веществе кости. Фосфор определяли фотоколориметрическим методом, описанным Sumner (1944), кальций — по В. С. Предтеченскому, В. М. Воровской, Л. Т. Марголиной (1950). Общий фосфор определяли с помощью радиоактивного фосфора (P^{32}) по общепринятой методике.

В процессе изучения биомеханических свойств опорных тканей, особенно костной, пришлось вводить некоторые дополнения к известным методам определения прочности материала на разрыв, сжатие, сущность которых сводилась к приспособлению зажимов и изменению направления действующих сил.

Определение предела упругости на разрыв проводилось на разрывной машине типа Schorper, а сжатие — на прессе Гагарина. Поскольку кость представляет собой неоднородный материал, использование при изучении ее свойств классических законов сопротивления материалов возможно лишь с известным допущением. Смысл этого допущения заключается в том, что исследования проводились в сравнительном плане: оперированную конечность сравнивали с неоперированной. Для определе-

ния предела упругости использовали свежие кости через 1—2 часа после смерти животного. Кости освобождали от мягких тканей, надкостницы, промывали водой и просушивали марлей. Предел упругости на разрыв определяли на целой кости. Машины Schorper, естественно, не приспособлены для работы с биологическими объектами, поэтому для испытания костей мы сконструировали специальные переходные захваты. Они представляют собой металлическую пластину размером 10×30 см, имеющую цилиндрическое углубление на конце. К этой пластине болтами прикрепляют другую пластину меньшего размера, также имеющую цилиндрическое углубление. При наложении и фиксации пластин углубления совпадают и образуют отверстие. В этом отверстии укрепляется муфта, в которую вкладывают кость, окруженную мягкой резиновой прокладкой. Внутренние размеры муфты различны и позволяют испытывать кость разной формы. Верхний и нижний захваты перемещаются, поэтому можно испытывать кости различной длины. Расчет предела упругости ткани проводится по формуле:

$$\sigma = \frac{P}{S},$$

где P — сила, действующая на кость; S — единица площади, определяемая планиметрически.

Применение описанного комплекса методов исследования позволяет не только оценить структурные особенности опорных тканей, но и объяснить их развитие с генетических, возрастных и функциональных позиций.

ФАСЦИИ

Строение фасций является одним из основных вопросов в учении о фасциях. Поэтому не удивительно, что во всех работах, начиная с древних времен, в той или иной степени авторы затрагивали вопросы строения фасций. Без знания строения нельзя было определить саму фасцию, отличить ее от других образований, а в последующем следить за тем, как она изменяется в тех или иных условиях. В большинстве случаев именно поэтому в трудах многих ученых не дается четкого определения фасции; характеристика ее ограничивается функциональным назначением. При этом не делается различий между фасциями, связками, апоневрозами и уплотненной клетчаткой и указанные термины нередко употребляются как синонимы. Так, А. Везалий (1950) описывает под общим названием «связки» как истинные связки, так и межкостные мембраны, фасции и надкостницу. Vichat (1830) все соединительнотканые покровы мышц называл апоневрозами. Неточно употребляются термины «фасция» и «апоневроз» как в ранних, так и в более поздних работах.

С давних времен ученые пытаются разобраться в том, что представляет собой фасция и чем она отличается от апоневроза. По мнению Meerkel (1907), фасция — это бесформенная рыхлая соединительная ткань, а апоневроз толще фасции и имеет мембранозную структуру. П. Ф. Лесгафт отличает апоневрозы от фасций по определенному ходу волокон. За фасции он принимает пластинки без определенного хода волокон.

Однако большинство исследователей склоняется все же к тому, что фасция имеет определенную структуру. В работах ряда авторов [61, 133, 422] есть указания на то, что тонкие пластинки могут состоять из одного слоя волокон, а толстые образованы двумя слоями взаимно перекрещивающихся волокон. А. В. Старков (1912) различает не только поперечные, продольные, но и косые волокна. При этом последние, по его мнению, являются разновидностью первых. По своей природе большинство

волокон коллагеновые. Эластические встречаются редко, большей частью самостоятельными слоями и преимущественно в тонких листах фасции.

В современных исследованиях большинство авторов высказываются за строгую и обусловленную ориентировку волокнистых элементов фасций [91, 111, 113, 116, 117, 119, 124, 125, 126, 129, 136, 307].

Г. Е. Боброва, Н. М. Кузнецова, Л. И. Ломакина, А. А. Миронцева, Т. Д. Морозова (1958) выделяют в каждой фасции три слоя: наружный, средний и внутренний. Наружный, или поверхностный, слой образован тонкими пучками, между которыми имеются небольшие щели, заполненные рыхлой клетчаткой. Средний слой наиболее плотный, с четкой ориентацией взаимно перекрещивающихся фиброзных пучков. Перекрещивание пучков этого слоя идет под прямым углом, если мышечные пучки параллельны друг другу, или дугообразно, если мышечные пучки расходятся веером. Внутренний слой непосредственно связан с перимизием и состоит из рыхлой соединительной ткани. Волокна его идут параллельно мышечным пучкам. Таким образом, авторы подчеркивают, что в строении фасций имеется определенная закономерность.

К сожалению, все исследователи мало внимания уделяли природе волокнистых структур, их функциональным и возрастным изменениям, а что касается клеточных элементов и аморфного межклеточного вещества, то эти компоненты фасций до сих пор почти не изучены. Наши исследования, работы сотрудников и других морфологов [234, 278, 279, 316, 317, 318, 333] восполняют лишь в некоторой степени пробелы, имеющиеся в знаниях о структуре фасций. Многие вопросы остаются нерешенными, и для выяснения их необходимо прежде всего подытожить имеющиеся данные.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ФАССИЙ И ИХ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ

Прежде чем описывать фасции, целесообразно охарактеризовать составляющие их компоненты: волокнистые элементы, клетки и аморфное межклеточное вещество.

Во всех опорных тканях можно установить определенную взаимосвязь между клеточными и волокнистыми элементами.

Функционально обусловленная связь проявляется в структуре этих тканей.

Специфичность фасций в основном определяется клеточными и волокнистыми элементами. Межуточное аморфное вещество, являясь продуктом клеток, тесно с ними связано и чутко реагирует на изменение их деятельности. Волокнистые элементы в этом отношении более самостоятельны и устойчивы. Поэтому при характеристике фасций мы остановимся в основном на волокнистых и клеточных элементах.

Волокнистые структуры соединительной ткани выполняют преимущественно механическую функцию. Они связывают органы в единую систему и целый организм, удерживают их на определенном месте, противодействуют различным силам, возникающим в самом организме или вне его.

Отличительной чертой этих структур является не только их механическая прочность, но и упругость, что чрезвычайно важно для всего организма, так как этим достигается плавность движения, обеспечивается более физиологический переход органа из одного состояния в другое.

Механическая функция волокнистых структур и всей соединительной ткани давно являлась предметом исследований [65, 348, 396, 405, 411, 448, 455, 460, 461, 481].

Общепризнано, что волокнистые структуры формируются под влиянием и в направлении действующих сил. Но многие вопросы механической функции этих структур, их расположения в разных видах соединительной ткани мало изучены. Особенно мало известно о степени выраженности и расположения коллагеновых и эластических волокон в фасциях.

Коллагеновые волокна в фасциях находятся в виде единичных волокон, пучков первого и второго порядка, образуют небольшие пучки лентовидной формы, размер которых колеблется от 3 до 50 мк. Создается впечатление, что коллагеновые волокна в лентовидных пучках как бы склеены и лежат в одной плоскости. Такие пучки обычно лежат обособленно и не группируются в более крупные.

Пучки первого порядка отличаются от лентовидных тем, что они входят в состав более крупных, отделяются друг от друга клетками фибробластического ряда. Они

крупнее (20—75 мк) и нередко имеют квадратную или другую форму. Коллагеновые волокна в них грубые и расположены плотно.

Пучки второго порядка отделены друг от друга рыхлой волокнистой клетчаткой. Волокна этой клетчатки идут обычно поперечно к пучку. Количество и степень развития окружающей пучок клетчатки зависят от величины последнего, рыхлости расположения составляющих его пучков первого порядка и удаленности пучков второго порядка друг от друга. Чем рыхлее пучок второго порядка и чем дальше он лежит от соседних, тем сильнее развита окружающая его клетчатка. Размеры пучков второго порядка самые разные и зависят от той силы, которая их создает, в соответствии с реакцией организма.

Если условно считать реакцию организма однотипной, то там, где действует относительно небольшая сила, образуются пучки меньших размеров (100—300 мк), а под воздействием большей силы пучки обычно 500—600 мк в диаметре и более. Встречаются коллагеновые пучки шириной до 1000 мк и 300—500 мк толщиной. Ширина пучка чаще превышает его толщину.

Кроме этого общепризнанного деления коллагеновых волокон, следует выделить еще так называемые солитарные пучки, т. е. которые переходят из пучка в пучок. Они имеются уже на уровне пучков первого порядка, но наиболее сильного развития достигают между пучками второго порядка, особенно в местах бокового растяжения.

Таким образом, с помощью солитарных пучков осуществляется связь более крупных пучков друг с другом. Размеры и форма их различны и зависят от тех условий, в которых они возникают. В толстых и плотных фасциях солитарные пучки крупные, их много. В толстых, но рыхлых фасциях солитарных пучков мало, они развиты слабо. Вместо них интенсивно развиты отдельные волокна, которые не только переплетаются между собой в одной плоскости, но и переходят от одного слоя фасции в другой.

Коллагеновые волокна и пучки фасции имеют четкую периодическую извитость, которую можно наблюдать на свежем, консервированном материале и гистологических препаратах. Длина и глубина волны изменяется с возрастом и функциональным состоянием фасции.

А. К. Макаров (1968), сопоставив амплитуду отклонения с длиной волны, установил коэффициент извитости¹. Он оказался у разных видов опорных тканей различным. Так, для грубых коллагеновых пучков коэффициент извитости равен 5%, а для тонких, нежных он увеличивается до 8—10%.

При растягивании ткани этот коэффициент возрастает, а после прекращения действия силы снова возвращается к исходным величинам.

Эластические волокна в фасциях также отличаются многообразием форм и размеров. Большинство эластических волокон в результате их разветвлений и анастомозов образует сети, поэтому никогда не удается найти начало и конец волокна. Чем больше эластических волокон в той или иной фасции, тем гуще их сеть. Тонкие волокна чаще всего образуют сплетения неправильной формы, а более крупные формируются в ромбовидные сети.

Форма сетей связана в основном с тем, что эластические волокна идут рядом с коллагеновыми и имеют такое же направление. Там, где коллагеновые волокна четко направлены, сети эластических чаще ромбовидные, а где коллагеновые волокна часто меняют свое направление, переплетаются между собой в разных плоскостях, эластические волокна образуют густую сеть, в которой трудно найти сходство с правильными геометрическими фигурами. Однако нередко эластические волокна в фасциях расположены изолированно друг от друга, например в фасциях новорожденных, и в тех случаях, когда эластические волокна лежат в толще плотных коллагеновых пучков. В плотных коллагеновых пучках второго и даже первого порядка лежит немало эластических волокон, но нам не пришлось видеть их анастомозов.

Форма поперечного сечения эластических волокон самая разнообразная: круглая, овальная, эллипсоидная, трехгранная и плоская. Диаметр их колеблется от 0,2—0,5 мк до волокон в 5—10 мк и даже в 20—50 мк в поперечнике.

Аргирофильные волокна мы наблюдали только у эмбрионов.

¹ Отношение амплитуды отклонения к периоду колебания, умноженное на 100.

КЛАССИФИКАЦИЯ ФАСЦИЙ ПО СОСТАВУ КЛЕТОК, ВОЛОКОН И СТЕПЕНИ ИХ РАЗВИТИЯ

По количеству и качеству волокон и клеточных форм мы различаем рыхлые и плотные фасции и апоневрозы.

К рыхлым фасциям относим: поверхностную фасцию, перимизий, влагалища сосудов, нервов и те футляры мышц, которые формируются под действием малых сил. Для них характерно слабое развитие коллагеновых волокон и большое количество хорошо развитых эластических волокон.

Коллагеновые волокна рыхлых фасций отличаются небольшими размерами и разнообразием направления. Так, в поверхностной и ряде других фасций коллагеновые волокна формируются в тонкие плоские ленты размером от 2—5 до 50 мк (средний размер 25—30 мк). В большинстве своем волокна и пучки первого порядка идут не прямо, а изгибаются, причем изменяется не только характер изгибов, но и направление волокон. В результате коллагеновые волокна и мелкие пучки переплетаются между собой, образуют густо сплетенный «войлок» (рис. 2). Проникают они и в глубину фасции. Все это делает фасцию очень прочной, несмотря на ее рыхлость. Войлочное переплетение коллагеновых волокон не мешает заметить преимущественное направление волокнистых образований. Часть из них направляется радиально в соединительнотканые тяжи, обеспечивающие связь поверхностной фасции с кожей.

По мере углубления в толщу рыхлой фасции можно видеть коллагеновые пучки, расположенные более ориентированно. Они группируются в слои, нередко разделенные скоплением жировых клеток. Соседние слои местами сливаются в один или вновь разделяются. Таких слоев может быть от 2 до 10, а в отдельных случаях даже до 20—30 и более. Коллагеновые волокна в каждом слое взаимно перекрещиваются. Чем глубже расположен слой, тем более четко ориентированы его волокна. В средних слоях коллагеновые волокна несколько шире и толще, а в поверхностных и самых глубоких они становятся более тонкими и извитыми. Описанное войлочнообразное строение, характерное для поверхностной фасции, встретилось в $\frac{4}{5}$ всех изученных нами препаратов, главным образом на трупах с умеренным или слабым развитием



Рис. 2. Препарат поверхностной фасции предплечья. Препарирование под МБС-1. Увеличение 2×8 . Окраска ткани пикрофуксином.
/ — поверхностная фасция плотная, эластичная и состоит из тонких войлочнопереpleтенных волокон.

подкожной жировой клетчатки. В собственной фасции войлочная форма организации встречается изредка. Так, над средней и медиальной частями большой грудной мышцы фасция в основном имеет войлочное строение и по своей организации мало чем отличается от поверхностной фасции. Несколько чаще войлочное строение встречается в фасциях сухожилий, связок, апоневрозов, т. е. там, где формирующая фасцию сила небольшая и разнообразна по направлению.

В некоторых случаях (для поверхностной фасции, по нашему материалу, в $1/5$ всех изученных фасций) коллагеновые волокна формируются в более широкие пучки (размер их колеблется от 30—50 до 100 мк), вследствие чего фасция имеет своеобразную пучковую форму строения.

В подобных фасциях коллагеновые пучки прямые и идут в строго ориентированном направлении (рис. 3): чаще сверху вниз или поперечно. Нередко можно наблюдать косое их расположение. Количество слоев в этих фасциях небольшое (2—5, редко превышает 10); между слоями и даже в них много жировых клеток. Обычно в этих случаях подкожная жировая клетчатка сильно развита.

Пучковая форма характерна не только для поверхностной фасции, ее можно встретить и в других местах. Например, перимизимальная фасция и большинство рыхлых межмышечных фасций имеют примерно такое же расположение волокон с той разницей, что в них коллагеновые пучки имеют более строгую ориентировку, и между ними в значительных количествах обнаруживается жировая клетчатка. Она буквально заполняет все щели и свободные пространства.

Эластических волокон в рыхлых фасциях настолько много, что они иногда закрывают все поле зрения микроскопа. В причудливых переплетениях эластических волокон встречаются волокна едва различимые и крупные (до 4—5 мк). При этом в войлочнообразной фасции их больше, чем в фасции, имеющей пучковую форму. Наиболее развиты эластические волокна в поверхностной фасции. Чем крупнее волокна, тем более упорядочен их ход. Но какую бы форму ни принимали эластические волокна, во всех случаях они располагаются попеременно с коллагеновыми и имеют примерно то же направление, что и последние.

Клеточные элементы рыхлых фасций характеризуются относительным разнообразием, но наиболее постоянными и поэтому характерными для этих фасций являются фибробласты и жировые клетки. Фибробласты без особой системы располагаются во всех слоях фасций. Ядра фибробластов округлые, протоплазма выявляется плохо, признаков сдавливания клеток волокнистыми структурами фасции установить не удастся. Это свидетельствует о свободном расположении клеток, находящихся в определенной функциональной стадии. Однако даже в рыхлых фасциях имеется известное сочетание между клетками и волокнистыми элементами. Так, в поверхностном слое поверхностной фасции встречается до 25—30 клеток с округлыми ядрами на одно поле зрения (увеличение 7×90), а в глубоких слоях этой же фасции, где кол-



Рис. 3. Препарат поверхностной фасции передне-медиальной поверхности предплечья. Препарирование под МБС-1. Увеличение 2×8 . Окраска ткани пикрофуксином.

лагеновых волокон больше и они грубее, — 12—20 клеток. При этом ядра становятся более вытянутыми и располагаются уже по ходу волокон.

Жировые клетки, размер и форма которых варьируют, многочисленны и располагаются чаще всего вдоль сосудов, нервов или просто между слоями фасции. Расположение жировых клеток скоплениями, а не диффузно свидетельствует о фокусном возникновении жировых отложений, причем жир откладывается в тех клетках, которые локализованы в зонах относительного покоя.

Плотные фасции формируются обычно вокруг тех мышц, которые в момент их сокращения производят сильное боковое давление на окружающий их соединительнотканый футляр. Давление вызывает внутреннее напряжение в фасции и в ответ на него в организме формируются коллагеновые и эластические волокна и перестраиваются клеточные элементы. Так, например, двуглавая мышца плеча при сокращении увеличивается в объеме. Это приводит к боковому давлению на фасцию — и последняя растягивается. В результате в тканях фасции возникает внутреннее напряжение. Если допустить, что двуглавая мышца плеча по своей форме приближается к цилиндру, то, согласно законам механики, силы внутреннего напряжения будут направлены взаимно пер-

пендикулярно в поперечном и продольном направлениях. При этом в поперечном направлении сила напряжения примерно в 2 раза больше. Поэтому мы находим в фасции грубые коллагеновые пучки, чаще всего поперечно направленные.

Показательна в этом отношении сравнительная характеристика фасции двуглавой мышцы плеча и подколенной фасции.

Фасция двуглавой мышцы плеча в средней трети состоит из трех слоев. Средний слой представлен хорошо выраженными коллагеновыми пучками второго порядка. Они чаще всего идут косо снизу вверх и латерально (одинаково на правом и левом плече). Пучки второго порядка плоские, достигают ширины в среднем 300—400 мк и слагаются из пучков первого порядка, ширина которых колеблется от 20 до 50 мк. Если пучки первого порядка отделены друг от друга клетками, то пучки второго порядка как бы «оплетены» тонкими коллагеновыми и эластическими волокнами. Волокнистый футляр пучков второго порядка тем больше, чем дальше друг от друга расположены пучки. С помощью этих «оплетающих» волокон пучки связаны друг с другом. Связь их осуществляется также и солитарными пучками, которые образуются за счет перехода некоторых волокон одного пучка в другой.

Коллагеновые пучки среднего основного слоя имеют хорошо выраженную волнообразную извитость. Длина волны 20—30 мк. По наружной поверхности основного слоя и с внутренней его стороны расположены продольные коллагеновые пучки (50—70 мк), которые расположены рыхло, легко смещаются относительно друг друга и не имеют такого строгого направления, как пучки среднего слоя.

Отдельные волокна поверхностного слоя проникают через щели между пучками среднего слоя до глубокого и теряются в нем. То же происходит и с пучками глубокого слоя фасции. В результате все три слоя оказываются связанными между собой, но эту связь легко разрушить и тогда можно отделить один слой от другого.

Фасция подколенной области построена примерно по такому же плану, но коллагеновые пучки ее развиты сильнее. Так, поперечные пучки имеют ширину от 500 до 1000 мк. Они отличаются не только шириной, но и толщиной, вследствие чего форма их поперечного сечения

округлая или квадратная. Щели между поперечными пучками подколенной фасции больше, солитарных пучков мало, зато хорошо развит рыхлый волокнистый слой, который окружает каждый пучок второго порядка. Коллагеновые волокна имеют четкую правильную извитость. Длина волны в пределах 20—30 мк. В более плотных пучках глубина волны несколько больше, а период не превышает 50 мк.

Более мощное развитие коллагеновых пучков основного слоя подколенной фасции обусловлено большим боковым давлением на фасцию сухожилий подколенной области при их напряжении.

Эластические волокна в плотных фасциях встречаются от самых мелких до волокон толщиной 3—4 мк, а иногда и 5 мк. Распределены они неравномерно. В более рыхлых слоях эластических волокон больше, они крупнее, а в плотных коллагеновых пучках их меньше и в большинстве своем они тонкие и распределены неравномерно. Одни пучки буквально «нафаршированы» эластическими волокнами, в других они единичны.

Клеточных элементов в плотных фасциях мало и они менее разнообразны, чем в рыхлых. Небольшое число жировых клеток встречается преимущественно между слоями фасции. Из клеток фибробластического ряда преобладают фиброциты с вытянутыми ядрами. Размеры ядер от 6 до 30 мк в длину и 2,5—4 мк в ширину. Ядра фиброцитов ориентированы вдоль коллагеновых волокон и нередко повторяют их изгибы.

В апоневрозах по качеству и направлению коллагеновых пучков с еще большей определенностью можно судить о направлении и величине формирующих их сил. Так, основные коллагеновые пучки подвздошно-большеберцового тракта ориентированы в соответствии с тягой *m. tensor fasciae latae* et *m. gluteus maximus*. Сила сокращения этих мышц преобладает над всеми другими, воздействующими на тракт. Поэтому продольные пучки намного толще и плотнее поперечных (превышают все другие в 2—3 раза и более). Основные пучки плотно прилегают друг к другу и связаны многочисленными солитарными пучками. Вспомогательные слои выражены слабо, так как действующая на апоневроз сила почти однородна по величине и направлению, вследствие чего все отделы апоневроза напрягаются равномерно в одно и то же время.

Это отложило отпечаток как на величину, так и на расположение эластических волокон. Основная масса эластических волокон концентрируется в рыхлых слоях апоневроза, в окружении плотных коллагеновых пучков. В этих участках эластических волокон так же много, как и в поверхностной фасции. Эластические волокна имеются и в плотных коллагеновых пучках. Однако количество и величина их зависят от плотности пучков. Чем плотнее пучок, тем меньше в нем эластических волокон, а имеющиеся слабо развиты. И все же во всех случаях эластические волокна присутствуют не только в пучках второго, но и первого порядка. При этом в отдельных крупных пучках эластических волокон много и они хорошо развиты.

Клеточные элементы в апоневрозах мало чем отличаются от таковых в плотных фасциях, если не считать истончения и удлинения ядра фиброцита по мере уплотнения пучков апоневроза.

Из описания волокнистых структур и клеточных элементов видно, что составные компоненты фасций представлены разнообразными формами. При этом форма и выраженность волокнистых структур фасций соответствуют механическим условиям, в которых им приходится функционировать. Все это свидетельствует о функциональной и морфологической общности самих фасций и об их единстве с другими формами соединительной ткани. Вместе с тем между ними существуют и конкретные различия, которые необходимо уточнить.

ПОВЕРХНОСТНАЯ ФАСЦИЯ И ПОДКОЖНЫЕ СОЕДИНИТЕЛЬНОТКАННЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Поверхностная фасция и подкожные соединительнотканые образования имеют вполне определенную организацию, обусловленную в каждом месте особенностями их функции. В одних областях тела поверхностная фасция, как и подкожные соединительнотканые тяжи, доступна для исследования невооруженным глазом, особенно при окраске ее пикрофуксином (передняя стенка живота; область плеча, бедра, груди и др.); в других местах для дифференцировки поверхностной фасции от собственной приходится привлекать на помощь микроскоп (задняя область локтя, лодыжки, область колена, подошва, ладонь и др.). Трудности в изучении поверхностной фасции

привели к тому, что мы до сих пор не имеем целостного представления о ней и о соединительнотканых подкожных образованиях. Отрывочные и противоречивые сведения в отдельных работах [91, 113, 116, 223, 268, 356, 395, 399, 414, 468, 474] не восполняют пробел, имеющийся в этой области.

Анализ гистотопографических препаратов позволяет и там определить поверхностную фасцию, где существуют очень сложные тканевые взаимоотношения. В некоторых областях тела она представлена одним листком, в других случаях удается констатировать два и даже три самостоятельных листка поверхностной фасции (передняя брюшная стенка, задняя поверхность плеча и др.). Выраженность фасции во многом связана со степенью развития подкожной жировой клетчатки. Так, по данным П. П. Потехина и И. Ф. Солошенко, количество листков поверхностной фасции находится в прямой пропорциональной зависимости от толщины подкожной жировой клетчатки. Больше того, толщина поверхностной фасции возрастает прямо пропорционально накоплению подкожной жировой прослойки. Если в эпигастральной области толщина фасции 200—250 мк при жировой прослойке в 7000—10 000 мк, то по мере увеличения жирового слоя до 11 000—15 000 мк фасция утолщается до 250—300 мк.

На эмбриологическом материале и трупах новорожденных было отмечено, что основная масса жировых клеток возникает в сетчатом слое кожи. Рост количества жировых клеток первоначально происходит локально. Поэтому возникающая жировая долька оказывается окруженной соединительной тканью. По мере роста и увеличения ее она растягивает окружающую соединительную ткань, на что последняя отвечает соответствующим разрастанием прежде всего волокнистых своих компонентов. Так, жировая долька оказывается в соединительнотканном футляре. В дальнейшем вновь образующиеся жировые дольки оттесняют первоначальные от кожи вглубь. Это приводит к тому, что, с одной стороны, отдельные жировые дольки и их соединительнотканый футляр навсегда утрачивают непосредственный контакт с кожей, с другой стороны, группа оттесненных жировых долек оказывается в равных условиях и одинаково производит давление на окружающую соединительную ткань, вследствие чего последняя на стороне, противоположной коже, срастается в один сплошной пласт.

Так как местами связь этого соединительнотканного пласта с кожей еще не утеряна, то всякая нагрузка на кожу извне воздействует на эти связующие соединительнотканые тяжи, напрягая их при смещении — движении кожи вследствие веса самой кожи.

Сформировавшийся таким образом соединительнотканый пласт—поверхностная фасция—внутренней своей стороной находится в контакте с тканями тела. Если их контакт не тесный, то между поверхностной фасцией и подлежащими тканями откладывается жировая клетчатка и развиваются слабые соединительнотканые тяжи, связующие их. В тех же случаях, когда в результате давления извне контакт усиливается, поверхностная фасция срастается с подлежащими тканями, иногда настолько интимно, что теряет свою самостоятельность (области подошвы, ладони, седалищного бугра, разгибательных поверхностей конечностей и пр.).

Предполагаемое нами образование поверхностной фасции подтверждается многочисленными фактами. По данным П. П. Потехина (табл. 1), большая часть подкожной жировой клетчатки ($\frac{2}{3}$) находится между кожей и поверхностной фасцией, оказывая формообразующее влияние на строение последней.

Таблица

Отношение толщины жирового слоя между кожей и поверхностной фасцией к общей толщине подкожной жировой клетчатки передней брюшной стенки

Возрастная группа	Средняя арифметическая величина	Среднее квадратическое отклонение	Средняя ошибка
Новорожденные	0,73	$\pm 0,2$	$\pm 0,027$
20—40, 60 лет старше	0,69	$\pm 0,18$	$\pm 0,018$

Наша гипотеза подтверждается и строением системы соединительнотканых тяжей в подкожной клетчатке. О том, что подкожная жировая клетчатка неоднородна и пронизана многочисленными тяжами, известно давно. В ранних работах [103, 197, 484, 485] и в исследованиях последнего времени [94, 119, 423] можно встретить указание на то, что подкожная жировая клетчатка поделена соединительноткаными тяжами на ячейки. Некоторые



Рис. 4. Схема строения подкожных соединительнотканых образований.

1 — кожа; 2 — тяжи первого порядка; 3 — тяжи второго порядка; 4 — тяжи третьего порядка; 5 — подкожный сосуд; 6 — поверхностная фасция; 7 — собственная фасция.

исследователи связывают появление соединительнотканых тяжей с механической нагрузкой на кожу.

При системном обследовании подкожной клетчатки разных участков тела мы убедились не только в том, что буквально во всех зонах можно найти соединительнотканые тяжи в подкожной клетчатке, но главным образом в том, что они полиморфны и в этой полиморфности имеется определенная закономерность.

Одни тяжи соединяют поверхностную фасцию с кожей. Они хорошо выражены и по структуре мало чем отличаются от поверхностной фасции. На границе собственно кожи эти тяжи становятся толще и составляющие их волокна вплетаются в волокнистые структуры кожи. Они утолщаются также в местах соединения их с поверхностной фасцией, в связи с чем происходит разрастание поверхностной фасции в месте сращения с ней тяжа. Такие тяжи мы назвали тяжами первого порядка.

Помимо крупных, хорошо выраженных, существуют мелкие тяжи, которые делят подкожную клетчатку на меньшие дольки (рис. 4). Они соединяют тяжи первого

порядка между собой, с кожей или с поверхностной фасцией. Их мы называли тяжами второго порядка. И, наконец, при тщательном препарировании подкожной клетчатки, подкрашенной пикрофуксином, можно видеть очень мелкие соединительнотканые тяжи, которые состоят из нежной сеточки коллагеновых волокон. Эти самые тонкие соединительнотканые тяжи оплетают корзиночкой жировые дольки подкожной клетчатки. Они расположены обычно между тяжами первого и второго порядка. Их мы называли тяжами третьего порядка.

Тяжи всех трех порядков прямолинейны только на срезе. На самом деле они имеют форму изогнутых пластинок, окутывающих жировые дольки сразу с нескольких сторон. Жировые дольки имеют шаровидную форму и тем более правильную, чем меньше долька. В соответствии с этим вся жировая клетчатка поделена на дольки первого, второго и третьего порядка.

Во всех случаях соединительнотканые тяжи подкожной клетчатки существенно отличаются от тех, которыми поверхностная фасция соединяется с собственной. Они не только толще и разнообразнее по своей организации, но в местах сращения главных тяжей первого порядка с поверхностной фасцией или кожей заметно утолщение тяжей и фасции, что менее заметно в местах сращения межфасциальных тяжей с той или иной фасцией.

Особенно сильно выражены подкожные соединительнотканые тяжи в местах повышенного давления на кожу (стопа, ладонь, седалищная часть ягодичной области, область плечевого пояса и т. д.). Все это указывает на большую механическую нагрузку на соединительнотканые тяжи подкожной клетчатки по сравнению с межфасциальными тяжами.

Благодаря такому устройству подкожных соединительнотканых образований осуществляется опорная функция кожи и подкожной клетчатки для всего организма. Хорошо развитые тяжи, растянутые жировой клетчаткой, создают упругую эластическую систему: кожа — подкожная клетчатка — поверхностная фасция, которая удачно сочетает в себе достаточную прочность и высокую эластичность.

Вся эта система мягкого остова в механическом отношении функционирует как единый комплекс, выполняя роль амортизатора во взаимоотношениях организма с внешней средой.

На нашем материале и в работах Г. Я. Фишера, Э. Э. Шеппа, И. Ф. Солошенко, П. П. Потехина отмечено, что обильное развитие подкожной жировой клетчатки приводит к утолщению коллагеновых пучков, составляющих поверхностную фасцию. Однако в целом поверхностная фасция оказывается ослабленной вследствие того, что жировая клетчатка разделяет не только слои фасции, но и волокна одного слоя друг от друга, раздвигает их. Ослабление фасции в целом происходит, по-видимому, от опережающего развития жировой клетчатки и соответствующей перестройки волокнистых элементов самой фасции. В случаях, когда развитие жировой клетчатки соответствует выраженности волокнистой ткани, даже при обильном жировом слое можно встретить толстую, прочную, войлочнообразную поверхностную фасцию.

Помимо этого, вся конструкция соединительнотканного подкожного комплекса видоизменяется в местах с малым давлением на подкожную клетчатку и в участках с большим давлением.

Там, где давление на кожу небольшое и где оно мало меняется, подкожная жировая клетчатка и поверхностная фасция обычно хорошо развиты. В этих местах умеренно развита подкожная жировая клетчатка и всегда хорошо — поверхностная фасция.

К фасциям, формирующимся под влиянием небольшого давления, относятся поверхностные фасции области плеча, предплечья, бедра, голени, груди, живота, а также области сгибов (подкрыльцовая, локтевая, паховая, подколенная).

В этих случаях поверхностная фасция состоит из коллагеновых волокон или тонких коллагеновых пучков. Коллагеновые волокна и пучки слегка извиваются. Рядом и попеременно с ними располагается большое количество эластических волокон. Они повторяют ход коллагеновых, но в результате того, что беспрерывно анастомозируют друг с другом, образуют причудливые сети, большей частью ромбической формы.

Поверхностная фасция, как правило, состоит из большого количества слоев. Каждый слой слагается из волокон одного и ему противоположного направления, поэтому волокна перекрещиваются между собой. На протяжении слои «срастаются» или «делятся» и количество их у разных фасций и даже у одной фасции на разных участках неодинаково, оно колеблется от 2 до 30.

Какую бы форму поверхностная фасция ни имела, во всех случаях она более прочно связана соединительно-тканными тяжами первого порядка с кожей, чем с собственной фасцией. При этом направление указанных тяжей соответствует направлению силы, действующей на кожу, или тяжести самой кожи. Связь поверхностной фасции с собственной менее выражена, зато увеличивается количество связывающих звеньев; отдельные коллагеновые пучки и волокна идут косо и допускают значительные смещения относительно друг друга, а в целом обеспечивают прочное удержание поверхностной фасции вблизи собственной. Несмотря на это во всех случаях между поверхностной и собственной фасциями имеется более или менее выраженный слой жировой клетчатки.

По функциональному состоянию и структурным особенностям близко к указанным участкам находятся области сгибов—подколенного, локтевого, подкрыльцового, пахового, в которых давление на кожу и подкожную клетчатку также незначительно, но отличается большими колебаниями в связи с подвижностью в суставах. При этом чем больше диапазон и скорость движения, тем больше колебания давления. По мере изменения этих показателей меняется степень развития подкожной жировой клетчатки, подкожных соединительнотканых тяжей, поверхностной фасции и ее отношения к собственной.

Все это приводит к удлинению соединительнотканых тяжей, допускающих более свободное смещение кожи относительно поверхностной фасции. Последняя же обычно сохраняет свою самостоятельность, хотя более интимно срастается с собственной фасцией. В некоторых случаях поверхностную фасцию трудно выделить в виде самостоятельного листка. Имеется также тенденция к уменьшению развития подкожного жирового слоя.

Удлинение соединительнотканых тяжей, идущих от поверхностей фасции к коже, расслоение самой поверхностной фасции на листки, смещение их относительно друг друга при движении кожи и поэтажное наложение их друг на друга привели к тому, что Last (1956), а потом Lang (1962) стали рассматривать поверхностную фасцию и фасцию вообще как скользящие оболочки и скользящие структуры.

Ко второй группе относим поверхностную фасцию области повышенного давления: подошвы, ладони, большей

части плечевого пояса (область лопатки, дельтовидная область), седалищной части ягодичной области, а также костных выступов вблизи суставов (локтевого, плечевого, луче-запястного, коленного, голеностопного и т. д.).

В области повышенного давления на кожу наблюдается разрастание подкожных соединительнотканых тяжей, особенно тяжей первого порядка. Самого большого развития они достигают на ладони и подошве, где наблюдается максимальное давление извне (рис. 5). Эти тяжи прочно удерживают кожу и не дают ей смещаться даже при сильном постороннем воздействии.

В местах небольшого давления с функцией удержания кожи справлялась одна поверхностная фасция. Для этого было достаточно рыхлого прикрепления ее к собственной фасции. В связи с повышением нагрузки на поверхностную фасцию тяжи, связывающие ее с собственной фасцией, тоже стали испытывать большую нагрузку. Постепенно они все больше разрастались и, наконец, обе фасции настолько интимно срослись, что границы между ними найти не удается даже с применением гистологических методов. Поверхностная фасция фактически перестает существовать как самостоятельное образование, превращаясь в поверхностный слой того образования, с которым она срастается. Такое строение мы находим в седалищной части ягодичной области, над большинством костных выступов, где действует большое давление, на ладонной поверхности кисти, на подошве стопы. Различные преобразования на этих участках претерпевает подкожная жировая клетчатка. В местах, где давление большое и более постоянное (подошва, ладонь, область седалищного бугра), подкожная клетчатка хорошо развита. Она сильно растягивает соединительнотканые тяжи, что способствует натяжению кожи. Все это приводит к тому, что кожа, подкожная клетчатка и соединительнотканые тяжи формируют более упругую конструкцию, которая способна выдерживать большую нагрузку и в то же время эластична настолько, что уменьшает внешние толчки и сотрясения. Безусловно, всякое давление на такую конструкцию приводит к еще большему растяжению соединительнотканых образований подкожной клетчатки.

В тех местах, где большое давление сочетается со значительным движением, подкожная клетчатка более волокниста. Жировая ткань в таких местах почти не разви-

вается. Соединительнотканые тяжи, связывающие кожу с прилежащими опорными тканями, многочисленны и длинны настолько, что не препятствуют движению кожи в естественных пределах. Это приводит к тому, что соединительнотканые тяжи накладываются друг на друга и частично срастаются между собой. Подкожная клетчатка в подобных местах имеет губчатую структуру. Если опора костная или грубоволокнистая (сухожилие, связка), то между соединительноткаными тяжами и малоподатливой опорой формируется слизистая сумка.

Из всего сказанного видно, что поверхностная фасция формируется под действием влияний, исходящих со стороны кожи и подкожной жировой клетчатки, а поэтому она существует всюду, где имеется кожный покров. Однако структура ее, как и соединительнотканых подкожных тяжей, во многом зависит от ряда причин, не всегда исходящих от кожи. Подтверждением может служить то, что самый глубокий слой поверхностной фасции существенно отличается от устройства других слоев и организован по общему плану с поверхностным слоем собственной фасции.

Общие законы структурной организации поверхностной фасции вполне применимы и для собственной фасции.

СОБСТВЕННАЯ ФАСЦИЯ

В международной анатомической номенклатуре, принятой в Париже в 1955 г. и одобренной правлением Всесоюзного научного общества анатомов, гистологов и эмбриологов нашей страны в 1956 г., имеется термин «fascia». Им пользуются для обозначения как фасции вообще, так и строго определенной фасции. В этих случаях к слову «fascia» добавляют другое, обозначающее принадлежность последней, например: fascia thoracolumbalis, fascia transversalis, fascia parotidea, fascia cremasterica, fascia scuris, fascia praepenealis и т. д. Приведенные примеры говорят об отсутствии единого принципа в обозначении фасции тела. Попытка конкретизировать данный термин привела в нашей стране к появлению множества разных терминов, среди которых наиболее укоренился термин «собственная фасция». Под собственной фасцией обычно понимают фасцию, одевающую часть тела.

Сейчас никто не сомневается в том, что фасции разных участков и тем более органов различны [123, 124, 125, 288, 358, 428], хотя редко можно встретить указания на конкретные отличия фасций разных отделов тела или органов.

Попытка различать отдельные виды фасций мы встречаем у С. П. Коломнина (1881). По его мнению, фасции длинных мышц, расположенные на конечностях, отличаются плотностью. Фасции коротких мышц слабо развиты, а иногда не являются для них полным футляром. Примерно эту же мысль развивает А. В. Старков. Он видит различия только между фасциями длинных и широких мышц. Фасции широких мышц, пишет А. В. Старков, гораздо тоньше, менее плотны, беловатого цвета по сравнению с более плотными серебристого цвета апоневрозами длинных мышц. При этом у длинных мышц между апоневрозом и мышечным перимизием заложен значительный слой рыхлой клетчатки, позволяющий производить обширные движения. Апоневрозы широких мышц сливаются с перимизием.

По мнению Obersteg (1948), собственная фасция состоит из «скользящих» структур, которые изменяют свое положение при сокращении мышц. Он дает подробные расчеты направления коллагеновых пучков фасции икроножных мышц и изменения их положения при сокращении последних.

Попытка разобраться в строении фасции применительно к конкретным условиям не получила развития. В большинстве последующих работ фасции рассматриваются чаще всего применительно к той или иной области или части тела [436]. В связи с этим под общей фасцией все больше стали понимать фасцию, одевающую комплекс органов данной области или конечности. Отсюда появился определенный стиль в описании. Нередко можно встретить такие выражения: «Фасция покрывает мышцу... потом переходит на соседнюю... и уходит в глубину, раздваиваясь и окружая сосудистый пучок» и т. д. Создается впечатление самостоятельности, независимости фасции, более того, некоторой целесообразности в поведении фасции. Тем самым происходит отрыв фасции от конкретных условий ее формирования.

На основании изучения структуры фасций мы убедились в том, что собственная фасция какой-нибудь области или части тела имеет специфические особенности, по

которым почти всегда можно определить ее принадлежность. Эти особенности определяют непосредственное отношение фасции к какому-нибудь органу или к группе органов.

Второй особенностью собственной фасции является то, что на границе антагонистических групп мышц она обязательно срастается с костью или другими пограничными тканями и там прекращается ее существование. Над антагонистической группой мышц имеется уже иная собственная фасция, совсем не похожая на предыдущую, и она также на границах расположения данной группы мышц срастается с костью или с другой, более твердой тканью. В местах соприкосновения фасций антагонистических групп образуются межмышечные перегородки, а благодаря сращению их между собой они приобретают вид целостного фасциального листка. В действительности же они различны по всей структуре.

При анализе структуры фасции различных участков тела обращает на себя внимание тот факт, что из общего влияния всех мышц-синергистов на формирование фасции поверхностно расположенные мышцы в большей степени оказывают воздействие на фасцию. Вследствие этого структура фасции в значительной степени отражает специфику формирующего влияния поверхностно расположенных мышц. Однако степень развития фасции всегда зависит от силы всей группы мышц-синергистов. Чтобы разобраться в этом сложном вопросе, следует подробно рассмотреть структуру большинства фасций и специфику влияния на них мышц.

Изучение структуры фасций в области плеча, предплечья, бедра, голени, а также фасций, покрывающих отдельные изолированные мышцы, подтвердило общее представление о структуре каждой фасции и позволило выявить определенные различия и закономерности в их организации, на основании которых мы выделяем: фасцию в области широких мышц с веерным или параллельным расположением мышечных пучков; фасцию в области узких и длинных мышц с параллельным расположением мышечных пучков; фасцию в области сложных мышц как переходную между первыми двумя; фасцию в области сгибов и апоневрозы.

Анализ структуры фасции в области широких мышц с веерным или параллельным рас-

положением мышечных пучков лучше провести на примере большой грудной, дельтовидной, большой ягодичной и наружной косой мышц живота.

Данные мышцы имеют сходное строение. Крупные мышечные пучки могут развивать значительную силу, разную по величине. Они расположены поверхностно и непосредственно участвуют в формировании фасции. Примечательна в этом отношении прежде всего большая грудная мышца. Благодаря своему поверхностному расположению она без существенных помех со стороны соседних органов участвует в формировании фасции. Фасция в области большой грудной мышцы представляет собой плотный, довольно прочный фасциальный листок, состоящий из большого числа слоев коллагеновых и эластических волокон. В каждом слое коллагеновые волокна идут как в продольном, так и в поперечном направлении. В большинстве своем коллагеновые волокна группируются в пучки первого порядка, ширина которых колеблется в пределах 25—50 мк. В средних слоях латерального отдела фасции можно встретить пучки второго порядка, достигающие ширины 100—150 мк. Количество слоев фасции, их выраженность и взаимоотношение волокон в слоях значительно варьируют и над разными участками мышцы неодинаковы.

Над медиальной частью мышцы, т. е. там, где ее мышечные пучки тонки, территориально разбросаны, разделены хорошо выраженными межпучковыми перегородками и направлены под большим углом друг к другу, фасция более рыхлая и по своему строению мало чем отличается от поверхностной фасции. В этом отделе она состоит из 4—6 слоев. Каждый слой отделен от соседнего слоем жировых клеток. Однако слои связаны между собой коллагеновыми и эластическими волокнами, переходящими из слоя в слой в составе соединительнотканых тяжей. Местами два соседних слоя сливаются между собой в один или один слой распадается на два.

В каждом слое можно видеть как продольные, так и поперечные коллагеновые волокна. Обращает на себя внимание то, что коллагеновые волокна и пучки одного слоя имеют примерно одинаковый размер, независимо от их направления. Зато размеры коллагеновых волокон поверхностных, средних и глубоких слоев заметно отличаются друг от друга. Изменяется их взаимоотношение в слоях. Так, в самых поверхностных

слоях коллагеновые волокна и пучки несколько тоньше и имеют самое разное направление. Благодаря этому они переплетены и образуют «войлок», подобный тому, какой часто встречается в верхних слоях поверхностной фасции. В средних слоях коллагеновые пучки несколько шире и имеют более строгое направление. Коллагеновые волокна самых глубоких слоев по размеру такие же, как и волокна поверхностных слоев, но расположены они более ориентированно и не образуют такой войлочной сети. Их ширина равна 20—30 мк.

В среднем отделе мышцы, ближе к сухожилию, где давление ее на фасцию возрастает и делается неравномерным, изменяется и структура фасции. Общая толщина ее немного меньше, зато она становится плотнее, компактнее. Жировые прослойки встречаются только на периферии фасции со стороны подкожной клетчатки и со стороны мышцы. Как и в предыдущем отделе, в этом месте фасция состоит из слоев, в которых коллагеновые пучки взаимно перекрещены. Однако количество слоев здесь меньше, а коллагеновые пучки в 2—3 раза толще и более четко ориентированы. Заметно выделяются пучки, направленные поперечно к мышечным волокнам. Они составляют основной слой фасции. Коллагеновые пучки в этом слое достигают ширины 50—75 мк.

В латеральном отделе более крупные пучки мышц плотнее прилежат друг к другу и переходят в сухожилие. В этом участке при сокращении мышца отходит от грудной клетки. Все это создает условия неравномерного давления на фасцию. Действие мышцы на фасцию в поперечном направлении выражено сильнее. В результате в самой фасции большое развитие получают поперечные коллагеновые пучки. Они составляют основной слой фасции, делают ее плотной, компактной. Все другие слои являются вспомогательными. Ширина коллагеновых пучков основного слоя достигает 100—125 мк, а толщина их превышает 50 мк. В большинстве своем это пучки второго порядка. В области наружной косой мышцы живота, дельтовидной и большой ягодичной мышц фасции построены примерно по этому же принципу, но имеют ряд особенностей. Если фасция наружной косой мышцы живота по своему строению ближе к фасции над медиальным отделом большой грудной мышцы, то фасция дельтовидной и большой ягодичной мышц ближе по конструкции к фасции ее латерального отдела.

Дельтовидная мышца так же, как и большая грудная, состоит из отдельных мышечных пучков, которые сходятся к месту прикрепления под углом друг к другу. Однако угол конвергенции пучков у этой мышцы меньше, чем в пучках большой грудной. Дельтовидная мышца при сокращении отходит от плечевой кости в большей степени, чем большая грудная. Кроме того, вблизи мышцы имеются места сращения фасции с костями, удерживающие фасцию. Действие мышцы на фасцию в этих условиях оказывается более эффективным. Благодаря всем этим особенностям фасция над дельтовидной мышцей выражена лучше, чем в области большой грудной мышцы. Она более плотная и состоит из широких и толстых коллагеновых пучков шириной до 150—200 мк.

В фасции дельтовидной мышцы можно выделить три слоя. Один поверхностный, состоящий из тонких коллагеновых волокон, войлочно переплетающихся между собой. Он ничем существенно не отличается от поверхностных слоев собственной фасции большой грудной мышцы. Почти всегда волокна и пучки поверхностного слоя переходят в средний слой, а некоторые из них через щели между пучками среднего слоя — в глубокий слой. Благодаря этому поверхностный слой оказывается плотно сращенным со средним слоем.

За поверхностным слоем всегда идет слой взаимно перекрещивающихся коллагеновых пучков. Мы считаем этот слой основным. В нем одни наиболее глубокие крупные пучки идут под прямым или близким к нему углом по отношению к направлению мышечных пучков. Поверхностные менее крупные пучки данного слоя пересекают первые под углом, близким к прямому. Обычно они лежат в разных плоскостях, но иногда можно видеть их переплетение. В глубине фасции выявляется такой же рыхлый слой коллагеновых волокон и пучков, как и поверхностный, только его волокна менее переплетены между собой.

Фасция в области большой ягодичной мышцы еще более развита. Коллагеновые пучки ее основного слоя также взаимно перекрещиваются и отличаются большими размерами, особенно те, которые пересекают мышечные волокна под прямым углом. Отмечается свободное смещение коллагеновых пучков относительно друг друга, что мы связываем со значительным увеличением объема мышцы при ее сокращении.

В зависимости от особенностей функции фасции или ее слоев отмечают различное количество и выраженность эластических волокон. В медиальном отделе большой грудной мышцы, где нагрузка на фасцию небольшая и она меняется в значительных пределах, фасция по своему строению мало чем отличается от поверхностной. В этих случаях очень много эластических волокон и они распределены равномерно во всех слоях фасции попеременно с коллагеновыми. В латеральном отделе, где начинают преобладать пучки среднего слоя, количество эластических волокон уменьшается и они становятся тоньше, слабее. В наружных рыхлых слоях, подобно фасции медиального отдела данной мышцы, их много и они крупнее. Во всех случаях в фасции большой грудной мышцы эластических волокон несколько меньше, чем в поверхностной фасции этих же участков. Еще меньше их в фасциях дельтовидной и большой ягодичной мышц.

Собственная фасция в большинстве своем отделена от мышцы еще одним, очень тонким, нежным листком соединительной ткани, который представлен рыхлым волокнистым слоем и служит перимизием. Этот слой в области широких мышц отделен от собственной фасции не на всем протяжении. Нередко он срастается с ней настолько, что в виде самостоятельного листка его выделить не удастся (рис. 6). В области дельтовидной мышцы перимизий чаще сращен с фасцией, а над большой ягодичной мышцей он уже является непосредственным слоем собственной фасции, интимно с ней связанным.

Там, где перимизий отделен от собственной фасции слоем жировой клетчатки, можно видеть, что именно от него отходят соединительнотканые тяжи первого и второго порядка к мышце, окутывая соответствующие ее пучки. Но в большинстве своем перимизий в области соединительнотканых тяжей срастается с собственной фасцией, и тогда в этих местах образуется заметное утолщение последней. Кроме того, некоторые коллагеновые и эластические волокна непосредственно из собственной фасции переходят в эти соединительнотканые тяжи и создают впечатление, что последние есть производное собственной фасции, тогда как на самом деле они производные перимизия.

Фасции в области длинных и узких мышц с параллельным расположением мышечных пучков имеют иное строение. Последнее обусловлено



Рис. 6. Пироговский срез области большой грудной мышцы. Видны места сращения перимизия с собственной фасцией (2) и эндомизием; 1 — подкожная клетчатка; 3 — мышца.

прежде всего тем, что узкое длинное брюшко при сокращении неравномерно увеличивается в объеме и, действуя на несколько суставов, отходит от них на значительное расстояние. Чтобы установить сходство и различия в строении фасций над подобными мышцами, разберем несколько примеров. Формирование фасции передней поверхности плеча происходит под влиянием всех мышц, здесь расположенных, но главные особенности структуры фасции связаны с действием двуглавой мышцы, непосредственно к ней прилегающей.

Несмотря на сложность строения, двуглавая мышца плеча по суммарным признакам и своему действию на фасцию ближе подходит к разряду мышцы с длинным и узким брюшком.

На примере структуры фасции в области двуглавой мышцы плеча мы убеждаемся в том, что степень выраженности фасции, ее волокнистых структур зависит от силы бокового давления на фасцию как этой, так и всех других мышц-синергистов, причем расположение и направление коллагеновых и эластических волокон в фас-

ции определяются направлением сил внутреннего напряжения, возникающих в фасции под действием этого давления.

Фасция плеча в области двуглавой мышцы всегда хорошо развита. Она состоит из двух или трех слоев коллагеновых и эластических волокон. Среди них более четко выделяется средний основной слой, он намного толще остальных. Поверх него и глубже расположены слабо развитые слои продольных коллагеновых волокон. Эластические волокна, как и в других местах, сопровождают коллагеновые.

Коллагеновые пучки основного слоя имеют ширину от 100 до 1000 мк, идут обычно косо и всегда снизу вверх и внутри и снаружи одинаково на правой и левой конечностях. При этом в верхней трети и особенно вблизи подкрыльцовой ямки коллагеновые пучки идут почти поперечно к оси конечности или под очень малым углом к поперечному направлению. В средней трети они пересекают ось конечности под острым углом, и чем ближе к локтевому сгибу, тем коллагеновые пучки приобретают все более косое расположение.

Всегда одинаковую и строгую ориентировку коллагеновых пучков основного слоя мы связываем не только с формой мышцы и направлением сил ее давления на фасцию, но и с точками фиксации соединительной ткани на кости. В результате конструкции кости (медиальный мышцелок и его гребень находятся ниже латерального) и расположения мышечных групп костное крепление фасции плеча с наружной стороны начинается выше и заканчивается раньше, чем с медиальной. На формирование косо расположенных в нижней трети коллагеновых пучков, видимо, оказывает влияние смещение двуглавой мышцы снизу вверх при ее сокращении.

Таким образом, формирование среднего слоя фасции зависит не только от действия сгибателей, от места нахождения их фиксированного и подвижного прикрепления, но и от формы и положения плечевой кости, а также от уровня расположения прикрепления фасции на кости.

Выраженность пучков среднего слоя у разных субъектов и даже на протяжении одной фасции неодинакова. В верхней трети фасции, как правило, коллагеновые пучки лежат близко друг к другу. Они связаны между собой солитарными пучками так интимно, что их не только

трудно разделить, но почти не удается установить границу пучка. В этой части фасция представляет собой сплошной листок из переплетенных между собой волокон.

По мере приближения к середине и особенно к локтевому сгибу коллагеновые пучки все больше оформляются в виде самостоятельных, более изолированных образований. Однако связь между ними посредством переходящих из пучка в пучок волокон сохраняется, хотя и становится менее выраженной. Между пучками появляются щели, овальной формы отверстия. Размеры щелей и отверстий по мере приближения к локтевому сгибу увеличиваются и превосходят размер пучков иногда в 2—6 раз.

Поверхностный слой фасции в отличие от глубокого представлен всегда более или менее хорошо развитыми продольно расположенными коллагеновыми волокнами. Иногда волокна этого слоя идут косо. Во всех случаях в верхней части этот слой выражен лучше, а по мере приближения к середине и к локтевому сгибу он превращается в отдельные, разрозненные или групповые тонкие коллагеновые волокна. Зато в нижней трети более выраженным оказывается самый глубокий слой.

Почти всегда косые коллагеновые пучки среднего слоя в нижней половине фасции как бы вплетены в продольные слои вследствие того, что волокна поверхностного слоя проходят через щели между пучками в глубокий слой и обратно, образуя единую систему.

Изменения в строении поверхностного слоя связаны с силами растяжения, действующими на собственную фасцию при разгибании плеча и предплечья. Если в верхней половине плеча эти силы оказывают влияние больше на поверхностный продольный слой, то в нижней половине— не только на этот слой, но и на косо идущие пучки среднего слоя. Возможно, некоторое перераспределение волокон поверхностного слоя в глубокий связано с иными условиями функционирования фасции в этом отделе.

Однако силы растяжения фасции во время движения конечности нельзя считать единственной причиной образования поверхностного слоя, о чем свидетельствуют встречающиеся варианты конструкции фасции. Так, если средний слой представлен не отдельными легко смещаемыми относительно друг друга пучками, а сплошным слоем тесно переплетающихся волокон, то поверхностный

слой слабо выражен не только в нижней, но и в верхней половине, отдельные продольные коллагеновые волокна не составляют сплошного слоя.

Если же средний слой развит относительно слабо и слагается из нешироких, тонких пучков, то поверхностный слой фасции достигает своего максимального развития на протяжении всей фасции. Волокна его не только образуют сплошной выраженный слой, но формируются в пучки, и тогда он не уступает по выраженности среднему слою.

В первом случае пучки среднего слоя в состоянии противостоят силе бокового давления мышцы и при этом мало смещаются относительно друг друга; укрепляющая роль поверхностного слоя ничтожна. Во втором случае средний слой состоит из свободно перемещаемых, слабых пучков, сильно изменяющих свое положение во время давления на них мышцы, поверхностный слой достигает самого большого развития и становится таким же выраженным, как и средний.

Все эти примеры показывают, что в формировании поверхностного слоя фасции принимают участие многие факторы, но основной формирующей силой является все же сила, действующая со стороны мышцы и среднего слоя фасции.

Глубокий слой имеется почти всегда, но он слабо выражен, особенно в верхней трети и представлен тонкими коллагеновыми волокнами и большим количеством жировых клеток. Коллагеновые волокна этого слоя в верхней трети плеча расположены не только рыхло, но и без заметной системы. В средней и особенно в нижней трети глубокий слой фасции становится более выраженным, в нем увеличивается количество волокон, они становятся толще и имеют более ориентированное направление (чаще под прямым углом к пучкам среднего слоя).

Фасция в области портняжной и нежной мышц бедра построена так же, как и в области двуглавой мышцы плеча, но развита лучше и более разнообразна по своему устройству. Усиление фасции в области портняжной и нежной мышц мы объясняем общим, суммарным действием мышц бедра на собственную фасцию. Что же касается усложнения ее строения, то вполне можно объяснить его влиянием соседних мышц, а также силой тяги мышц передней брюшной стенки, передающейся через паховую связку.

Фасция в области передней большеберцовой мышцы и мышц передней группы голени имеет сложное строение. В верхней и нижней трети она выражена лучше, чем в средней. Интересно и необычно то, что поверхностный слой фасции в верхней ее трети развит лучше, чем средний. Он состоит из широких коллагеновых пучков (от 200 до 500 мк), лежащих плотно друг к другу и направленных преимущественно снизу вверх и латерально. При этом они часто накладываются друг на друга, а так как некоторые из них немного отклоняются от основного направления, то можно видеть черепицеобразные наложения и перекресты. Они прочно «цементированы» множеством тонких коллагеновых волокон, переходящих из пучка в пучок. На поверхности фасции эти волокна густо переплетаются между собой и от этого прочность и плотность поверхностного слоя еще больше возрастают. До сих пор мы нигде не встречали такого сильного развития поверхностного слоя. Дело в том, что коллагеновые пучки подвздошно-большеберцового тракта и сухожилия двуглавой мышцы бедра распространяются до передней группы мышц голени и вплетаются в собственную фасцию. По-видимому, сильное развитие поверхностного слоя фасции обусловлено влиянием тяги этих образований.

Следующий слой фасции на этом уровне состоит также из грубых широких (100—300 мк) коллагеновых пучков. Чаще всего пучки ориентированы поперечно по отношению к продольной оси голени, но встречаются и косо расположенные, тогда они направлены снизу вверх и медиально. Еще глубже залегает слой продольных типично сухожильных пучков, отличающихся небольшой шириной и значительной толщиной. Пучки эти идут строго сверху вниз, истончаясь в дистальном направлении. Они составляют сухожилие мышцы и к фасции прямого отношения не имеют — их разделяет слой рыхлой клетчатки.

В средней трети структура фасции голени в области большеберцовой мышцы несколько меняется. Поверхностный слой, так хорошо развитый в верхней трети, теряет свою выраженность на этом уровне и превращается в более рыхлый, волокнистый. Основной слой по-прежнему хорошо развит и слагается из широких (до 500 мк), но тонких коллагеновых пучков, которые идут преимущественно снизу вверх и медиально. Встречаются пучки и

другого направления, в результате чего можно наблюдать их перекрещивание. В глубине лежит слой продольных волокон и пучков.

В нижней трети структура фасции иная. Во всех случаях мы наблюдали преимущественное развитие поперечных коллагеновых пучков, а в области удерживающих связок они формируются в мощные компактные слои поперечных пучков сухожильного характера.

Из приведенного описания видно, что фасция голени в области передней большеберцовой мышцы, казалось бы, неадекватно сильно и сложно развита. Здесь так же, как и в области других ранее описанных длинных мышц с параллельным расположением мышечных пучков, мы находим основной слой поперечных пучков или косых коллагеновых пучков и один или два вспомогательных слоя.

Неадекватное развитие слоев и всей фасции в целом мы связываем, во-первых, с тем, что мышца с трех сторон заключена в костно-перепончатое ложе. Поэтому при сокращении она имеет возможность увеличиваться только в сторону фасции, на которую и приходится давление мышцы. Во-вторых, фасция по бокам и вверху прочно фиксируется с помощью межмышечных перегородок и непосредственного сращения с костями. Тем самым исключаются «гасящие» моменты, как это имеет место в области большой грудной или других мышц, с увеличением объема которых происходит смещение фасции за счет натяжения ее с соседних участков. И, в-третьих, немалое значение имеет действие тяги двуглавой мышцы бедра и подвздошно-большеберцового тракта, сухожильные волокна которых вплетаются в поверхностный слой фасции.

Следовательно, на примере фасций длинных и узких мышц мы еще раз убеждаемся не только в определяющем влиянии мышц на формирование фасции, но и в роли других, дополнительных факторов, которые здесь более четко проявляются.

Обращает на себя внимание более сильное развитие фасций нижней конечности по сравнению с аналогичными фасциями верхней конечности.

Наравне с мышцами, у которых ясно выражено примерно одинаковое направление пучков, существует немало таких мышц, пучки которых не на всей территории имеют одинаковый угол наклона. Встречаются мышцы,

у которых одна часть пучков расположена прямо и параллельно друг другу, а вторая — под углом. Иногда они объединяются в самостоятельные головки, как в трехглавой мышце плеча, трехглавой мышце голени и др.

Вокруг каждой мышцы и даже каждой ее головки формируется фасция, но в отдельных местах несколько самостоятельных мышц так плотно прилежат друг к другу, что их суммарное влияние на собственную фасцию является неизбежным и определяющим фактором в формировании структуры данной фасции, особенно если все эти мышцы выполняют сходную функцию и сокращаются почти одновременно, как на предплечье.

Если классифицировать мышцы по характеру их воздействия на фасции, то в организме находятся немало таких, которые будут приближаться к широким мышцам с веерным расположением мышечных пучков и одновременно могут действовать подобно узким мышцам с параллельным расположением мышечных пучков. Структура фасции этих мышц отражает особенности фасций широких и узких мышц и в этом смысле является «переходной формой». В одних случаях могут преобладать черты, свойственные фасциям широких мышц, и тогда основной слой будет состоять из пучков двух направлений примерно одинакового развития, а в других случаях основной слой фасции будет слагаться из пучков одного направления, как, например, в фасциях длинных мышц с параллельным расположением пучков. Все другие слои будут вспомогательными.

Чаще всего фасции сложных мышц имеют основной слой из пучков двух направлений, но пучки одного из них получают лучшее развитие. Эту особенность в какой-то степени можно считать характерной для переходной формы фасции (рис. 7, 8 и 9).

Когда мы говорим о мышцах с их сложным воздействием на фасцию, то имеем в виду не только многокомпонентность мышц, но и объединенное воздействие на фасцию нескольких простых мышц с четким и однообразным расположением пучков. В характере воздействия на фасцию они иногда выступают как единый сложный комплекс. Поэтому мы рассматриваем их не отдельно, а в совокупности и причисляем к сложным мышцам.

К таким сложным мышцам мы относим поверхностно расположенные мышцы передней, наружной и задней

Рис. 7. Переходная форма собственной фасции верхней трети правого предплечья над плечевой мышцей.



Рис. 8. Собственная фасция над длинными мышцами с параллельным расположением пучков.
1 — средний слой косых коллагеновых пучков;
2 — глубокий слой продольных коллагеновых волокон; 3 — поверхностный волокнистый слой.



Рис. 9. Собственная фасция над широкими мышцами с веерным расположением пучков.

мышечных групп предплечья, трехглавую мышцу плеча, заднюю группу мышц бедра, четырехглавую мышцу бедра, трехглавую мышцу голени.

Структура фасции каждого сгиба имеет как свои специфические особенности, так и общие черты, характерные для фасций других сгибательных поверхностей суставов.

Для подколенной фасции характерно прежде всего чрезвычайно сильное развитие коллагеновых пучков среднего слоя. Обращает на себя внимание то, что пучки среднего слоя более постоянны в своем расположении и степени выраженности, чем пучки поверхностного и глубокого слоев. Они достигают больших размеров, имеют овальную или продолговатую форму и напоминают сухожильные пучки (рис. 10). Второй важной особенностью является большая подвижность слоев фасции и их элементов относительно друг друга, о чем свиде-

тельствует редкое расположение пучков и наличие больших щелей между ними. Третьим отличительным моментом является хорошее развитие волокон, оплетающих коллагеновые пучки, что укрепляет подколенную фасцию, сохраняя подвижность ее элементов. Наконец, для подколенной фасции характерно большое разнообразие в структуре и расположении слоев.

Все это свидетельствует, с одной стороны, о многообразии формирующих сил в подколенной области, а с другой — о значительной их величине, обеспечивающей развитие толстых, мощных коллагеновых пучков.

Фасция локтевого сгиба также имеет как общие, так и присущие только ей черты. Здесь, как и в фасции подколенной области, значительного развития достигает средний слой косых коллагеновых пучков. Только эти пучки намного тоньше и уже. Зато их местоположение и направление более постоянны. Вся фасция гораздо тоньше, но особенно слабо развиты поверхностный и глубокий продольные слои. Они состоят из тонких, нежных волокон. Коллагеновые пучки основного слоя фасции оказываются заплетенными тонкими волокнами. Фасция локтевого сгиба отличается от подколенной большей рыхлостью, разрозненностью пучков и простотой организации. Это свидетельствует о действии более однородных небольших сил, а также о влиянии обширных смещений фасции.

Подкрыльцовая фасция всегда рыхлая. Она во многом отличается от подколенной и локтевой. Характерным для нее является слабое развитие, войлочнообразное переплетение структур, наличие большого количества жировых скоплений, что свидетельствует о малых силах, под действием которых формируется фасция данной области. Вместе с тем частые движения привели к более свободному расположению ее структур по сравнению с поверхностной фасцией, которая также имеет войлочнообразное переплетение волокон.

Фасция пахового сгиба сочетает в себе прочность и эластичность. Коллагеновые волокна и пучки этой фасции тонкие, нежные, даже если они широкие, переплетающиеся между собой. Это свидетельствует, с одной стороны, о небольших силах давления на фасцию, а с другой — о малом диапазоне движения. Только благодаря такому сочетанию действующих факторов тонкие коллагеновые структуры оказываются связанными

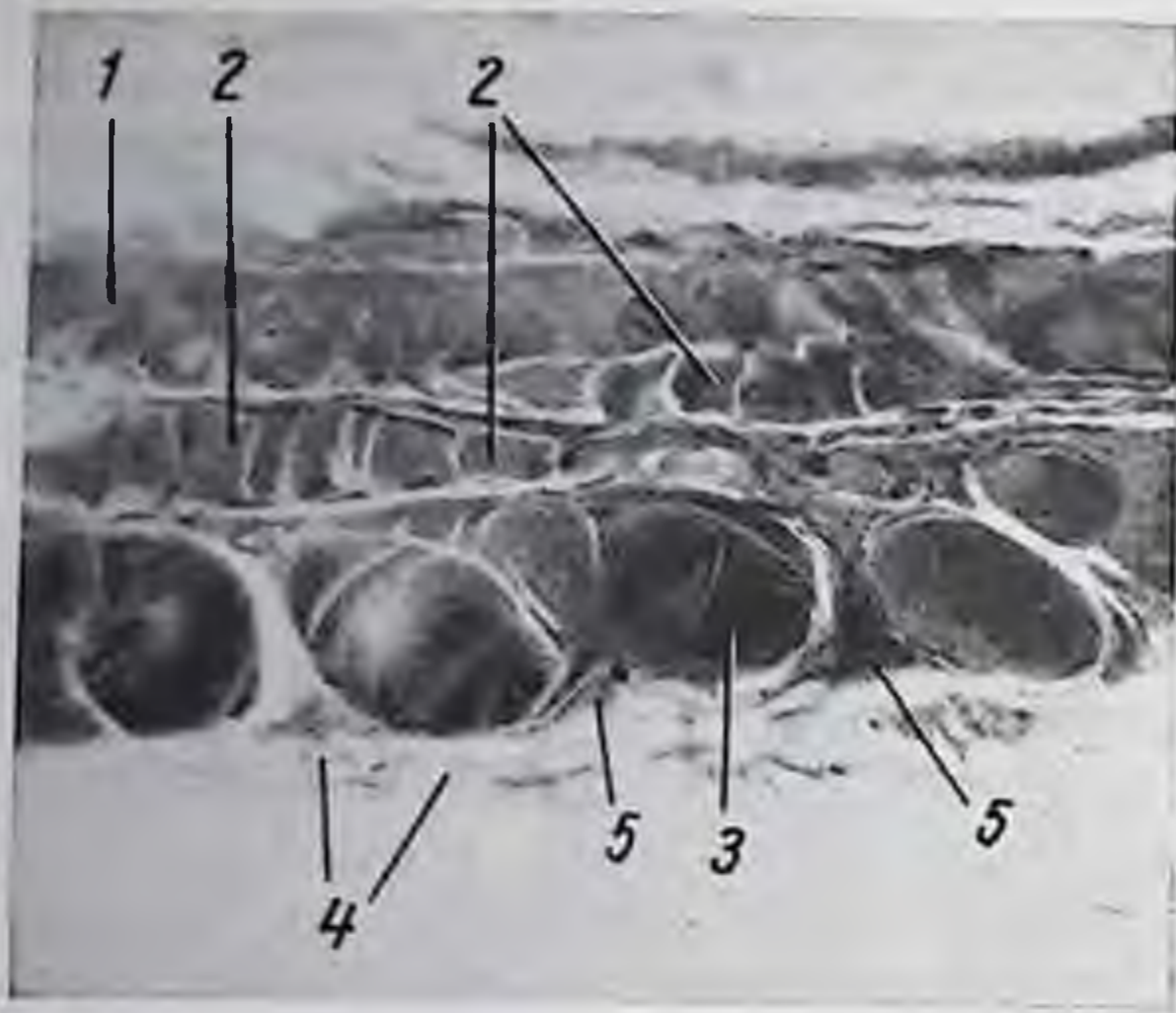


Рис. 10. Микропрепарат собственной фасции подколенной области (мужчина 23 лет). Окраска нафтоловым зеленым и орсеином. Увеличение 10×2 . Срез продольный.

1 — поверхностный слой; 2 — слой косых коллагеновых пучков; 3 — поперечные пучки среднего слоя; 4 — глубокий продольный слой; 5 — волокна, переходящие из поверхностного в глубокий слой.

интимно друг с другом и образуют сплошной пласт. Фасции сгибаемой поверхности области лучезапястной и голеностопного суставов отличаются плотностью и прочностью, что говорит о больших силах и относительно небольших пределах растяжения фасции в поперечном направлении.

Объединенное и тем самым сильное действие на фасцию сухожилий мышц подтверждается не только сравнением описанных выше фасций, но и структурой фасции в области нижней трети предплечья и голени.

Фасция подкрыльцовой ямки слабее других развита не потому, что прилежащие и формирующие ее мышцы слабее тех, которые проходят в нижней трети предплечья. Причина здесь в том, что сила давления этих мышц «гасится» их фасциями, а также прилежащими к мышце тканями и органами. Таких «гасящих» моментов, которые уменьшали бы силу давления, в области сухожилий мышц меньше. Во время сгибания сухожилия мышц-сгибателей занимают более короткий путь и поэтому отходят от костей и суставов, в результате чего создается большое боковое давление на фасцию. В про-

тиводействие этому давлению формируется мощный слой или несколько слоев поперечных пучков. Фасция приобретает определенную структуру и достигает большой прочности. В отдельных местах она утолщается настолько, что можно искусственно выделить участки, подобные связкам. Таковы поперечные и удерживающие связки вблизи суставов, они локализируются в местах самого большого бокового давления и костных выступов, к которым прикрепляются их концы.

Если силы давления действуют в одном направлении, то формируется одна связка. Если же силы давления исходят из разных источников, территориально разделенных, и имеют разное направление, то формируются две связки или более. Так, например, в области лучезапястного сустава все сухожилия при сгибании пальцев давят на фасцию в одном направлении. В ответ формируется одна связка — *retinaculum flexorum*.

Удерживающая связка сгибателей (*retinaculum flexorum*, PNA) состоит из коллагеновых, эластических волокон и клеточных элементов. В зависимости от степени выраженности коллагеновых волокон и пучков, а также связи их между собой здесь можно искусственно выделить три слоя: поверхностный, средний и глубокий.

В поверхностном слое коллагеновые пучки толщиной 50—100 мк и шириной 100—250 мк сходятся к середине связки и перекрещиваются между собой под углом 100—120°, открытым дистально. Границы коллагеновых пучков отчетливо выражены, во всех случаях между ними отмечается значительный интервал. Сращение коллагеновых пучков с гороховидной костью и трапецией, а также сухожилием локтевого сгибателя кисти изменяет ход поверхностных коллагеновых пучков, в результате чего появляется даже их скручивание.

Средний слой образован более крупными пучками (75—150 мк толщиной и 150—300 мк шириной), расположенными также косо. Интервал между пучками значительно меньше (25—50 мк). Иногда трудно отграничить один пучок от другого. Этот слой является как бы переходным к глубокому.

Глубокий слой слагается из перекрещивающихся друг с другом под углом 130—150° крупных коллагеновых пучков (200—400 мк шириной и 100—200 мк толщиной).

В средней части связки пучки глубокого слоя объединяются в гомогенную массу, и граница между ними не

части плечевого пояса (область лопатки, дельтовидная область), седалищной части ягодичной области, а также костных выступов вблизи суставов (локтевого, плечевого, луче-запястного, коленного, голеностопного и т. д.).

В области повышенного давления на кожу наблюдается разрастание подкожных соединительнотканых тяжей, особенно тяжей первого порядка. Самого большого развития они достигают на ладони и подошве, где наблюдается максимальное давление извне (рис. 5). Эти тяжи прочно удерживают кожу и не дают ей смещаться даже при сильном постороннем воздействии.

В местах небольшого давления с функцией удержания кожи справлялась одна поверхностная фасция. Для этого было достаточно рыхлого прикрепления ее к собственной фасции. В связи с повышением нагрузки на поверхностную фасцию тяжи, связывающие ее с собственной фасцией, тоже стали испытывать большую нагрузку. Постепенно они все больше разрастались и, наконец, обе фасции настолько интимно срослись, что границы между ними найти не удастся даже с применением гистологических методов. Поверхностная фасция фактически перестает существовать как самостоятельное образование, превращаясь в поверхностный слой того образования, с которым она срастается. Такое строение мы находим в седалищной части ягодичной области, над большинством костных выступов, где действует большое давление, на ладонной поверхности кисти, на подошве стопы. Различные преобразования на этих участках претерпевает подкожная жировая клетчатка. В местах, где давление большое и более постоянное (подошва, ладонь, область седалищного бугра), подкожная клетчатка хорошо развита. Она сильно растягивает соединительнотканые тяжи, что способствует натяжению кожи. Все это приводит к тому, что кожа, подкожная клетчатка и соединительнотканые тяжи формируют более упругую конструкцию, которая способна выдерживать большую нагрузку и в то же время эластична настолько, что уменьшает внешние толчки и сотрясения. Безусловно, всякое давление на такую конструкцию приводит к еще большему растяжению соединительнотканых образований подкожной клетчатки.

В тех местах, где большое давление сочетается со значительным движением, подкожная клетчатка более волокниста. Жировая ткань в таких местах почти не разви-

вается. Соединительнотканые тяжи, связывающие кожу с прилежащими опорными тканями, многочисленны и длинны настолько, что не препятствуют движению кожи в естественных пределах. Это приводит к тому, что соединительнотканые тяжи накладываются друг на друга и частично срастаются между собой. Подкожная клетчатка в подобных местах имеет губчатую структуру. Если опора костная или грубоволокнистая (сухожилие, связка), то между соединительноткаными тяжами и малоподатливой опорой формируется слизистая сумка.

Из всего сказанного видно, что поверхностная фасция формируется под действием влияний, исходящих со стороны кожи и подкожной жировой клетчатки, а поэтому она существует всюду, где имеется кожный покров. Однако структура ее, как и соединительнотканых подкожных тяжей, во многом зависит от ряда причин, не всегда исходящих от кожи. Подтверждением может служить то, что самый глубокий слой поверхностной фасции существенно отличается от устройства других слоев и организован по общему плану с поверхностным слоем собственной фасции.

Общие законы структурной организации поверхностной фасции вполне применимы и для собственной фасции.

СОБСТВЕННАЯ ФАСЦИЯ

В международной анатомической номенклатуре, принятой в Париже в 1955 г. и одобренной правлением Всесоюзного научного общества анатомов, гистологов и эмбриологов нашей страны в 1956 г., имеется термин «*fascia*». Им пользуются для обозначения как фасции вообще, так и строго определенной фасции. В этих случаях к слову «*fascia*» добавляют другое, обозначающее принадлежность последней, например: *fascia thoracolumbalis*, *fascia transversalis*, *fascia parotidea*, *fascia cremasterica*, *fascia cruris*, *fascia praepupalis* и т. д. Приведенные примеры говорят об отсутствии единого принципа в обозначении фасции тела. Попытка конкретизировать данный термин привела в нашей стране к появлению множества разных терминов, среди которых наиболее укоренился термин «собственная фасция». Под собственной фасцией обычно понимают фасцию, одевающую часть тела.

Сейчас никто не сомневается в том, что фасции разных участков и тем более органов различны [123, 124, 125, 288, 358, 428], хотя редко можно встретить указания на конкретные отличия фасций разных отделов тела или органов.

Попытка различать отдельные виды фасций мы встречаем у С. П. Коломнина (1881). По его мнению, фасции длинных мышц, расположенные на конечностях, отличаются плотностью. Фасции коротких мышц слабо развиты, а иногда не являются для них полным футляром. Примерно эту же мысль развивает А. В. Старков. Он видит различия только между фасциями длинных и широких мышц. Фасции широких мышц, пишет А. В. Старков, гораздо тоньше, менее плотны, беловатого цвета по сравнению с более плотными серебристого цвета апоневрозами длинных мышц. При этом у длинных мышц между апоневрозом и мышечным перимизием заложен значительный слой рыхлой клетчатки, позволяющий производить обширные движения. Апоневрозы широких мышц сливаются с перимизием.

По мнению Obersteg (1948), собственная фасция состоит из «скользящих» структур, которые изменяют свое положение при сокращении мышц. Он дает подробные расчеты направления коллагеновых пучков фасции икроножных мышц и изменения их положения при сокращении последних.

Попытка разобраться в строении фасции применительно к конкретным условиям не получила развития. В большинстве последующих работ фасции рассматриваются чаще всего применительно к той или иной области или части тела [436]. В связи с этим под общей фасцией все больше стали понимать фасцию, одевающую комплекс органов данной области или конечности. Отсюда появился определенный стиль в описании. Нередко можно встретить такие выражения: «Фасция покрывает мышцу... потом переходит на соседнюю... и уходит в глубину, раздваиваясь и окружая сосудистый пучок» и т. д. Создается впечатление самостоятельности, независимости фасции, более того, некоторой целесообразности в поведении фасции. Тем самым происходит отрыв фасции от конкретных условий ее формирования.

На основании изучения структуры фасций мы убедились в том, что собственная фасция какой-нибудь области или части тела имеет специфические особенности, по

которым почти всегда можно определить ее принадлежность. Эти особенности определяют непосредственное отношение фасции к какому-нибудь органу или к группе органов.

Второй особенностью собственной фасции является то, что на границе антагонистических групп мышц она обязательно срастается с костью или другими пограничными тканями и там прекращается ее существование. Над антагонистической группой мышц имеется уже иная собственная фасция, совсем не похожая на предыдущую, и она также на границах расположения данной группы мышц срастается с костью или с другой, более твердой тканью. В местах соприкосновения фасций антагонистических групп образуются межмышечные перегородки, а благодаря сращению их между собой они приобретают вид целостного фасциального листка. В действительности же они различны по всей структуре.

При анализе структуры фасции различных участков тела обращает на себя внимание тот факт, что из общего влияния всех мышц-синергистов на формирование фасции поверхностно расположенные мышцы в большей степени оказывают воздействие на фасцию. Вследствие этого структура фасции в значительной степени отражает специфику формирующего влияния поверхностно расположенных мышц. Однако степень развития фасции всегда зависит от силы всей группы мышц-синергистов. Чтобы разобраться в этом сложном вопросе, следует подробно рассмотреть структуру большинства фасций и специфику влияния на них мышц.

Изучение структуры фасций в области плеча, предплечья, бедра, голени, а также фасций, покрывающих отдельные изолированные мышцы, подтвердило общее представление о структуре каждой фасции и позволило выявить определенные различия и закономерности в их организации, на основании которых мы выделяем: фасцию в области широких мышц с веерным или параллельным расположением мышечных пучков; фасцию в области узких и длинных мышц с параллельным расположением мышечных пучков; фасцию в области сложных мышц как переходную между первыми двумя; фасцию в области сгибов и апоневрозы.

Анализ структуры фасции в области широких мышц с веерным или параллельным рас-

положением мышечных пучков лучше провести на примере большой грудной, дельтовидной, большой ягодичной и наружной косой мышц живота.

Данные мышцы имеют сходное строение. Крупные мышечные пучки могут развивать значительную силу, разную по величине. Они расположены поверхностно и непосредственно участвуют в формировании фасции. Примечательна в этом отношении прежде всего большая грудная мышца. Благодаря своему поверхностному расположению она без существенных помех со стороны соседних органов участвует в формировании фасции. Фасция в области большой грудной мышцы представляет собой плотный, довольно прочный фасциальный листок, состоящий из большого числа слоев коллагеновых и эластических волокон. В каждом слое коллагеновые волокна идут как в продольном, так и в поперечном направлении. В большинстве своем коллагеновые волокна группируются в пучки первого порядка, ширина которых колеблется в пределах 25—50 мк. В средних слоях латерального отдела фасции можно встретить пучки второго порядка, достигающие ширины 100—150 мк. Количество слоев фасции, их выраженность и взаимоотношение волокон в слоях значительно варьируют и над разными участками мышцы неодинаковы.

Над медиальной частью мышцы, т. е. там, где ее мышечные пучки тонки, территориально разбросаны, разделены хорошо выраженными межпучковыми перегородками и направлены под большим углом друг к другу, фасция более рыхлая и по своему строению мало чем отличается от поверхностной фасции. В этом отделе она состоит из 4—6 слоев. Каждый слой отделен от соседнего слоем жировых клеток. Однако слои связаны между собой коллагеновыми и эластическими волокнами, переходящими из слоя в слой в составе соединительнотканых тяжей. Местами два соседних слоя сливаются между собой в один или один слой распадается на два.

В каждом слое можно видеть как продольные, так и поперечные коллагеновые волокна. Обращает на себя внимание то, что коллагеновые волокна и пучки одного слоя имеют примерно одинаковый размер, независимо от их направления. Зато размеры коллагеновых волокон поверхностных, средних и глубоких слоев заметно отличаются друг от друга. Изменяется их взаимоотношение в слоях. Так, в самых поверхностных

слоях коллагеновые волокна и пучки несколько тоньше и имеют самое разное направление. Благодаря этому они переплетены и образуют «войлок», подобный тому, какой часто встречается в верхних слоях поверхностной фасции. В средних слоях коллагеновые пучки несколько шире и имеют более строгое направление. Коллагеновые волокна самых глубоких слоев по размеру такие же, как и волокна поверхностных слоев, но расположены они более ориентированно и не образуют такой войлочной сети. Их ширина равна 20—30 мк.

В среднем отделе мышцы, ближе к сухожилию, где давление ее на фасцию возрастает и делается неравномерным, изменяется и структура фасции. Общая толщина ее немного меньше, зато она становится плотнее, компактнее. Жировые прослойки встречаются только на периферии фасции со стороны подкожной клетчатки и со стороны мышцы. Как и в предыдущем отделе, в этом месте фасция состоит из слоев, в которых коллагеновые пучки взаимно перекрещены. Однако количество слоев здесь меньше, а коллагеновые пучки в 2—3 раза толще и более четко ориентированы. Заметно выделяются пучки, направленные поперечно к мышечным волокнам. Они составляют основной слой фасции. Коллагеновые пучки в этом слое достигают ширины 50—75 мк.

В латеральном отделе более крупные пучки мышц плотнее прилежат друг к другу и переходят в сухожилие. В этом участке при сокращении мышца отходит от грудной клетки. Все это создает условия неравномерного давления на фасцию. Действие мышцы на фасцию в поперечном направлении выражено сильнее. В результате в самой фасции большое развитие получают поперечные коллагеновые пучки. Они составляют основной слой фасции, делают ее плотной, компактной. Все другие слои являются вспомогательными. Ширина коллагеновых пучков основного слоя достигает 100—125 мк, а толщина их превышает 50 мк. В большинстве своем это пучки второго порядка. В области наружной косой мышцы живота, дельтовидной и большой ягодичной мышц фасция построены примерно по этому же принципу, но имеют ряд особенностей. Если фасция наружной косой мышцы живота по своему строению ближе к фасции над медиальным отделом большой грудной мышцы, то фасция дельтовидной и большой ягодичной мышц ближе по конструкции к фасции ее латерального отдела.

Дельтовидная мышца так же, как и большая грудная, состоит из отдельных мышечных пучков, которые сходятся к месту прикрепления под углом друг к другу. Однако угол конвергенции пучков у этой мышцы меньше, чем в пучках большой грудной. Дельтовидная мышца при сокращении отходит от плечевой кости в большей степени, чем большая грудная. Кроме того, вблизи мышцы имеются места сращения фасции с костями, удерживающие фасцию. Действие мышцы на фасцию в этих условиях оказывается более эффективным. Благодаря всем этим особенностям фасция над дельтовидной мышцей выражена лучше, чем в области большой грудной мышцы. Она более плотная и состоит из широких и толстых коллагеновых пучков шириной до 150—200 мк.

В фасции дельтовидной мышцы можно выделить три слоя. Один поверхностный, состоящий из тонких коллагеновых волокон, войлочно переплетающихся между собой. Он ничем существенно не отличается от поверхностных слоев собственной фасции большой грудной мышцы. Почти всегда волокна и пучки поверхностного слоя переходят в средний слой, а некоторые из них через щели между пучками среднего слоя — в глубокий слой. Благодаря этому поверхностный слой оказывается плотно сращенным со средним слоем.

За поверхностным слоем всегда идет слой взаимно перекрещивающихся коллагеновых пучков. Мы считаем этот слой основным. В нем одни наиболее глубокие крупные пучки идут под прямым или близким к нему углом по отношению к направлению мышечных пучков. Поверхностные менее крупные пучки данного слоя пересекают первые под углом, близким к прямому. Обычно они лежат в разных плоскостях, но иногда можно видеть их переплетение. В глубине фасции выявляется такой же рыхлый слой коллагеновых волокон и пучков, как и поверхностный, только его волокна менее переплетены между собой.

Фасция в области большой ягодичной мышцы еще более развита. Коллагеновые пучки ее основного слоя также взаимно перекрещиваются и отличаются большими размерами, особенно те, которые пересекают мышечные волокна под прямым углом. Отмечается свободное смещение коллагеновых пучков относительно друг друга, что мы связываем со значительным увеличением объема мышцы при ее сокращении.

В зависимости от особенностей функции фасции или ее слоев отмечают различное количество и выраженность эластических волокон. В медиальном отделе большой грудной мышцы, где нагрузка на фасцию небольшая и она меняется в значительных пределах, фасция по своему строению мало чем отличается от поверхностной. В этих случаях очень много эластических волокон и они распределены равномерно во всех слоях фасции попеременно с коллагеновыми. В латеральном отделе, где начинают преобладать пучки среднего слоя, количество эластических волокон уменьшается и они становятся тоньше, слабее. В наружных рыхлых слоях, подобно фасции медиального отдела данной мышцы, их много и они крупнее. Во всех случаях в фасции большой грудной мышцы эластических волокон несколько меньше, чем в поверхностной фасции этих же участков. Еще меньше их в фасциях дельтовидной и большой ягодичной мышц.

Собственная фасция в большинстве своем отделена от мышцы еще одним, очень тонким, нежным листком соединительной ткани, который представлен рыхлым волокнистым слоем и служит перимизием. Этот слой в области широких мышц отделен от собственной фасции не на всем протяжении. Нередко он срастается с ней настолько, что в виде самостоятельного листка его выделить не удастся (рис. 6). В области дельтовидной мышцы перимизий чаще сращен с фасцией, а над большой ягодичной мышцей он уже является непосредственным слоем собственной фасции, интимно с ней связанным.

Там, где перимизий отделен от собственной фасции слоем жировой клетчатки, можно видеть, что именно от него отходят соединительнотканые тяжи первого и второго порядка к мышце, окутывая соответствующие ее пучки. Но в большинстве своем перимизий в области соединительнотканых тяжей срастается с собственной фасцией, и тогда в этих местах образуется заметное утолщение последней. Кроме того, некоторые коллагеновые и эластические волокна непосредственно из собственной фасции переходят в эти соединительнотканые тяжи и создают впечатление, что последние есть производное собственной фасции, тогда как на самом деле они производные перимизия.

Фасции в области длинных и узких мышц с параллельным расположением мышечных пучков имеют иное строение. Последнее обусловлено

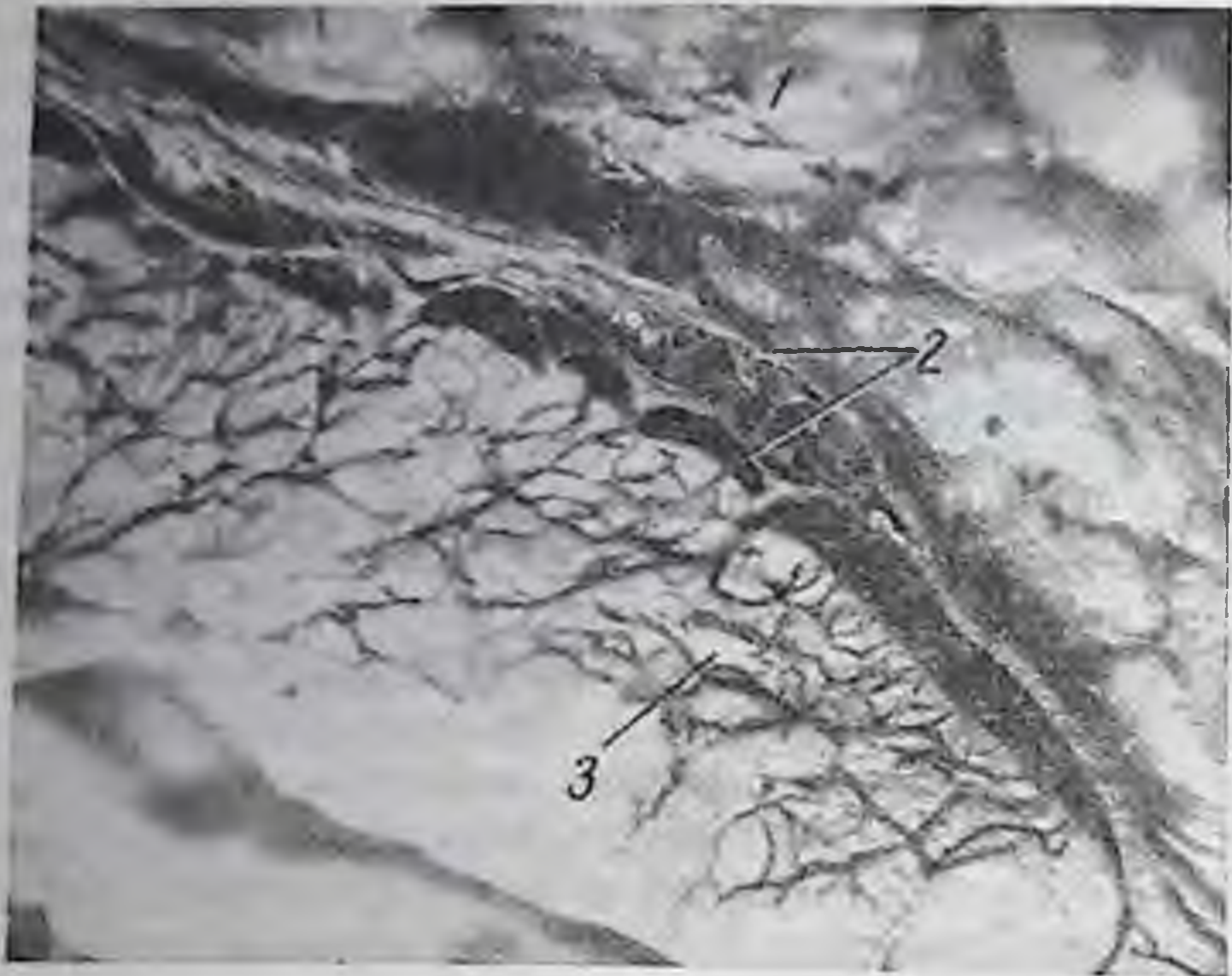


Рис. 6. Пироговский срез области большой грудной мышцы. Видны места сращения перимизия с собственной фасцией (2) и эндомизием; 1 — подкожная клетчатка; 3 — мышца.

прежде всего тем, что узкое длинное брюшко при сокращении неравномерно увеличивается в объеме и, действуя на несколько суставов, отходит от них на значительное расстояние. Чтобы установить сходство и различия в строении фасций над подобными мышцами, разберем несколько примеров. Формирование фасции передней поверхности плеча происходит под влиянием всех мышц, здесь расположенных, но главные особенности структуры фасции связаны с действием двуглавой мышцы, непосредственно к ней прилегающей.

Несмотря на сложность строения, двуглавая мышца плеча по суммарным признакам и своему действию на фасцию ближе подходит к разряду мышцы с длинным и узким брюшком.

На примере структуры фасции в области двуглавой мышцы плеча мы убеждаемся в том, что степень выраженности фасции, ее волокнистых структур зависит от силы бокового давления на фасцию как этой, так и всех других мышц-синергистов, причем расположение и направление коллагеновых и эластических волокон в фас-

ции определяются направлением сил внутреннего напряжения, возникающих в фасции под действием этого давления.

Фасция плеча в области двуглавой мышцы всегда хорошо развита. Она состоит из двух или трех слоев коллагеновых и эластических волокон. Среди них более четко выделяется средний основной слой, он намного толще остальных. Поверх него и глубже расположены слабозвитые слои продольных коллагеновых волокон. Эластические волокна, как и в других местах, сопровождают коллагеновые.

Коллагеновые пучки основного слоя имеют ширину от 100 до 1000 мк, идут обычно косо и всегда снизу вверх и внутри и снаружи одинаково на правой и левой конечностях. При этом в верхней трети и особенно вблизи подкрыльцовой ямки коллагеновые пучки идут почти поперечно к оси конечности или под очень малым углом к поперечному направлению. В средней трети они пересекают ось конечности под острым углом, и чем ближе к локтевому сгибу, тем коллагеновые пучки приобретают все более косое расположение.

Всегда одинаковую и строгую ориентировку коллагеновых пучков основного слоя мы связываем не только с формой мышцы и направлением сил ее давления на фасцию, но и с точками фиксации соединительной ткани на кости. В результате конструкции кости (медиальный мышцелок и его гребень находятся ниже латерального) и расположения мышечных групп костное крепление фасции плеча с наружной стороны начинается выше и заканчивается раньше, чем с медиальной. На формирование косо расположенных в нижней трети коллагеновых пучков, видимо, оказывает влияние смещение двуглавой мышцы снизу вверх при ее сокращении.

Таким образом, формирование среднего слоя фасции зависит не только от действия сгибателей, от места нахождения их фиксированного и подвижного прикрепления, но и от формы и положения плечевой кости, а также от уровня расположения прикрепления фасции на кости.

Выраженность пучков среднего слоя у разных субъектов и даже на протяжении одной фасции неодинакова. В верхней трети фасции, как правило, коллагеновые пучки лежат близко друг к другу. Они связаны между собой солитарными пучками так интимно, что их не только

трудно разделить, но почти не удается установить границу пучка. В этой части фасция представляет собой сплошной листок из переплетенных между собой волокон.

По мере приближения к середине и особенно к локтевому сгибу коллагеновые пучки все больше оформляются в виде самостоятельных, более изолированных образований. Однако связь между ними посредством переходящих из пучка в пучок волокон сохраняется, хотя и становится менее выраженной. Между пучками появляются щели, овальной формы отверстия. Размеры щелей и отверстий по мере приближения к локтевому сгибу увеличиваются и превосходят размер пучков иногда в 2—6 раз.

Поверхностный слой фасции в отличие от глубокого представлен всегда более или менее хорошо развитыми продольно расположенными коллагеновыми волокнами. Иногда волокна этого слоя идут косо. Во всех случаях в верхней части этот слой выражен лучше, а по мере приближения к середине и к локтевому сгибу он превращается в отдельные, разрозненные или групповые тонкие коллагеновые волокна. Зато в нижней трети более выраженным оказывается самый глубокий слой.

Почти всегда косые коллагеновые пучки среднего слоя в нижней половине фасции как бы вплетены в продольные слои вследствие того, что волокна поверхностного слоя проходят через щели между пучками в глубокий слой и обратно, образуя единую систему.

Изменения в строении поверхностного слоя связаны с силами растяжения, действующими на собственную фасцию при разгибании плеча и предплечья. Если в верхней половине плеча эти силы оказывают влияние больше на поверхностный продольный слой, то в нижней половине — не только на этот слой, но и на косо идущие пучки среднего слоя. Возможно, некоторое перераспределение волокон поверхностного слоя в глубокий связано с иными условиями функционирования фасции в этом отделе.

Однако силы растяжения фасции во время движения конечности нельзя считать единственной причиной образования поверхностного слоя, о чем свидетельствуют встречающиеся варианты конструкции фасции. Так, если средний слой представлен не отдельными легко смещаемыми относительно друг друга пучками, а сплошным слоем тесно переплетающихся волокон, то поверхностный

слои слабо выражен не только в нижней, но и в верхней половине, отдельные продольные коллагеновые волокна не составляют сплошного слоя.

Если же средний слой развит относительно слабо и слагается из нешироких, тонких пучков, то поверхностный слой фасции достигает своего максимального развития на протяжении всей фасции. Волокна его не только образуют сплошной выраженный слой, но формируются в пучки, и тогда он не уступает по выраженности среднему слою.

В первом случае пучки среднего слоя в состоянии противостоят силе бокового давления мышцы и при этом мало смещаются относительно друг друга; укрепляющая роль поверхностного слоя ничтожна. Во втором случае средний слой состоит из свободно перемещаемых, слабых пучков, сильно изменяющих свое положение во время давления на них мышцы, поверхностный слой достигает самого большого развития и становится таким же выраженным, как и средний.

Все эти примеры показывают, что в формировании поверхностного слоя фасции принимают участие многие факторы, но основной формирующей силой является все же сила, действующая со стороны мышцы и среднего слоя фасции.

Глубокий слой имеется почти всегда, но он слабо выражен, особенно в верхней трети и представлен тонкими коллагеновыми волокнами и большим количеством жировых клеток. Коллагеновые волокна этого слоя в верхней трети плеча расположены не только рыхло, но и без заметной системы. В средней и особенно в нижней трети глубокий слой фасции становится более выраженным, в нем увеличивается количество волокон, они становятся толще и имеют более ориентированное направление (чаще под прямым углом к пучкам среднего слоя).

Фасция в области портняжной и нежной мышц бедра построена так же, как и в области двуглавой мышцы плеча, но развита лучше и более разнообразна по своему устройству. Усиление фасции в области портняжной и нежной мышц мы объясняем общим, суммарным действием мышц бедра на собственную фасцию. Что же касается усложнения ее строения, то вполне можно объяснить его влиянием соседних мышц, а также силой тяги мышц передней брюшной стенки, передающейся через паховую связку.

Фасция в области передней большеберцовой мышцы и мышц передней группы голени имеет сложное строение. В верхней и нижней трети она выражена лучше, чем в средней. Интересно и необычно то, что поверхностный слой фасции в верхней ее трети развит лучше, чем средний. Он состоит из широких коллагеновых пучков (от 200 до 500 мк), лежащих плотно друг к другу и направленных преимущественно снизу вверх и латерально. При этом они часто накладываются друг на друга, а так как некоторые из них немного отклоняются от основного направления, то можно видеть черепицеобразные наложения и перекресты. Они прочно «цементированы» множеством тонких коллагеновых волокон, переходящих из пучка в пучок. На поверхности фасции эти волокна густо переплетаются между собой и от этого прочность и плотность поверхностного слоя еще больше возрастают. До сих пор мы нигде не встречали такого сильного развития поверхностного слоя. Дело в том, что коллагеновые пучки подвздошно-большеберцового тракта и сухожилия двуглавой мышцы бедра распространяются до передней группы мышц голени и вплетаются в собственную фасцию. По-видимому, сильное развитие поверхностного слоя фасции обусловлено влиянием тяги этих образований.

Следующий слой фасции на этом уровне состоит также из грубых широких (100—300 мк) коллагеновых пучков. Чаще всего пучки ориентированы поперечно по отношению к продольной оси голени, но встречаются и косо расположенные, тогда они направлены снизу вверх и медиально. Еще глубже залегает слой продольных типично сухожильных пучков, отличающихся небольшой шириной и значительной толщиной. Пучки эти идут строго сверху вниз, истончаясь в дистальном направлении. Они составляют сухожилие мышцы и к фасции прямого отношения не имеют — их разделяет слой рыхлой клетчатки.

В средней трети структура фасции голени в области большеберцовой мышцы несколько меняется. Поверхностный слой, так хорошо развитый в верхней трети, теряет свою выраженность на этом уровне и превращается в более рыхлый, волокнистый. Основной слой по-прежнему хорошо развит и слагается из широких (до 500 мк), но тонких коллагеновых пучков, которые идут преимущественно снизу вверх и медиально. Встречаются пучки и

другого направления, в результате чего можно наблюдать их перекрещивание. В глубине лежит слой продольных волокон и пучков.

В нижней трети структура фасции иная. Во всех случаях мы наблюдали преимущественное развитие поперечных коллагеновых пучков, а в области удерживающих связок они формируются в мощные компактные слои поперечных пучков сухожильного характера.

Из приведенного описания видно, что фасция голени в области передней большеберцовой мышцы, казалось бы, неадекватно сильно и сложно развита. Здесь так же, как и в области других ранее описанных длинных мышц с параллельным расположением мышечных пучков, мы находим основной слой поперечных пучков или косых коллагеновых пучков и один или два вспомогательных слоя.

Неадекватное развитие слоев и всей фасции в целом мы связываем, во-первых, с тем, что мышца с трех сторон заключена в костно-перепончатое ложе. Поэтому при сокращении она имеет возможность увеличиваться только в сторону фасции, на которую и приходится давление мышцы. Во-вторых, фасция по бокам и вверху прочно фиксируется с помощью межмышечных перегородок и непосредственного сращения с костями. Тем самым исключаются «гасящие» моменты, как это имеет место в области большой грудной или других мышц, с увеличением объема которых происходит смещение фасции за счет натяжения ее с соседних участков. И, в-третьих, немалое значение имеет действие тяги двуглавой мышцы бедра и подвздошно-большеберцового тракта, сухожильные волокна которых вплетаются в поверхностный слой фасции.

Следовательно, на примере фасций длинных и узких мышц мы еще раз убеждаемся не только в определяющем влиянии мышц на формирование фасции, но и в роли других, дополнительных факторов, которые здесь более четко проявляются.

Обращает на себя внимание более сильное развитие фасций нижней конечности по сравнению с аналогичными фасциями верхней конечности.

Наравне с мышцами, у которых ясно выражено примерно одинаковое направление пучков, существует немало таких мышц, пучки которых не на всей территории имеют одинаковый угол наклона. Встречаются мышцы,

у которых одна часть пучков расположена прямо и параллельно друг другу, а вторая — под углом. Иногда они объединяются в самостоятельные головки, как в трехглавой мышце плеча, трехглавой мышце голени и др.

Вокруг каждой мышцы и даже каждой ее головки формируется фасция, но в отдельных местах несколько самостоятельных мышц так плотно прилежат друг к другу, что их суммарное влияние на собственную фасцию является неизбежным и определяющим фактором в формировании структуры данной фасции, особенно если все эти мышцы выполняют сходную функцию и сокращаются почти одновременно, как на предплечье.

Если классифицировать мышцы по характеру их воздействия на фасцию, то в организме находятся немало таких, которые будут приближаться к широким мышцам с веерным расположением мышечных пучков и одновременно могут действовать подобно узким мышцам с параллельным расположением мышечных пучков. Структура фасции этих мышц отражает особенности фасций широких и узких мышц и в этом смысле является «переходной формой». В одних случаях могут преобладать черты, свойственные фасциям широких мышц, и тогда основной слой будет состоять из пучков двух направлений примерно одинакового развития, а в других случаях основной слой фасции будет слагаться из пучков одного направления, как, например, в фасциях длинных мышц с параллельным расположением пучков. Все другие слои будут вспомогательными.

Чаще всего фасции сложных мышц имеют основной слой из пучков двух направлений, но пучки одного из них получают лучшее развитие. Эту особенность в какой-то степени можно считать характерной для переходной формы фасции (рис. 7, 8 и 9).

Когда мы говорим о мышцах с их сложным воздействием на фасцию, то имеем в виду не только многокомпонентность мышц, но и объединенное воздействие на фасцию нескольких простых мышц с четким и однообразным расположением пучков. В характере воздействия на фасцию они иногда выступают как единый сложный комплекс. Поэтому мы рассматриваем их не отдельно, а в совокупности и причисляем к сложным мышцам.

К таким сложным мышцам мы относим поверхностно расположенные мышцы передней, наружной и задней

Рис. 7. Переходная форма собственной фасции верхней трети правого предплечья над плечелучевой мышцей.



Рис. 8. Собственная фасция над длинными мышцами с параллельным расположением пучков.

1 — средний слой косых коллагеновых пучков; 2 — глубокий слой продольных коллагеновых волокон; 3 — поверхностный волокнистый слой.



Рис. 9. Собственная фасция над широкими мышцами с всерным расположением пучков.

мышечных групп предплечья, трехглавую мышцу плеча, заднюю группу мышц бедра, четырехглавую мышцу бедра, трехглавую мышцу голени.

Структура фасции каждого сгиба имеет как свои специфические особенности, так и общие черты, характерные для фасций других сгибательных поверхностей суставов.

Для подколенной фасции характерно прежде всего чрезвычайно сильное развитие коллагеновых пучков среднего слоя. Обращает на себя внимание то, что пучки среднего слоя более постоянны в своем расположении и степени выраженности, чем пучки поверхностного и глубокого слоев. Они достигают больших размеров, имеют овальную или продолговатую форму и напоминают сухожильные пучки (рис. 10). Второй важной особенностью является большая подвижность слоев фасции и их элементов относительно друг друга, о чем свиде-

тельствует редкое расположение пучков и наличие больших щелей между ними. Третьим отличительным моментом является хорошее развитие волокон, оплетающих коллагеновые пучки, что укрепляет подколенную фасцию, сохраняя подвижность ее элементов. Наконец, для подколенной фасции характерно большое разнообразие в структуре и расположении слоев.

Все это свидетельствует, с одной стороны, о многообразии формирующих сил в подколенной области, а с другой — о значительной их величине, обеспечивающей развитие толстых, мощных коллагеновых пучков.

Фасция локтевого сгиба также имеет как общие, так и присущие только ей черты. Здесь, как и в фасции подколенной области, значительного развития достигает средний слой косых коллагеновых пучков. Только эти пучки намного тоньше и уже. Зато их местоположение и направление более постоянны. Вся фасция гораздо тоньше, но особенно слабо развиты поверхностный и глубокий продольные слои. Они состоят из тонких, нежных волокон. Коллагеновые пучки основного слоя фасции оказываются заплетенными тонкими волокнами. Фасция локтевого сгиба отличается от подколенной большей рыхлостью, разрозненностью пучков и простотой организации. Это свидетельствует о действии более однородных небольших сил, а также о влиянии обширных смещений фасции.

Подкрыльцовая фасция всегда рыхлая. Она во многом отличается от подколенной и локтевой. Характерным для нее является слабое развитие, войлочнообразное переплетение структур, наличие большого количества жировых скоплений, что свидетельствует о малых силах, под действием которых формируется фасция данной области. Вместе с тем частые движения привели к более свободному расположению ее структур по сравнению с поверхностной фасцией, которая также имеет войлочнообразное переплетение волокон.

Фасция пахового сгиба сочетает в себе прочность и эластичность. Коллагеновые волокна и пучки этой фасции тонкие, нежные, даже если они широкие, переплетающиеся между собой. Это свидетельствует, с одной стороны, о небольших силах давления на фасцию, а с другой — о малом диапазоне движения. Только благодаря такому сочетанию действующих факторов тонкие коллагеновые структуры оказываются связанными

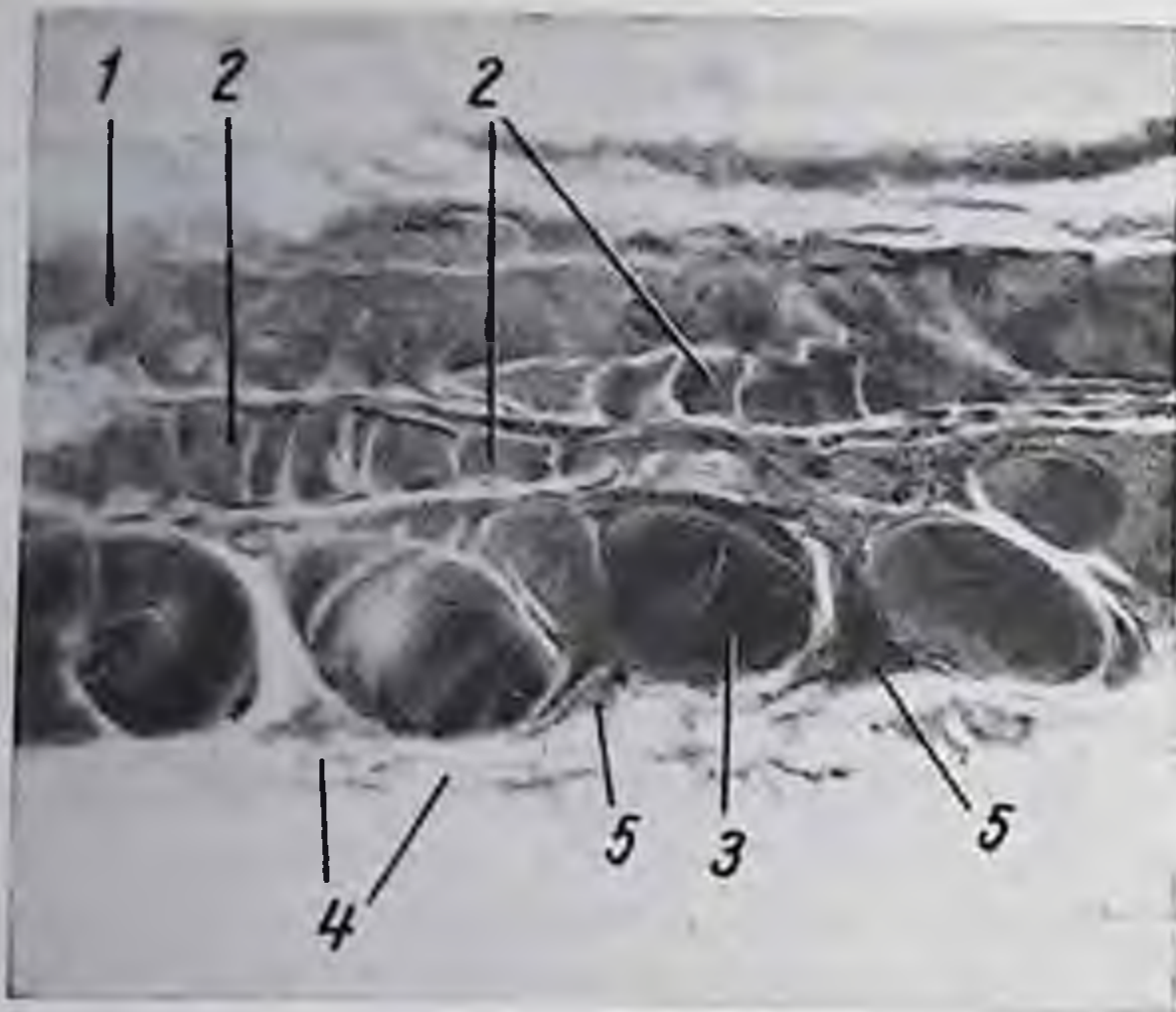


Рис. 10. Микропрепарат собственной фасции подколенной области (мужчина 23 лет). Окраска нафтоловым зеленым и орсеином. Увеличение 10×2 . Срез продольный.

1 — поверхностный слой; 2 — слой косых коллагеновых пучков; 3 — поперечные пучки среднего слоя; 4 — глубокий продольный слой; 5 — волокна, переходящие из поверхностного в глубокий слой.

интимно друг с другом и образуют сплошной пласт. Фасции сгибаемой поверхности области лучезапястной и голеностопного суставов отличаются плотностью и прочностью, что говорит о больших силах и относительно небольших пределах растяжения фасции в поперечном направлении.

Объединенное и тем самым сильное действие на фасцию сухожилий мышц подтверждается не только сравнением описанных выше фасций, но и структурой фасции в области нижней трети предплечья и голени.

Фасция подкрыльцовой ямки слабее других развита не потому, что прилежащие и формирующие ее мышцы слабее тех, которые проходят в нижней трети предплечья. Причина здесь в том, что сила давления этих мышц «гасится» их фасциями, а также прилежащими к мышце тканями и органами. Таких «гасящих» моментов, которые уменьшали бы силу давления, в области сухожилий мышц меньше. Во время сгибания сухожилия мышц-сгибателей занимают более короткий путь и поэтому отходят от костей и суставов, в результате чего создается большое боковое давление на фасцию. В про-

тивомдействию этому давлению формируется мощный слой или несколько слоев поперечных пучков. Фасция приобретает определенную структуру и достигает большой прочности. В отдельных местах она утолщается настолько, что можно искусственно выделить участки, подобные связкам. Таковы поперечные и удерживающие связки вблизи суставов, они локализируются в местах самого большого бокового давления и костных выступов, к которым прикрепляются их концы.

Если силы давления действуют в одном направлении, то формируется одна связка. Если же силы давления исходят из разных источников, территориально разделенных, и имеют разное направление, то формируются две связки или более. Так, например, в области лучезапястного сустава все сухожилия при сгибании пальцев давят на фасцию в одном направлении. В ответ формируется одна связка — *retinaculum flexorum*.

Удерживающая связка сгибателей (*retinaculum flexorum*, PNA) состоит из коллагеновых, эластических волокон и клеточных элементов. В зависимости от степени выраженности коллагеновых волокон и пучков, а также связи их между собой здесь можно искусственно выделить три слоя: поверхностный, средний и глубокий.

В поверхностном слое коллагеновые пучки толщиной 50—100 мк и шириной 100—250 мк сходятся к середине связки и перекрещиваются между собой под углом 100—120°, открытым дистально. Границы коллагеновых пучков отчетливо выражены, во всех случаях между ними отмечается значительный интервал. Сращение коллагеновых пучков с гороховидной костью и трапецией, а также сухожилием локтевого сгибателя кисти изменяет ход поверхностных коллагеновых пучков, в результате чего появляется даже их скручивание.

Средний слой образован более крупными пучками (75—150 мк толщиной и 150—300 мк шириной), расположенными также косо. Интервал между пучками значительно меньше (25—50 мк). Иногда трудно отграничить один пучок от другого. Этот слой является как бы переходным к глубокому.

Глубокий слой слагается из перекрещивающихся друг с другом под углом 130—150° крупных коллагеновых пучков (200—400 мк шириной и 100—200 мк толщиной).

В средней части связки пучки глубокого слоя объединяются в гомогенную массу, и граница между ними не

определяется. Направление коллагеновых пучков по мере приближения к сухожилию становится все более однородным и поперечным.

Эластические волокна в удерживающей связке выражены слабо и распределены неравномерно. В более плотных пучках глубокого слоя связки их меньше. Диаметр волокон колеблется от 1—1,2 мк в глубоких слоях связки до 2,4—3 мк в поверхностных слоях. Во всех слоях связки эластические волокна повторяют ход коллагеновых.

Параллельно с изменением волокнистых структур удерживающей связки изменяются и клетки. Так, в поверхностном слое между рыхло расположенными коллагеновыми пучками нередко встречаются жировые клетки и их скопления. Коллагеновые пучки первого порядка разделены равномерно расположенными соединительно-тканными клетками с ядрами полуовальной формы. На $\frac{1}{4}$ поля зрения таких клеток насчитывается до 6—8.

В среднем слое между тесно прилежащими коллагеновыми пучками увеличивается количество клеток до 9—11, а их ядра становятся более вытянутыми (36—48 мк).

Еще глубже, ближе к сухожилиям сгибателей пальцев изменяется не только форма клеток, но и их расположение. Ядра становятся более овальными, края их неровные. Такие клетки расположены группами или в виде цепочек (по 6—12 клеток в ряд). Постоянно обнаруживаются хрящевые клетки. Подобная структура, правда, с некоторыми вариантами, отмечается в строении связок разгибателей пальцев и удерживающих связок в области голеностопного сустава.

В области голеностопного сустава условия несколько иные. Там сухожилие передней большеберцовой мышцы действует на фасцию в одном направлении, а сухожилия разгибателей пальцев — в другом. В направлении каждой из этих сил идет формирование усиливающих фасцию пучков, которые в определенном участке перекрещиваются по пути к месту прикрепления их на костях. Сухожилия малоберцовых мышц формируют укрепляющие связки в другом месте.

Формирующее влияние сухожилий на фасцию возможно только при их боковом смещении. Если же сухожилия смещаются по оси действия мышц, то развивается рыхлая, легко смещаемая ткань, которая обеспечивает им легкое скольжение. Там, где сухожилие мало смеща-

ется по отношению к фасции, между ними может наступить сращение. Подобные сращения между сухожилиями мышц и фасцией имеются во многих местах. Например, фасция локтевого сгиба срастается с сухожилием двуглавой мышцы плеча, фасция задней поверхности плеча — с сухожилием трехглавой мышцы и т. д. Фасция срастается чаще с проксимальным сухожилием, так как в области проксимального сухожилия между ним и фасцией меньше движений. На подобные сращения мы обращали внимание при описании собственных фасций предплечья и голени.

Большая и все время меняющаяся сила давления в области сгибов сама по себе создает не только прочные, но и подвижные структуры фасции. Поэтому фасции описанных областей, несмотря на высокую прочность, отличаются относительной рыхлостью расположения пучков и слоев. Эта рыхлость усиливается в результате движения конечностей, что приводит к значительному смещению пучков и слоев фасции.

Направление волокон и пучков основного слоя фасции определяется не только действующими силами, но и расположением костных образований, к которым фасция прикрепляется. Это особенно подчеркнуто в локтевой фасции, в области лучезапястного и голеностопного суставов, где строение костных образований и взаимоотношение с ними фасции во многом определяют направление и степень развития коллагеновых пучков фасций.

Дополнительные продольные слои, как и в других фасциях, развиваются под действием сил растяжения, возникающих во время разгибания конечности, и выполняют роль укрепляющих для основного среднего слоя. В большинстве случаев наружный продольный слой подколенной фасции выражен значительно лучше глубокого слоя.

Несмотря на существенные различия между фасциями подколенной, локтевой, подкрыльцовой, паховой, лучезапястной и голеностопной областей, у них есть много общего, чем они отличаются от всех других фасций, — это большая прочность, подвижность структур и четкая ориентация волокон.

Для фасций всех сгибов характерно многослойное строение с наличием одного основного слоя, состоящего обычно из хорошо развитых коллагеновых пучков. Пучки этого слоя четко ориентированы и почти всегда расположены поперечно. Другие слои фасции являются вспомо-

гательными, имеют разную степень развития и непостоянное расположение.

Вторая особенность касается подвижности элементов фасции и степени развития коллагеновых пучков основного слоя. Фасции этих областей, обеспечивая механическую функцию фиксации, вместе с тем не препятствуют движению. В связи с этим отмечается наряду с хорошим развитием большая подвижность коллагеновых структур.

Из описания фасций различных областей тела видно, что собственная фасция каждой области тела формируется в результате одновременного воздействия на нее мышц-синергистов. Давление мышц-синергистов на окружающую клетчатку возникает как в результате увеличения их в объеме, так и в силу смещения в сторону от костей. Это приводит к тому, что фасция закрепляется на более твердых и устойчивых опорах. Характерным для собственной фасции является связь ее с костью или непосредственно, или посредством так называемых межмышечных перегородок. Связь эта может быть обширной и прочной. Она же обуславливает формирование замкнутых костно-фиброзных футляров для групп мышц, одной стенкой которых является кость, а другими — фасция.

Собственная фасция чрезвычайно разнообразна по своему строению и степени выраженности, но в этом разнообразии есть своя закономерность. Особенности структуры собственной фасции определяются влиянием мышц, движения конечности, иногда расположения точек фиксации самой фасции и т. д. В том или ином месте преобладает какой-нибудь из формообразующих факторов, что и определяет различия фасции.

Все это позволило нам выделить четыре группы фасций: фасции в области широких мышц с веерным и параллельным расположением мышечных пучков; фасции в области длинных и узких мышц с параллельным расположением мышечных пучков; фасции сложных мышц и фасции областей сгибов.

На основании ряда описанных выше особенностей любую из этих четырех групп фасций всегда можно отличить от других. По степени развития и сложности устройства фасции можно судить о принадлежности ее верхней или нижней конечности.

Таким образом, предложенная нами классификация основана на функциональных признаках и морфологических особенностях описанных четырех групп фасций.

ФАСЦИАЛЬНЫЕ ФУТЛЯРЫ НЕКОТОРЫХ ОРГАНОВ

Каждый орган окружен соединительнотканым футляром. В одних случаях этот футляр образован фасцией, в других — фиброзной оболочкой. В последнем случае более интимная связь оболочки с органами определяет специфику ее строения.

Как фасциальный, так и другие футляры не на всем протяжении имеют одинаковое строение. Нередко, особенно для мышц, на каком-нибудь участке фасциальный футляр дополняется межкостной перепонкой, хрящем или костью. В этих случаях обычно говорят не о фасциальном, а о костно-фасциальном или о костно-фиброзном футляре.

В этой главе мы остановимся на анализе фасций, образующих фасциальный футляр. Естественно ожидать, что фасции футляра, подобно оболочкам, формируются в связи с развитием только этого органа. Такие фасции в организме есть, и поэтому их целесообразнее называть фасцией данного органа.

Фасции органов мы выделяем в самостоятельную группу потому, что фактически фасция формируется вокруг каждого органа самостоятельно. В связи с этим она имеет соответствующую структурную организацию и степень выраженности. В одних случаях фасция плотная, грубая, с четкой ориентировкой волокон, в других — рыхлая, тонкая, нежная, но тоже с определенным образом ориентированными волокнами.

Фасции органов по сравнению с собственной фасцией еще менее изучены, хотя по отдельным вопросам данных образований накоплен значительный материал. Мы полагаем, что это произошло по двум причинам. Прежде всего, и это главное, трудно выделить из всей системы фасциальных образований отдельно изолированную фасцию какого-нибудь органа. В большинстве своем органы так располагаются, что их фасции объединяются, срастаются в одну. Близкое соседство двух или нескольких органов существенно сказывается на формировании и структуре конкретной фасции, а местами фасция совсем отсутствует. Кроме того, наличие мощной, хорошо выраженной собственной фасции ослабляет, маскирует отдельные фасции органов.

Все это привело к тому, что даже те исследователи, которые не признавали за фасциями самостоятельности,

а смотрели на них как на производные органов, при изучении мало разграничивали фасции по принадлежности. Они описывали их в общей системе фасций участка тела или области, на деле приписывая им известную самостоятельность, большую, чем в пределах органа, распространенность, отрывали от создавших их органов и тем лишали себя исходных позиций в толковании фасций. В связи с этим многие подмеченные факты в строении фасций отдельных органов не получили достаточного освещения, остались разрозненными и неполными, затерялись в общем описании.

В немалой степени, и это второе важное обстоятельство, тормозило развитие учения о фасциях отдельных органов отсутствие четкой классификации фасций по их функциональному значению и структурным особенностям.

Чаще всего фасции отдельных органов выделяли в самостоятельную группу соединительнотканых оболочек, называя их фиброзными сумками, неврилеммой, наружными слоями сосудов, сухожилий и т. д. Это приводило к разноречивым суждениям в описании фасций. С. П. Колоннин не без основания замечает, что в некоторых случаях трудно провести границу между фасциями и теми оболочками, которые развиваются путем уплотнения соединительной ткани вокруг органов и в промежутках между ними. Переход от рыхлой соединительной ткани к волокнистой оболочке совершается постепенно. И далее, он считает, что к фасциям следует относить не только мышечные влагалища, из которых далеко не все одинаково выражены, но и плотные соединительнотканые листки, отделяющие один слой рыхлой соединительной ткани от другого или составляющие влагалища для других органов, главным образом для сосудов.

Чтобы составить хотя бы приближенное представление о фасциях органов, следует ознакомиться с устройством фасций отдельных органов. Возьмем для начала несколько фасциальных футляров мышц.

Фасциальный футляр большой грудной мышцы образован собственной фасцией в области этой мышцы и глубокой фасцией, которая находится между большой и малой грудной мышцами. По верхнему и нижнему краю мышцы обе фасции сращены между собой. Структура собственной фасции на наружной (передней) поверхности большой грудной мышцы нами уже описана. Фасция



Рис. 5. Гистотопографический препарат кисти. Окраска пикрофуксином.

1 — кожа; 2 — ладонный апоневроз; 3 — соединительнотканые тяжи

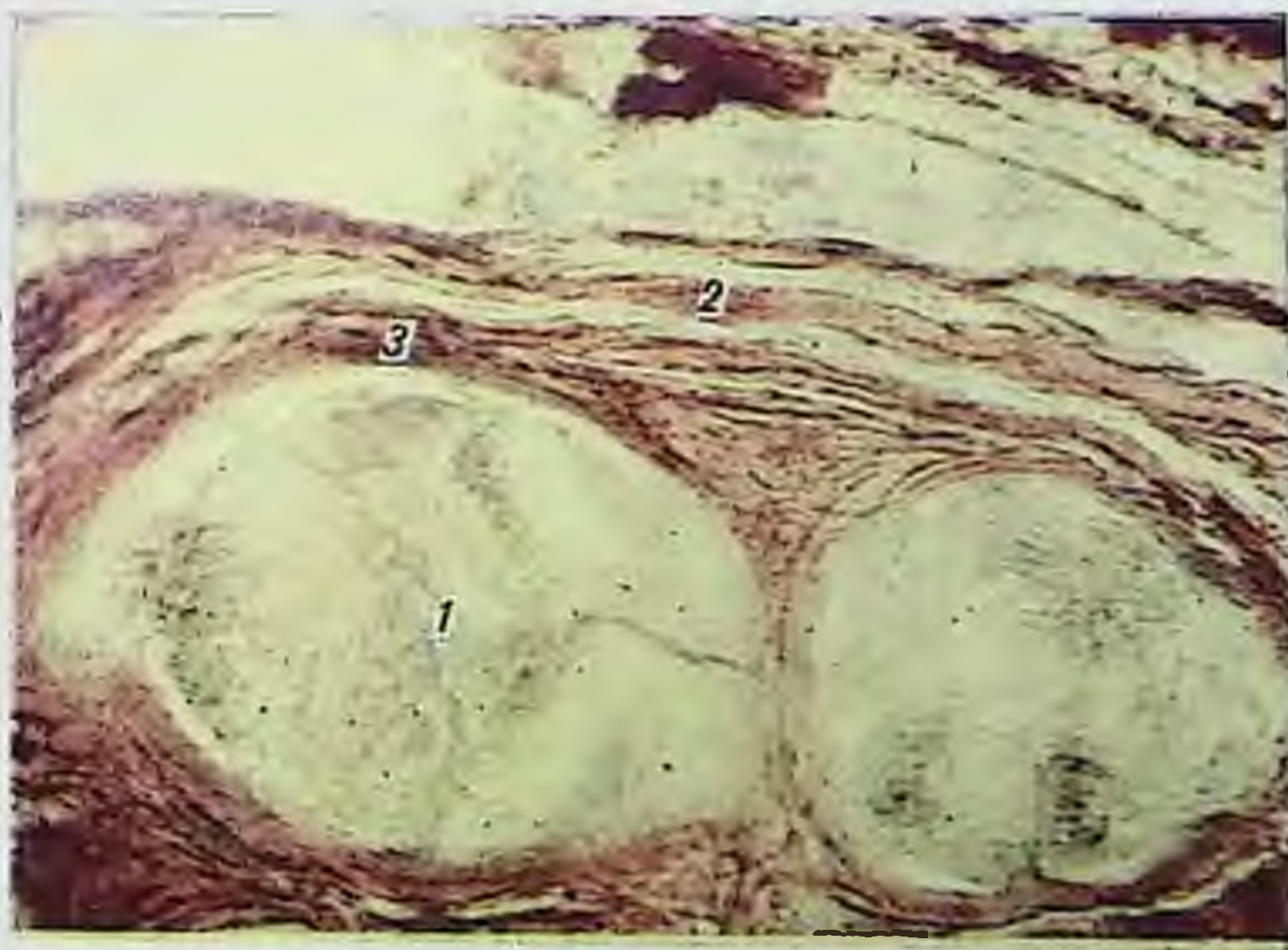


Рис. 23. Микропрепарат поперечного сечения локтевого нерва. Окраска световым зеленым и орсеином. Увеличение 20X6.

1 — нервный пучок; 2 — общая оболочка нерва; 3 — оболочка нервного пучка.



Рис. 26. Микрофото. Поперечный срез фасции предплечья (мужчина 35 лет). Окраска по Ritter—Oleson. Увеличение 7×90. Голубое окрашивание обусловлено кислыми, малиновое — нейтральными мукополисахаридами.

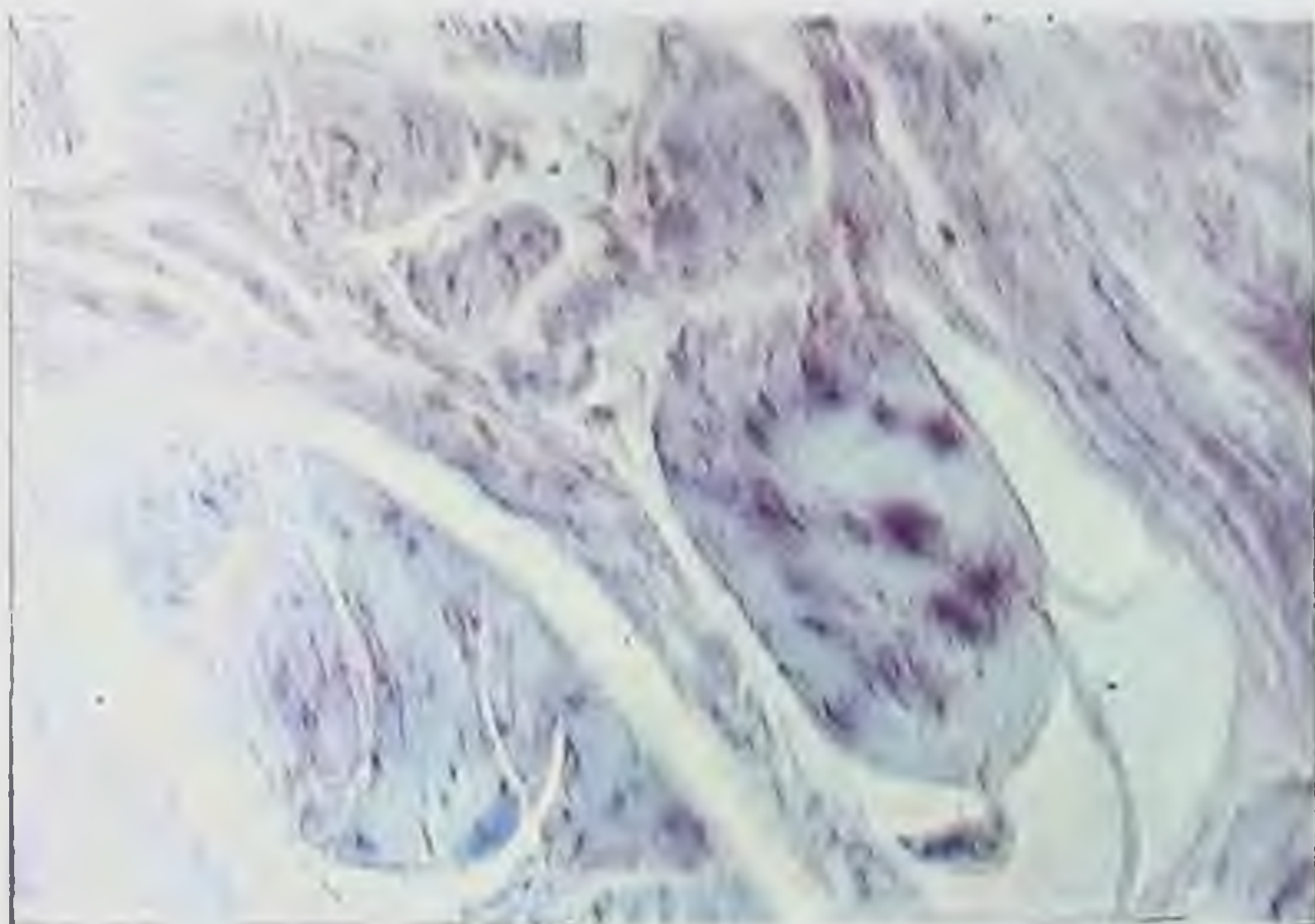


Рис. 27. Микрофото. Удерживающая связка сгибателей (мужчина 41 года). Вокруг клеток β - и γ -метахромазия. Окраска толуидиновым синим (рН 4,0). Увеличение 7 X 90.

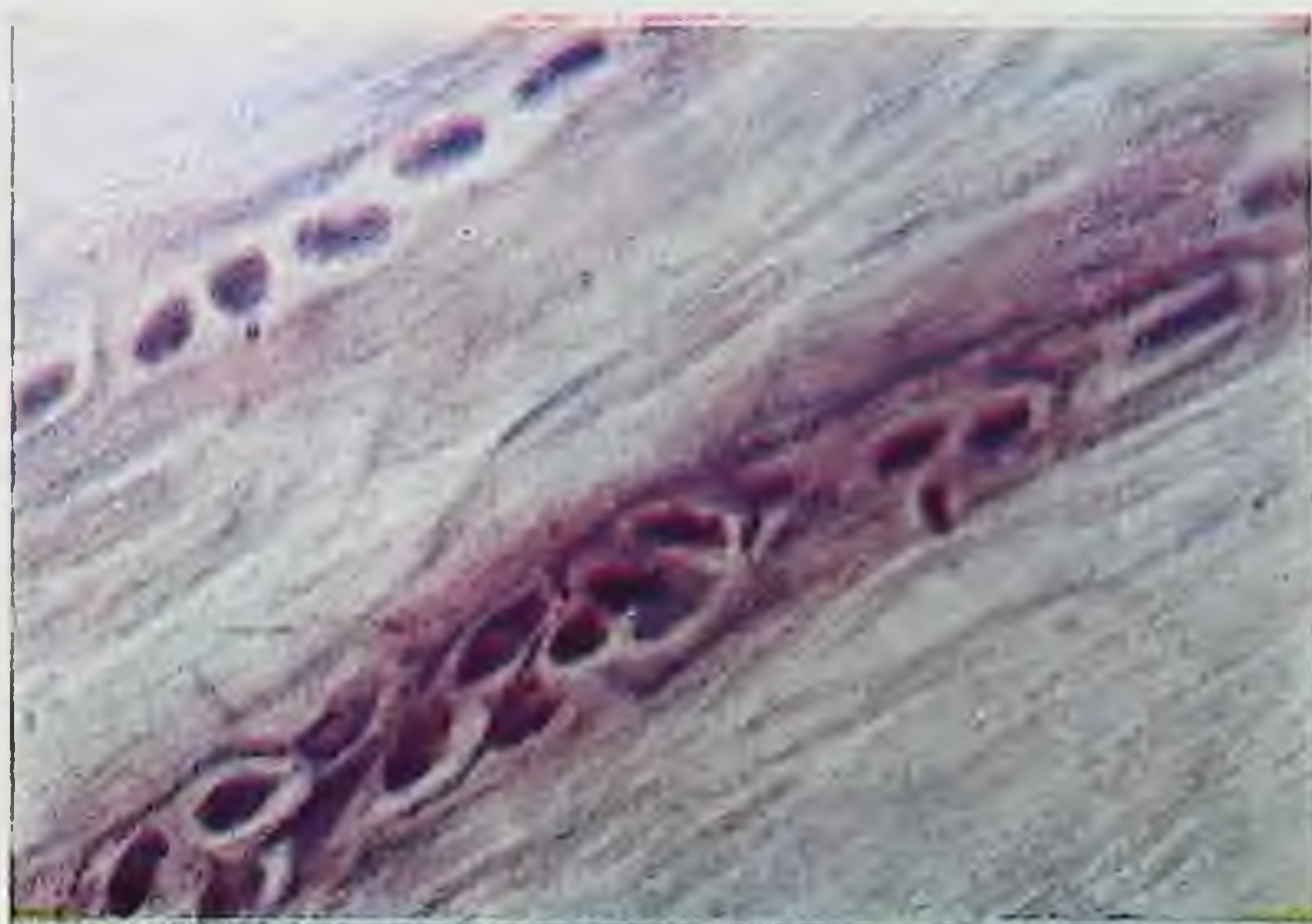


Рис. 28. Микрофото. Глубокий слой удерживающей связки сгибателей (женщина 43 лет). Хрящевые клетки с перичеселлюлярным метахроматическим окрашиванием. Окраска толуидиновым синим (рН 4,0). Увеличение 7 X 90.



Рис. 30. Микрофото. Хейл-положительные и ШИК-положительные структуры в цитоплазме клеток (женщина в возрасте 34 лет). Окраска по Ritter—Oleson. Увеличение 20X90.

на глубокой (задней) поверхности большой грудной мышцы в зоне малой грудной мышцы и снаружи от нее — тонкая, рыхлая, с большим количеством жировой ткани. По строению глубокая фасция большой грудной мышцы похожа на поверхностную фасцию пучковой формы строения. Она также слагается из 2—3 слоев перекрещивающихся тонких коллагеновых волокон. Коллагеновые волокна в слоях образуют редкую сеточку, в промежутках которой много жировых клеток. Создается впечатление сетки, «затканной» жировыми клетками. Кроме того, между слоями фасции лежат пласты жировых клеток. Все это обуславливает рыхлость фасции. Такую фасцию легко разрушить, а отдельное коллагеновое волокно можно выделить на большом протяжении. Кроме коллагеновых волокон, глубокая фасция имеет эластические, но их немного, все они небольших размеров и направлены в соответствии с ориентировкой коллагеновых волокон.

От глубокой фасции, так же как и от собственной, сращенной с перимизием, в мышцу идут соединительнотканые тяжи. Они непосредственно переходят в эндомизий. В медиальной части мышцы, где ее пучки расположены более всеорообразно и где они проявляют большую индивидуальность при сокращении, эндомизимальные перегородки выражены лучше.

Чтобы яснее представить себе соотношение эндомизия, перимизия и фасции, рассмотрим их на примере большой грудной мышцы. Большая грудная мышца, подобно другим, состоит из пучков второго порядка, в состав которых в свою очередь входят пучки первого порядка, слагающиеся из мышечных клеток. Некоторые авторы [61] выделяют еще пучки третьего порядка. Каждый пучок мышечных волокон окружен рыхлой волокнистой клетчаткой. Чем больше пучок и чем он дальше отстоит от соседнего, тем более сильно развита волокнистая клетчатка вокруг него. И наоборот, чем меньше пучок и чем он ближе расположен к соседнему, тем слабее выражено соединительнотканное его окружение. Часть соединительнотканного футляра мышечных пучков, которая расположена внутри мышцы, обычно называют эндомизием. Наружная сторона футляра мышечного пучка срастается с наружной стороной футляра соседнего пучка и вместе они образуют перимизий мышцы. Перимизий мышцы в связи с этим обязательно сращен с эндомизием. Сращение это имеется как в зоне промежутков между пучками

первого порядка, так и в зоне промежутков между пучками более высокого прядка (см. рис. 6). Фактически перимизий и следует принимать за фасцию органа, в данном случае мышцы. Однако иногда перимизий выражен слабо и не на всем протяжении мышцы или совсем отсутствует как самостоятельное образование. Происходит это потому, что данная конкретная мышца функционирует одновременно с другим, подобными ей по силе и характеру деятельности, и все они вместе формируют вокруг себя общую фасцию для этой именно группы мышц, например двуглавая мышца плеча, плечевая мышца, клювовидно-плечевая. Но поскольку тонкие дифференцированные движения требуют отдельной функции всех трех мышц, кроме того, и степень развития их различна, вокруг каждой из них сохраняется перимизий. Однако в том участке, в котором плечевая мышца прилежит к кости, перимизий отсутствует. Его нет и у тех мышц, которые изолированы от других территориально и отличаются своей функцией. В этих случаях фасция данной мышцы интимно срастается с перимизием и они составляют единое целое.

Перимизий, эндомизий, так же как и глубокая фасция, состоят из коллагеновых и эластических волокон, но последних в них меньше, чем в глубокой фасции. Волокна этих образований, как и в глубокой фасции, расположены обычно в два слоя, но бывает и больше.

Сильнее развит тот слой, волокна которого лежат перпендикулярно направлению мышечных пучков.

В оболочках вокруг мышечных пучков много клеточных элементов. В отличие от фасций здесь наряду со зрелыми фибробластами можно найти много молодых клеток, особенно вблизи сосудов. В эндомизии и перимизии много жировых клеток и сосудов. Жировые клетки образуют целые пласты, легко отделяемые друг от друга.

Фасциальный футляр портняжной мышцы образуется с наружной стороны собственной фасцией, а из глубины замыкается глубоким листком. По бокам мышцы глубокий листок срастается с собственной фасцией, в результате чего получается замкнутый фасциальный футляр (рис. 11). В местах сращения двух фасций скапливается большое количество жировой клетчатки, разделенной концентрически расположенными фасциальными листками.



Рис. 11. Пироговский срез в области верхней трети бедра. МБС-1. Увеличение 1×8 . Окраска тканей пикрофуксином.

1 — портняжная мышца; 2 — глубокая фасция портняжной мышцы; 3 — глубокая фасция длинной приводящей мышцы; 4 — длинная приводящая мышца; 5 — собственная фасция; 6 — место сращения глубоких фасций с собственной; 7 — поверхностная фасция; 8 — большая подкожная вена.

Собственная фасция в области портняжной мышцы относится к группе фасций над длинными узкими мышцами с параллельным расположением мышечных пучков. Глубокая фасция футляра портняжной мышцы имеет почти такое же строение, как и собственная фасция в этой области, но несколько слабее развита и не на всем протяжении мышцы одинакова.

В верхней половине глубокая фасция состоит из среднего основного слоя поперечных коллагеновых пучков, заключенного между двумя продольными. Пучки среднего слоя широкие (до 300 мк), но тонкие, нежные. Оба продольных слоя состоят из тонких волокон. Слои меж-

ду собой связаны слабо, их легко разделить. Так же рыхло располагаются волокна и пучки в каждом слое.

В области приводящего канала, где мышца плотно прилежит к *lamina vastoadductoria*, структура глубокой фасции резко меняется. Из трехслойной она превращается в рыхлую волокнистую клетчатку без определенной ориентировки волокон.

Данный пример, как и многие другие, показывает, что структура фасции и ее выраженность на протяжении мышцы существенно меняются, так как условия ее формирования в разных участках неодинаковы. Эти изменения еще более выражены в местах перехода мышцы в сухожилие. Фасция каждой мышцы непрерывно переходит на сухожилие, но выраженность ее, структура, наконец, отношение ее к мышце и сухожилию различны.

Сухожилия мышц, так же как и сами мышцы, окружены не только перитенонием, но и фасциальным футляром, образованным собственной фасцией. В одних случаях, например в области ахиллова сухожилия, фасциальный футляр собственной фасции отделен от перитенония (рис. 12), а в области широких сухожилий и тех, которые мало смещаются относительно фасции, фасциальный футляр и перитеноний сухожилия срастаются. Такое сращение хорошо выражено в области апоневроза широких мышц живота. Имеется частичное сращение фасциального футляра с перитенонием сухожилия трехглавой мышцы плеча и сухожилия двуглавой мышцы плеча. Перитеноний большинства проксимальных сухожилий сращен с фасцией, так как проксимальное сухожилие обычно меньше всего смещается относительно фасции.

Какое бы отношение собственной фасции к сухожилиям мы ни встречали, фасциальным футляром для них следует считать непосредственно одевающую их оболочку, получившую название перитенония, так как строение перитенония сходно и изменяется по тем же законам, что и структура фасции.

Структура перитенония определяется в основном силами воздействия сухожилия и его пучков на окружающую соединительную ткань. Например, для участка сухожилий вблизи мышечного брюшка характерно появление слоя косых пучков перитенония, ориентированных соответственно направлению мышечных пучков, т. е. вдоль направления сил, развиваемых мышечными пучками. Здесь же имеются пучки, ориентированные вдоль сухо-

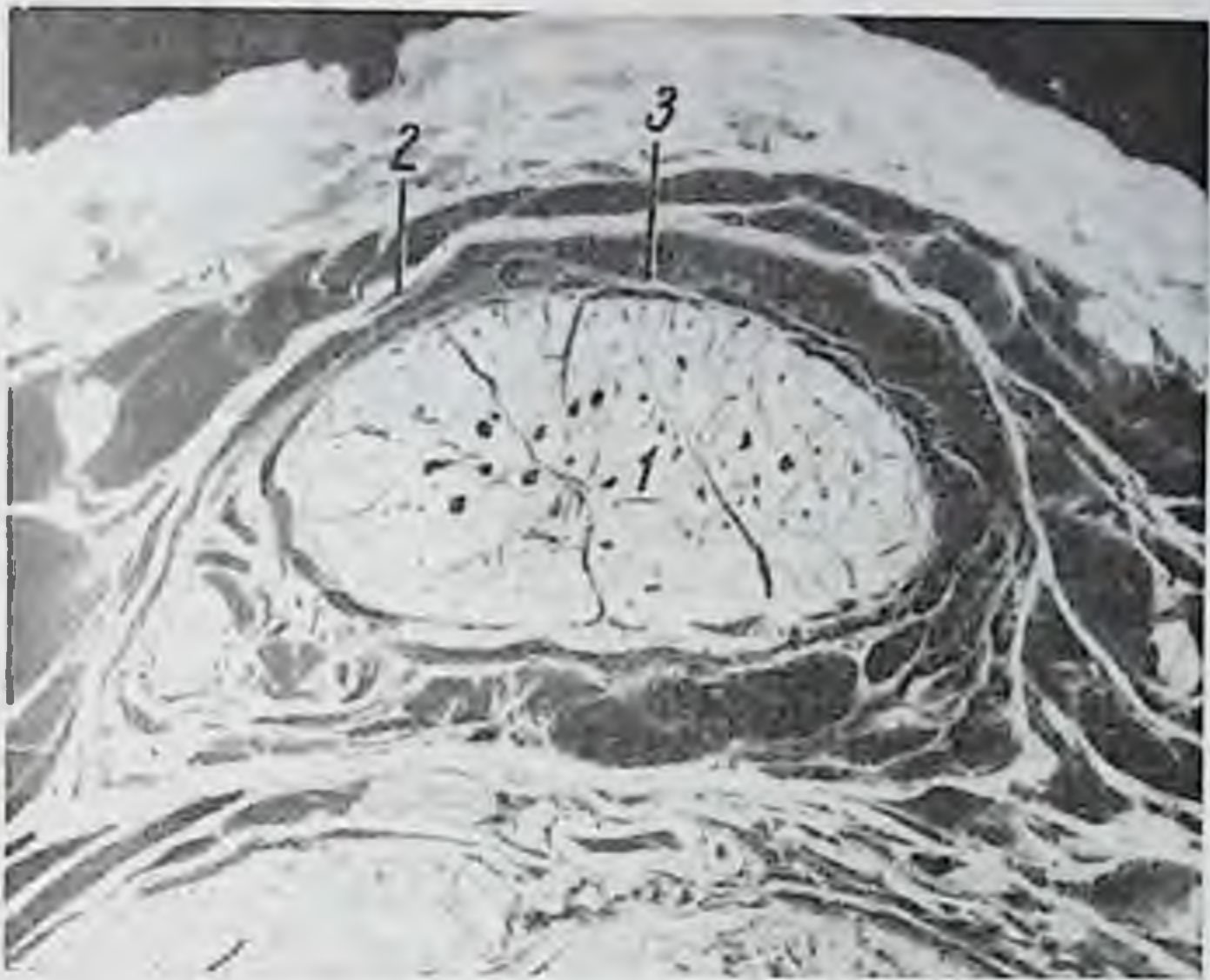


Рис. 12. Гистотопографический препарат ахиллова сухожилия. Окраска пикрофуксином. Увеличение 2×8 .

1 — ахиллово сухожилие; 2 — собственная фасция; 3 — перитеноний.

жильных пучков и поперечно к ним. Поперечные пучки перитенония выражены больше всего и формируются под влиянием сил растяжения, направленных поперечно к сухожилию. Возникновение этих сил схематично приведено на рис. 13. Сухожилие OA фиксировано в точке O . Крайние мышечные пучки будут растягивать сухожилие в стороны. Если изобразить растягивающую силу в виде вектора F , то ее легко разложить на F_n , действующую вдоль сухожильного пучка, и F_t — тангенциальную, действующую перпендикулярно к оси сухожилия. Под действием тангенциальной силы сухожильный пучок будет отходить от соседнего в направлении силы с моментом силы $M = Ft \cdot OA = F \sin \alpha \cdot OA$. Таким образом, растягивающий момент будет тем больше, чем больше угол α .

Появление растягивающего момента свойственно сухожилиям различных мышц — узких, широких, плоских, многоглавых и др. Причем в различных отделах сухожилия (на его протяжении, вблизи головки и т. д. растягивающий момент может усиливаться или ослабляться в зависимости от конкретных биомеханических условий. Так, в сухожилии трехглавой мышцы плеча растягиваю-

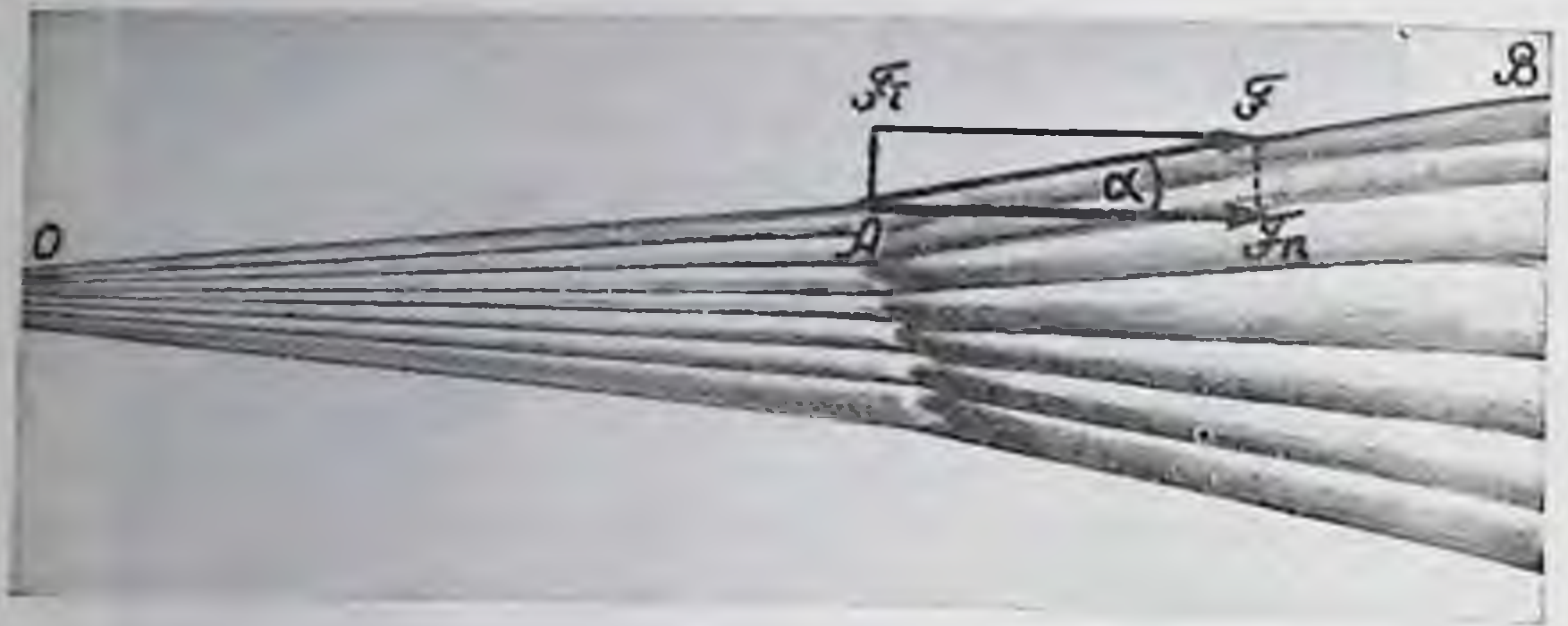


Рис. 13. Схема сил растяжения, возникающих в сухожилиях мышц (по А. Г. Кочеткову).

щий момент нарастает не только книзу, но в латеральном отделе. По-видимому, этим и объясняется тот факт, что в перитенонии данного сухожилия пучки основного слоя укрупняются в нижних отделах и ориентированы от латерального края сухожилия к медиальному (от большей растягивающей силы к меньшей).

На факты, подтверждающие мысль о возникновении ориентированных пучков в рыхлой ткани сухожилий под воздействием механических стимулов, указывают и другие исследователи. Так, Leutert (1955, 1960), Касеговский (1956) и др., изучая сухожилия малоберцовой мышцы, длинной головки двуглавой мышцы плеча, отмечают, что участки сухожилий, на которые падает давление прилежащих костей, отличаются по структуре: в них появляются поперечные и косые пучки, располагающиеся и в эндотенонии.

Степень развития поперечных пучков в основном слое сухожилия весьма изменчива и зависит от смещения их в поперечном направлении на протяжении сухожилия. Другие слои и особенно продольный менее важны и являются вспомогательными.

В области длинных узких мышц перимизий непосредственно переходит в перитеноний, а собственная фасция или образует фасциальный футляр вокруг сухожилия, как это показано нами на примере ахиллова сухожилия (см. рис. 12), или срастается с перитенонием, как это видно на примере проксимальных и дистальных сухожилий в ряде работ [138, 180, 234, 284].

В области широких сухожилий собственная фасция непосредственно переходит в перитеноний, являясь для сухожилия фасциальным покровом.

Подробное изучение структуры перитенония и эндотенония сухожилий и связок убедило нас в том, что они интимно друг с другом связаны, а волокна одного образования переходят в состав другого, не прерываясь. Получается прочный соединительнотканый каркас, объединяющий сухожильные пучки в единое целое.

Из этого краткого описания видно, что фасции отдельных мышц менее выражены по сравнению с собственной фасцией. Фасции отдельных мышц нередко срастаются с эндомизием или эндотенонием. Степень морфологической связи определяется развитием эндомизия (эндотенония) и характером функции мышцы (сухожилия). Связь фасции с внутриорганный соединительной тканью выражена меньше в тех случаях, когда сухожилие в процессе функционирования смещается в значительных пределах. Когда же смещение органа незначительное, в местах контактов фасции с внутриорганный соединительной тканью формируется выраженное сращение. При этом фасциальный футляр прочно связан с мышцей (сухожилием) и поделен сращениями на отсеки.

МЕСТА СРАЩЕНИЙ ФАСЦИЙ И ФАСЦИАЛЬНЫЕ УЗЛЫ

Фасции, как и другие элементы мягкого остова в местах относительного покоя, срастаются между собой, обеспечивая непрерывность опорных соединительнотканых структур. В результате непрерывности мы не в состоянии определить четко границ фасций и кажется, что одна фасция переходит в другую.

Фиксация фасций на другой фасции или на других элементах мягкого остова может быть полной или частичной. Полная фиксация возможна только на органах с твердой, неподатливой стенкой. Если же прилегающий орган эластичный и может изменять свой объем, то фиксация неполная и определяется степенью эластичности прилежащего органа.

Фасции служат опорой мышцам, увеличивающимся в объеме при сокращении, кроме того, они удерживают мышцы от смещения в сторону, что особенно резко выражено вблизи суставов. При этом чаще одновременно сме-

щаются в одном направлении сразу несколько мышц, в результате чего на окружающую фасцию приходится очень большая нагрузка, действующая преимущественно в одном направлении. Поэтому, естественно, фасция усиливается вокруг всего комплекса, а точки ее фиксации формируются на кости (сращение между фасцией и надкостницей). В другую фазу движения та же самая картина повторяется с другой группой мышц.

В результате такого распределения действующих мышц, попеременного смещения их в разном направлении происходит не только усиление над ними фасции, но и формирование межмышечных перегородок, с помощью которых собственная фасция срастается с надкостницей и тем обеспечивает функцию удержания группы мышц на своем месте. В связи с этим межмышечные перегородки чаще всего состоят из двух фасций. Одна принадлежит одной группе мышц, а другая — другой группе мышц. Однако макроскопически установить это трудно, так как в местах формирования межмышечной перегородки, особенно если обе фасции близко подходят друг к другу, наступает их сращение. Структура межмышечной перегородки еще больше маскируется тем, что поверхностные слои фасции одной группы мышц переходят, не прерываясь в области перегородки, на фасцию другой группы. Средние и глубокие слои фасции каждой группы или преимущественно одной из них образуют межмышечную перегородку. Этим самым межмышечная перегородка представляет собой своеобразный треугольник, заполненный жировой клетчаткой. Основание его направлено к поверхности, а вершина — к кости.

Так же формируется большинство межмышечных перегородок на плече, предплечье, голени (рис. 14).

Собственная фасция прикрепляется к кости (сращение ее с надкостницей) не только посредством межмышечных перегородок. В тех случаях, когда кость расположена поверхностно, а вблизи проходит собственная фасция, последняя прикрепляется к надкостнице и тем осуществляется ее фиксация. Это наблюдается в области надмышечков бедра, большеберцовой кости, головки малоберцовой кости, плечевой кости, локтевого отростка и т. д.

Фасция срастается не только с костями, хрящами, но и с апоневрозами. Подобное сращение фасций наблюдается на краях ладонного и подошвенного апоневрозов.

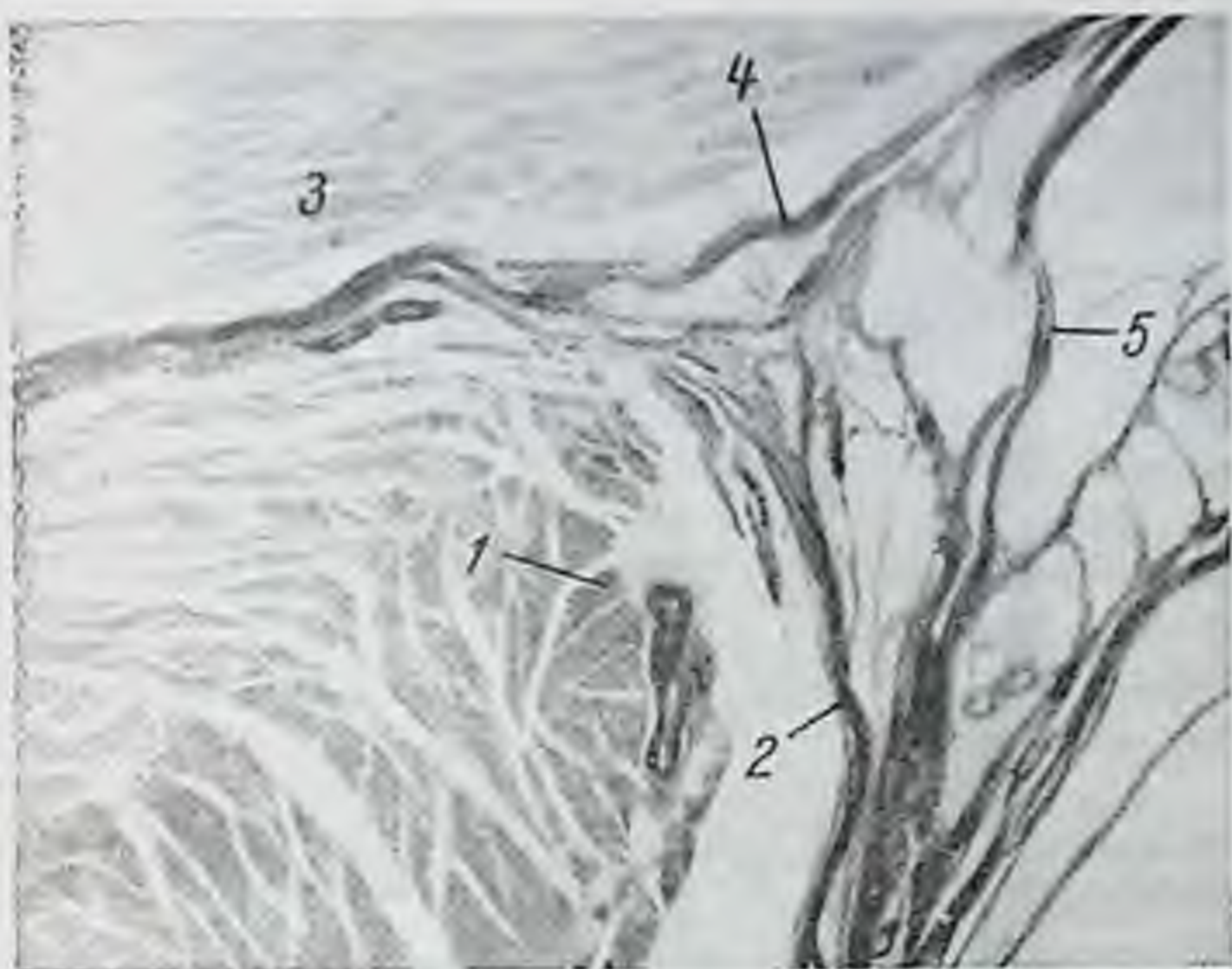


Рис. 14. Гистотопографический препарат средней трети голени в области задней межмышечной перегородки. Окраска световым зеленым и орсеином. Увеличение 4×8 .

1 — задняя группа мышц; 2 — фасция задней группы мышц; 3 — малоберцовая группа мышц; 4 — фасция малоберцовой группы мышц; 5 — поверхностные слои собственной фасции голени.

На рис. 15 виден медиальный край средней части подошвенного апоневроза. От глубокого поперечного слоя подошвенного апоневроза к костям идет межмышечная перегородка. С ней срастается фасция группы мышц большого пальца. В щели между межмышечной перегородкой и перимизием короткого сгибателя пальцев лежат сосуды и нервы медиального сосудисто-нервного пучка. Вокруг каждого образования имеется фасциальная оболочка. Таким образом, на узком участке формируется своеобразный стык фасций.

Аналогичные соотношения мы находим по латеральному краю подошвенного апоневроза. Латеральная межмышечная перегородка образуется частично за счет подошвенного апоневроза, а частично за счет фасции мышц мизинца. Недалеко от межмышечной перегородки с апоневрозом срастается фасция короткого сгибателя пальцев. Таким образом, получается узел, соединение нескольких фасций на узком участке. В этих условиях дополнительной точкой опоры является край апоневроза.



Рис. 15. Гистотопографический препарат медиального фасциального узла подошвы. Окраска пикрофуксином и орсеином. Увеличение 1×8 . 1 — подошвенный апоневроз; 2 — короткий сгибатель пальцев; 3 — сосудисто-нервный пучок; 4 — медиальная межмышечная перегородка; 5 — мышцы большого пальца.

Сосудисто-нервный пучок лежит в рыхлой жировой клетчатке между листками межмышечной перегородки. Сосуды и нервы окутаны фасциальной оболочкой.

Такой стык фасций на подошве был назван И. Д. Кирпатовским (1954) фасциальным узлом.

Учение о фасциальных узлах возникло и оформилось в последние два десятилетия. На основании исследований, проводимых на кафедре оперативной хирургии I Московского медицинского института имени И. М. Сеченова, а также собственных данных В. В. Кованов и Т. И. Аникина (1967) относят фасциальные узлы к соединительнотканным образованиям, выполняющим опорную и ограничительную роль. Опорная роль для футляров мышц обеспечивается тем, что почти во всех случаях фасциальный узел имеет непосредственную или опосре-

дованную связь с костью (надкостницей). Ограничивающая роль фасциальных узлов, и это хорошо показано Т. И. Аникиной (1964), заключается в ограничении распространения инъекционной массы при ненарушенном фасциальном узле и беспрепятственное ее распространение при разрушении последнего.

В зависимости от степени выраженности различают три вида фасциальных узлов: апоневротические, фасциально-клетчаточные и смешанные (В. В. Кованов, Т. И. Аникина, 1967). Апоневротические фасциальные узлы (подъязычный фасциальный узел, белая линия живота и др.) характеризуются мощным развитием соединительнотканной основы, что обуславливается тягой близлежащих мышц сразу в двух или более направлениях. Такие узлы более надежно отграничивают одни фасциальные футляры от других.

Фасциально-клетчаточные узлы менее выражены и формируются в большинстве своем под действием сил одного или преимущественно одного направления.

Узлы смешанного вида включают черты первой и второй группы.

Фасциальные узлы имеют тесную связь с соединительнотканными футлярами сосудов, желез, лимфатических узлов и др. Морфологическая связь фасциального узла с футлярами указанных органов способствует их укреплению.

Сущность фасциального узла, как указывают В. В. Кованов и Т. И. Аникина (1961, 1967), состоит в обеспечении опоры. Именно фасциальный узел есть яркое проявление опорной роли фасции как элемента мягкого остова. Опора подобных стыков фасции возможна при двух условиях: во-первых, эти стыки должны иметь прямую или косвенную связь с костью или другой твердой тканью¹, служащей для них опорой, а во-вторых, у них должен быть свой тонус, т. е. стык должен быть натянут, напряжен. Только при этих условиях он может служить опорой для других фасций. Это напряжение обеспечивается тонусом близлежащих мышц, натяжением окружающей их фасции.

Мы исследовали фасциальные узлы на кисти, ягодичный фасциальный узел, подошвенные фасциальные узлы

¹ В отдельных случаях опорой фасциальному узлу могут быть фасции, апоневрозы, связки и др. (сосудистые, органые узлы).

и во всех случаях без труда удавалось установить как сращение нескольких фасций между собой, так и соединение их с костью или другой твердой опорой. Тонус же узлов обеспечивают соседние мышцы.

Таким образом, фасции имеют определенные места, к которым они крепятся; органы, с которыми они срастаются. Такие места в ряде случаев являются общими для многих фасций, так как они определяются расположением мышц, костей и других органов. Обычно это межмышечные перегородки, более плотные фасции или апоневрозы, выступающие части костей и т. д. В таких местах на узком, но обычно длинном участке срастаются сразу несколько фасций различных мышц и органов. Эта точка или, скорее, линия является для них местом опоры и вполне может быть определена как фасциальный узел. Выраженность и значение фасциального узла в каждом случае будут различными.

СОСУДИСТО-НЕРВНЫЕ ФАСЦИАЛЬНЫЕ ВЛАГАЛИЩА

Н. И. Пирогов впервые в своей работе дал характеристику фасциальным влагалищам сосудов. По его мнению, все сосудистые влагалища образованы волокнистой соединительной тканью. На конечностях они всегда соединяются с задней пластинкой фиброзных мышечных влагалищ, поэтому их можно рассматривать как удвоение задних (глубоких) пластинок мышечных влагалищ или как особые влагалища, тесно соединенные с этими пластинками. Более плотные сосудистые влагалища имеются там, где они сливаются с фасциями на конечностях, а более рыхлые там, где они покрыты серозными оболочками.

Сосудистые влагалища главных стволов на шее и на конечностях имеют призматическую форму, основание призмы обращено вперед, а вершина — назад. Основание или более широкая часть призматического сосудистого влагалища обыкновенно покрывается краем мышцы, вершина срастается с надкостницей непосредственно или посредством фиброзного отроча.

Каждое сосудистое влагалище разделяется соединительнотканными перегородками на несколько отделов, в которых обычно помещается артерия, сопровождающая ее вена и нерв.

Из этой краткой характеристики сосудистых влагалищ ясно прежде всего то, что Н. И. Пирогов имел в виду не влагалище отдельно артерии, вены или нервов как самостоятельного органа, а общее для них фасциальное влагалище, которое правильно было бы назвать сосудисто-нервным, так как оно окружает одновременно все эти образования. При этом он отмечал, что сосудистое влагалище не везде одинаково выражено. Если сосуды с нервами проходят между мышцами, то оно образуется фасциями этих мышц и имеет определенную форму. А там, где сосуды лежат вдали от мышц, вокруг них находится рыхлая клетчатка и их сосудистое влагалище развито слабо.

Таким образом, сосудистые влагалища, описанные Н. И. Пироговым, не столько являются производными самих сосудов, сколько определяются местом, где они проходят.

В работе Н. И. Пирогова не совсем ясно описаны отношения сосудистого влагалища к тем фасциальным образованиям, которые непосредственно окружают артерию, вену, нерв. Иногда трудно провести грань между ними. Они как бы сливаются между собой и только в отдельных местах можно догадаться о различии между ними по перегородкам между артериями, венами и нервами.

Нечеткое разграничение сосудисто-нервных фасциальных влагалищ и сосудистых влагалищ впоследствии привело к дискуссии по этому вопросу. Большинство исследователей присоединились к трактовке Н. И. Пирогова, изменив только название «сосудистые влагалища» на «сосудисто-нервные фасциальные влагалища» [136, 210, 261, 301, 331].

Merkel (1907) совсем отрицает наличие специального сосудисто-нервного влагалища. Он считает, что рыхлую ткань, которая окружает сосудистый пучок, нельзя назвать сосудистым влагалищем.

На существование самостоятельного сосудистого влагалища вокруг артерий и вен указывали А. Самарин (1912), Т. Н. Тарханянц (1912), И. В. Котельникова (1952), Т. Д. Никитина (1960), М. С. Дашкевич, Р. А. Кирилочкина, Э. А. Мазонко (1964) и др.

Формирование этого влагалища вокруг сосудов, по данным Т. Н. Тарханянца, Н. Д. Широченко (1970), происходит на ранних стадиях развития зародыша и выра-

жается в группировке клеток мезенхимы вокруг сосудов. Постепенно клетки удлиняются, формируются волокна. У зародыша длиной 6 см вокруг сосудисто-нервного пучка образуется как бы чехол из волокнистой ткани. У эмбрионов в 2—4 месяцев сосудисто-нервный пучок окружен слабо выраженным слоем соединительной ткани. При этом каждый из компонентов этого пучка имеет свой особый соединительнотканый листок, который лучше всего выражен вокруг артерии. Влагалище сосудисто-нервного пучка, по мнению Т. Н. Тарханянца, состоит из отдельных concentрически расположенных волнообразных волокон.

О пластинчатом строении сосудистого влагалища писали А. Максимов (1925), Э. Е. Оганджян (1953).

И. В. Котельникова (1952) изучала сосудистое влагалище гистологическим методом и нашла, что оно состоит из нескольких слоев волокон, направленных циркулярно и перекрещивающихся между собой под острым углом. Она отметила одинаковую структуру футляра сосуда с его адвентицией. Разница между ними только в том, по ее мнению, что в сосудистом футляре меньше эластических волокон и они образуют более редкую сеть.

Степень развития сосудистого влагалища зависит от природы сосуда, его калибра.

На крупных сосудах фасциальные оболочки толстые, хорошо выражены. Это подтверждено многими исследователями [260, 280].

М. С. Дашкевич, Р. А. Кирилочкина, Э. А. Мазонко (1964) приводят описание межфасциального сосудистого ложа, стенки которого образованы фасциями соседних мышц, а также отростками собственной фасции, общего фиброзного ложа для сосудов и собственного фиброзного влагалища. Кроме того, авторы обращают внимание на существование паравазальных и параневральных concentрических щелей.

Изучение общих закономерностей строения фасций и оболочек отдельных органов, в том числе и сосудов, показало, что сосуды и нервы, подобно мышцам и их сухожилиям, окружены фасциями, что послужило основанием для многих исследователей выделить фасциальные влагалища сосудов и нервов.

С целью дифференциации фасциального влагалища сосудов от других соединительнотканых элементов стенки нам представляется необходимым провести анализ

стенки сосуда с позиций распределения опорных элементов в ней.

В состав сосудистой стенки входят различные в механическом отношении компоненты: эластические, коллагеновые волокна, мышечные элементы и др. Основная масса их распределена в наружной (адвентиция) и средней оболочках сосудов. В средней оболочке сосуда мышечные элементы, коллагеновые и эластические волокна располагаются преимущественно циркулярно и в основном противостоят расширению сосуда. Вместе с тем средний мышечный слой противодействует удлинению, так как его компоненты связаны между собой, при этом они идут не строго циркулярно, а немного наискось.

Наружная оболочка (адвентиция) сосуда в основной своей массе состоит из коллагеновых и эластических волокон. Оба вида волокон располагаются рядом и формируются в concentрические слои.

Таким образом, мышечные элементы, коллагеновые и эластические волокна в сосудистой стенке распределены неравномерно. Известно, что мышечные элементы активно сопротивляются внутрисосудистому давлению и отличаются высокой эластичностью. Эластические волокна способны под действием силы растягиваться и возвращаться самостоятельно в свое первоначальное состояние. Коллагеновые волокна не обладают эластичностью, но тем не менее уступают действию силы без нарушения их целостности. Происходит это за счет удлинения их в связи с извитостью каждого волокна, а также перераспределения волокон в перекрещивающихся конструкциях.

В наружной оболочке (адвентиции) таких сосудов, как плечевая, бедренная, подколенная артерии и соответствующие им вены, можно насчитать от 7 до 15 concentрически расположенных слоев. В более мелких сосудах количество слоев бывает от 3 до 7—9. Каждый слой содержит коллагеновые и эластические волокна, но соотношение их в слоях и расположение неодинаковы.

Коллагеновые и эластические волокна в каждом слое располагаются продольно, циркулярно и косо.

Вблизи средней оболочки стенки сосуда в concentрических слоях содержится больше эластических волокон и очень мало коллагеновых, а на периферии они состоят преимущественно из коллагеновых волокон. Эластических волокон здесь мало и они тонкие.



Рис. 16. Микропрепарат поперечного среза плечевой артерии. Окраска световым зеленым и орсеином. Увеличение 3×6 .

1 — средняя оболочка; 2 — наружная оболочка; 3 — щели между слоями наружной оболочка.

Имеются также различия между строением адвентиции артерии и соответствующей ей вены.

Для наружной оболочки артерии характерно плотное расположение глубоких концентрических слоев, т. е. тех, которые непосредственно прилежат к средней оболочке (рис. 16). Глубокие слои ее почти сплошь состоят из продольно направленных эластических волокон. Эластические волокна плотно прижаты друг к другу и на поперечном срезе сосуда виден «часток» эластических волокон вокруг средней оболочки сосуда. Коллагеновых волокон в этих слоях настолько мало, что их трудно заметить. Первый слой на границе со средней оболочкой вообще состоит только из эластических волокон, которые сливаются друг с другом и образуют наружную эластическую мембрану.

К периферии сосуда концентрические слои располагаются свободнее, а самые крайние из них отделяются друг от друга щелями. И тогда видно, как все они связаны между собой переходящими из слоя в слой волокнами. По мере удаления от средней оболочки уменьшается количество эластических волокон, они становятся тоньше и среди них появляются направленные циркулярно. В наружных слоях циркулярные эластические волокна хорошо видны. Количество коллагеновых волокон к периферии стенки сосуда нарастает, они становятся толще и направлены поперечно к продольной оси сосуда.

Чем крупнее сосуд, тем лучше выражена его адвентиция, в которой среди четко ориентированных волокон преобладают направленные циркулярно. У крупных сосудов (подколенная, подключичная, бедренная, плечевая артерии) циркулярные пласты свободно отделяются от стенки сосуда и на препаратах видны большие щели. Именно эту часть адвентиции можно принять за фасциальную оболочку крупного сосуда, так как она легко отделяется от сосуда, а если ввести в щель между нею и стенкой сосуда жидкость, то последняя распространяется вдоль сосуда. На мелких сосудах исследователи подобной оболочки не находили, но при внимательном рассмотрении даже у очень мелких сосудов можно видеть такую адвентицию, которая как бы отделена от стенки сосуда щелью.

Адвентиция вены несколько отличается от адвентиции артерии. Прежде всего у вены она толще, но зато более рыхлая. Между ее слоями часто встречаются жировые клетки. Это делает ее слабее по сравнению с подобной оболочкой артерии. Кроме того, в адвентиции вены даже в ее глубоких слоях больше циркулярных волокон и гораздо меньше продольных. При этом в каждом слое почти одинаковое количество коллагеновых и эластических волокон. Концентрические слои адвентиции вены более равномерно расположены по всей толще оболочки и только самые наружные слои заметно разрыхляются. В отличие от артерий в стенках вен мы не видим наружной эластической мембраны или она очень слабо выражена, а граница между средней и наружной оболочками вены мало заметна (рис. 17).

В местах, где крупный сосуд разделяется на два более мелких или от основного ствола отходит сосудистая ветвь, видно четкое разграничение внутренней и средней

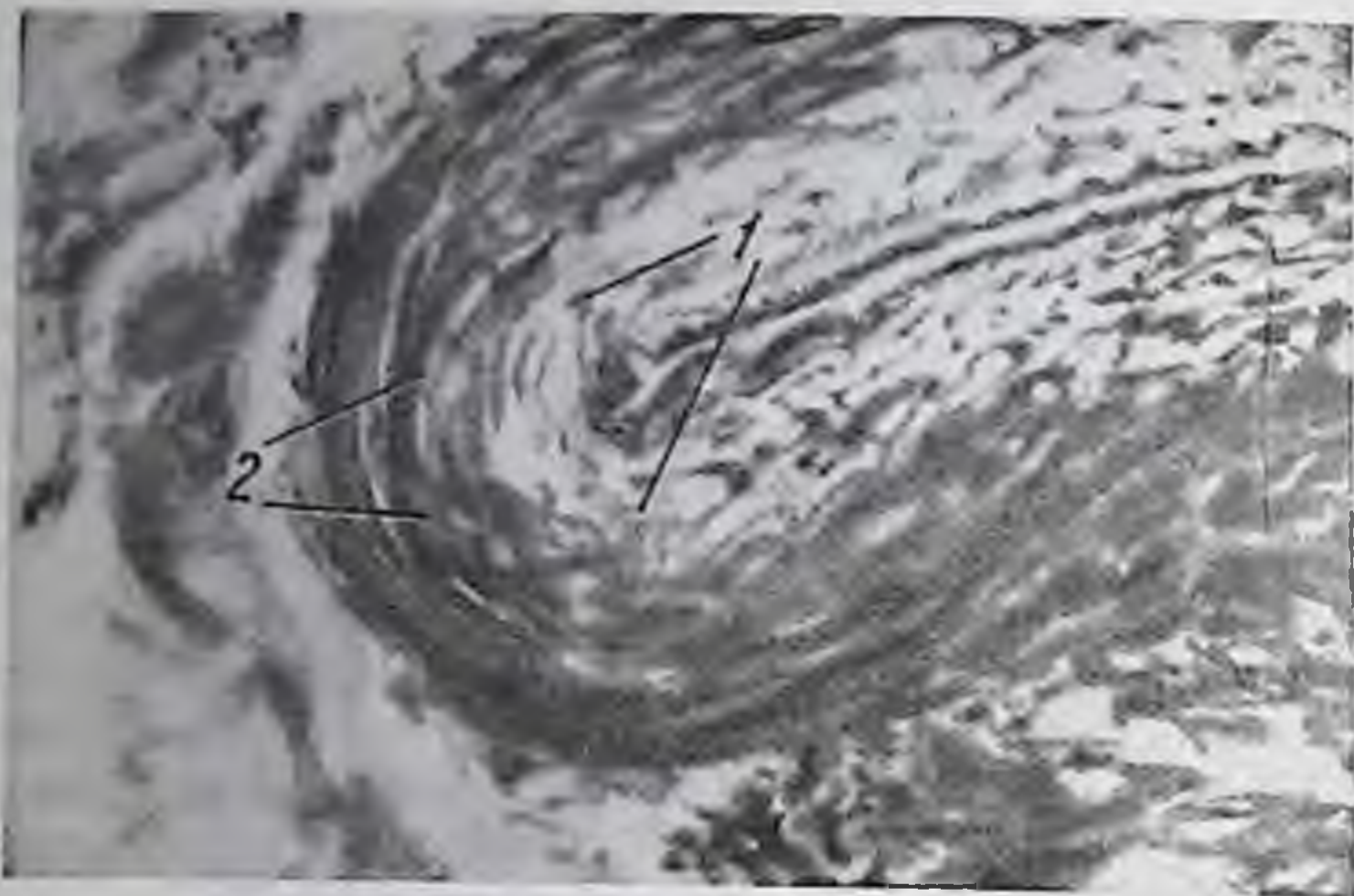


Рис. 17. Микропрепарат поперечного среза плечевой вены. Окраска световым зеленым и орсеином. Увеличение 3×6 .

1 — средняя оболочка; 2 — наружная оболочка. Видны concentрически расположенные слои.

оболочек, в то время как наружная оболочка долгое время остается для них общей (рис. 18). Больше того, средняя оболочка разветвляющихся сосудов соответствует диаметру сосуда, а общая наружная оболочка для них одинаково выражена как в области большого, так и в области малого сосуда.

Все это говорит о том, что наружная оболочка является производной окружающей рыхлой соединительной ткани в результате действия на нее стенки сосуда. Если действие двух сосудов в какой-то степени по величине и во времени одинаково, то вокруг них возникает общая оболочка или их оболочки срастаются между собой.

Наружная оболочка крупных и мелких сосудов устроена по одному плану и отличается друг от друга только выраженностью.

Если допустить, что вокруг крупных сосудов существует фасциальный футляр и отдельно адвентиция сосуда, то, естественно, между ними должна быть граница, хотя бы подобная той, какая имеется между другими оболочками сосудистой стенки. При самом тщательном изучении всей адвентиции от мелких до крупных сосудов мы не нашли существенной разницы между структурой



Рис. 18. Микропрепарат артерии в области ее разветвления на два равных по размерам сосуда. Окраска световым зеленым и орсеином. Увеличение 10×2 . Сосуд полностью разделился на два самостоятельных, но наружная оболочка для них еще общая.

фасциальной оболочки и адвентицей сосуда. Видимо, такой границы вообще не существует, и мы имеем дело не с двумя разными образованиями, а с одним целым, выполняющим одну функцию всеми своими слоями.

По функциональному значению, составу элементов, их расположению и условиям формирования наружная сосудистая оболочка ничем принципиально не отличается от фасциальной оболочки.

В связи с тем что сосуды в организме широко распространены и многообразны по своим размерам и функциям, а, следовательно, и по формообразующему влиянию на окружающую их соединительную ткань, можно предположить существование ее многообразных форм. Лучше всего убедиться в этом на подкожных сосудах и крупных сосудах конечностей.

Мелкие сосуды подкожной клетчатки лежат свободно в окружении жировых клеток. На уровне светового микроскопа какой-нибудь связи между сосудами и жировыми клетками выявить не удастся. Адвентиция более крупных сосудов срастается с подкожными соединительнотканными тяжами, что указывает на более тесное взаимодействие сосуда с окружающими тканями.



Рис. 19. Гистотопографический препарат. Поперечный срез средней трети плеча. Окраска нафтоловым зеленым и резорцин-фуксином. Увеличение 2×8 .

1 — поверхностная фасция; 2 — головная вена; 3 — собственная фасция. Фасциальная оболочка вены срастается как с поверхностной, так и с собственной фасцией.

Еще более крупные сосуды (поверхностные вены) чаще всего лежат между поверхностной и собственной фасциями и связаны с ними соединительнотканными отростками (рис. 19). Связь между оболочкой сосуда и фасциями может быть выражена больше или меньше, в зависимости от величины их соприкосновения. Мы наблюдали случаи, когда продольные волокна наружного слоя собственной фасции в зоне подфасциального сосуда становятся поперечными и срастаются с его оболочкой, а вена плотно прилежит к собственной фасции.

Поверхностные вены на пути к магистральным сосудам расположены на разной глубине в подкожной клетчатке. Первоначально они лежат между кожей и поверхностной фасцией. На большем отрезке своего пути вены находятся между поверхностной и собственной фасциями, а вблизи места слияния их с глубокими венами они оказываются под собственной фасцией.

Переход вен и поверхностных нервов через фасциальные образования в большинстве своем происходит по-

Рис. 20. Гистотопографический препарат. Поперечный срез на уровне верхней трети голени. Окраска пикрофуксином и орсеином. Увеличение 2×8 .

1 — поверхностная фасция с большей частью собственной фасции; 2 — малая подкожная вена нижней конечности; 3 — собственная фасция.



степенно. В зависимости от угла наклона вены к фасции и толщины последней вена может на значительном отрезке находиться в расщеплении фасции. Показательна в этом отношении малая подкожная вена нижней конечности. Вначале она на каком-то отрезке пути располагается между поверхностным и средним слоями собственной фасции, затем на протяжении нескольких сантиметров мы видим ее в толще среднего слоя фасции и, наконец, между средним и глубоким слоями. Таким образом, путь этой вены в толще собственной фасции оказывается длинным. Создается впечатление, что собственная фасция, «расщепляясь», образует канал для малой подкожной вены нижней конечности. Впечатление это еще более усиливается оттого, что вокруг вены всегда много жировой клетчатки, которая вместе с веной как бы «растягивает», «расширяет» проход для вены (рис. 20).

Угол, под которым вена проходит через фасцию, размер вены, количество окружающей ее жировой клетчатки определяют собой величину отверстия в фасции. От-

верстия эти бывают чаще всего овальной формы, слегка продолговатые и по величине во много раз превышающие диаметр сосуда. Все свободное от вены пространство отверстия заполняется жировой клетчаткой и нежными сеточками коллагеновых волокон, которые создают легко смещаемую решетчатую заслонку. С возрастом несоответствие между величиной отверстия и диаметром сосуда увеличивается, а сетчато-жировая заслонка ослабевает, и тогда эти места оказываются возможными путями для распространения инфекции или инъекционных жидкостей.

Из всего этого следует, что поверхностные вены верхней или нижней конечности, а также других участков тела на всем пути от истоков до впадения их в глубокие вены могут располагаться в подкожной клетчатке, между фасциями, на малом отрезке внутри фасции и под фасцией. При этом истоки вен находятся в подкожном слое поверх фасций, где-то в среднем отделе вена располагается между поверхностной и собственной фасцией и в кожная вена лежит в расщеплении собственной фасцией. Только в тех случаях, когда поверхностная вена располагается вблизи костных выступов (большая подкожная вена в области коленного сустава), в зоне костного выступа она оказывается надфасциальной, а выше снова переходит в межфасциальное пространство. Видимо, Э. А. Мозонко (1964) имела в виду особый вариант, указывая на то, что в нижней трети бедра большая подкожная вена лежит в расщеплении собственной фасции, а в верхней трети — в расщеплении поверхностной фасции.

На основании отношения подкожных вен к фасциям на всем пути их следования мы выделяем: 1) надфасциальные участки поверхностных вен, 2) межфасциальные, 3) интрафасциальные и 4) подфасциальные. Выделение этих отрезков поверхностных вен не только облегчает понимание их топографического расположения и отношения к фасциям, но может способствовать объяснению происходящих в поверхностных венах конечностей гемодинамических процессов, а также определяет тактику хирурга при тех или иных вмешательствах на венах.

Глубокие сосуды (артерии и вены) и нервы расположены обычно между органами. Их фасциальные оболочки так же, как оболочки поверхностных сосудов, имеют волокнистую связь с теми образованиями, между кото-

рыми располагаются сосуды, и ничем принципиально не отличаются от таковой поверхностных сосудов. Это можно проследить на многих препаратах сосудисто-нервного пучка как на верхней, так и на нижней конечности. Так, в верхней трети бедра сосудисто-нервный пучок лежит в жировой клетчатке между мышцами.

Снаружи от сосудисто-нервного пучка находится портняжная мышца, а внутри — гребешковая и длинная приводящая мышцы. Спереди к сосудисто-нервному пучку прилежит широкая фасция бедра. Собственная фасция образует мостик над клетчаточной щелью, в которой лежат сосуды и нервы, перекидываясь между портняжной и длинной приводящей мышцами. Каждая из этих мышц окутана фасциальным футляром. Глубже находится четырехглавая мышца, которая тоже окружена своей фасцией. В местах прилегания мышц друг к другу фасциальные образования срастаются в один листок. Ход фасциальных листков, ограничивающих клетчаточную щель, и линия их сращения неровные, поэтому клетчаточное пространство имеет почти квадратную форму с неровными краями и заостренными углами. В этой клетчаточной щели лежат бедренные сосуды и нервы. Они находятся на значительном расстоянии от ее стенок. Вокруг каждого образования (артерий, вен и нервов) видны фасциальные оболочки. Жировая клетчатка данной щели пронизана соединительнотканными тяжами. На некотором расстоянии от собственной фасции лежит поверхностная фасция. Они отделены друг от друга толстым слоем жировой клетчатки, в которой лежат большая подкожная вена нижней конечности и ее приток.

Сосудисто-нервный пучок в верхней трети плеча, как и в верхней трети бедра, расположен в клетчаточной щели непосредственно под собственной фасцией, а по сторонам и в глубине находятся мышцы, каждая из которых одета фасциальным футляром.

Фасциально-клетчаточная щель, в которой располагаются сосуды и нервы, здесь тоже неправильной формы, с неровными краями и определяется не сосудисто-нервным пучком, а расположением окружающих мышц. Элементы сосудисто-нервного пучка лежат свободно и с помощью соединительнотканых тяжей срастаются с собственной фасцией и фасциальными футлярами мышц. В средней трети плечевая артерия с сопровождающими венами и срединный нерв располагаются в межфас-



Рис. 21. Гистотопографический препарат сосудисто-нервного пучка плеча на границе средней и нижней трети. Окраска пикрофуксином и орсеином. Увеличение 2×8 .

1 — поверхностная фасция; 2 — собственная фасция; 3 — медиальная межмышечная перегородка; 4 — основная вена; 5 — локтевой нерв; 6 — трехглавая мышца плеча; 7 — срединный нерв; 8 — двуглавая мышца плеча и ее фасция; 9 — плечевая артерия. Элементы сосудисто-нервного пучка лежат вблизи межмышечной перегородки и фасции мышц. Каждый из них имеет свое фасциальное влагалище.

циальной клетчаточной щели позади внутреннего края двуглавой мышцы плеча и кпереди от внутренней межмышечной перегородки. Щель эта четырехугольной формы и обширна. Все элементы сосудисто-нервного пучка лежат в ней свободно, срастаясь своими фасциальными оболочками между собой и со стенками указанной межфасциальной щели. Локтевой нерв и основная вена лежат уже позади внутренней межмышечной перегородки. Взаимоотношение элементов сосудисто-нервного пучка можно проследить на рис. 21, на котором дан сосудисто-нервный пучок в увеличенном виде.

В нижней трети плеча сосудисто-нервный пучок все больше выходит из-под двуглавой мышцы и располагается непосредственно под собственной фасцией. Элементы его также связаны соединительнотканными тяжами с собственной фасцией и фасциями прилежащих мышц.

В подколенной области сосуды и нервы находятся в окружении рыхлой жировой клетчатки вдали от фасциальных образований подколенной ямки, с которыми они связаны большим количеством соединительнотканых тяжей. В области голени и предплечья сосуды и нервы расположены преимущественно между мышцами в межфасциальных клетчаточных щелях. Они в большей или меньшей степени срастаются своими фасциальными оболочками со стенками клетчаточных щелей.

Во всех этих отделах верхней и нижней конечностей форма сосудисто-нервного фасциального влагалища не всегда соответствует той, которую описал Н. И. Пирогов. Только в средней трети бедра форма сосудисто-нервной фасциально-клетчаточной щели соответствует описаниям Н. И. Пирогова.

Еще более тесная связь между фасциальными оболочками сосудов и стенками сосудисто-нервного влагалища наблюдается в области бедренно-подколенного канала. Здесь наглядно видно, что сосуды и нервы тесно «зажаты» между мощными анатомическими образованиями. На рис. 22 дан поперечный гистопографический срез в средней трети бедра от трупа новорожденного: хорошо видны кожа, собственная фасция и мышцы бедра. Портняжная, приводящая и четырехглавая мышцы образуют бедренно-подколенный канал. Он небольших размеров, треугольной формы. В этом канале находятся бедренная артерия и вена. Окружающие их фасциальные оболочки срастаются со стенками бедренно-подколенного канала.

Все сказанное убеждает в том, что сосудисто-нервные фасциальные влагалища образованы фасциями соседних мышц, как об этом писал Н. И. Пирогов (1881), а впоследствии Т. М. Кариев (1957). На многочисленных фактах мы убедились, что классическая треугольная форма сосудисто-нервного фасциального влагалища встречается только в середине бедра и зависит не столько от сосудисто-нервного пучка, сколько от формы и взаимоотношения мышц, между которыми проходит сосудисто-нервный пучок.

Нервы конечностей, как правило, лежат рядом с сосудами и те взаимоотношения, которые мы наблюдаем между фасциальными оболочками сосудов и стенками сосудисто-нервного фасциального влагалища, имеют место между последними и соединительнотканной оболочкой нерва, только они меньше выражены.

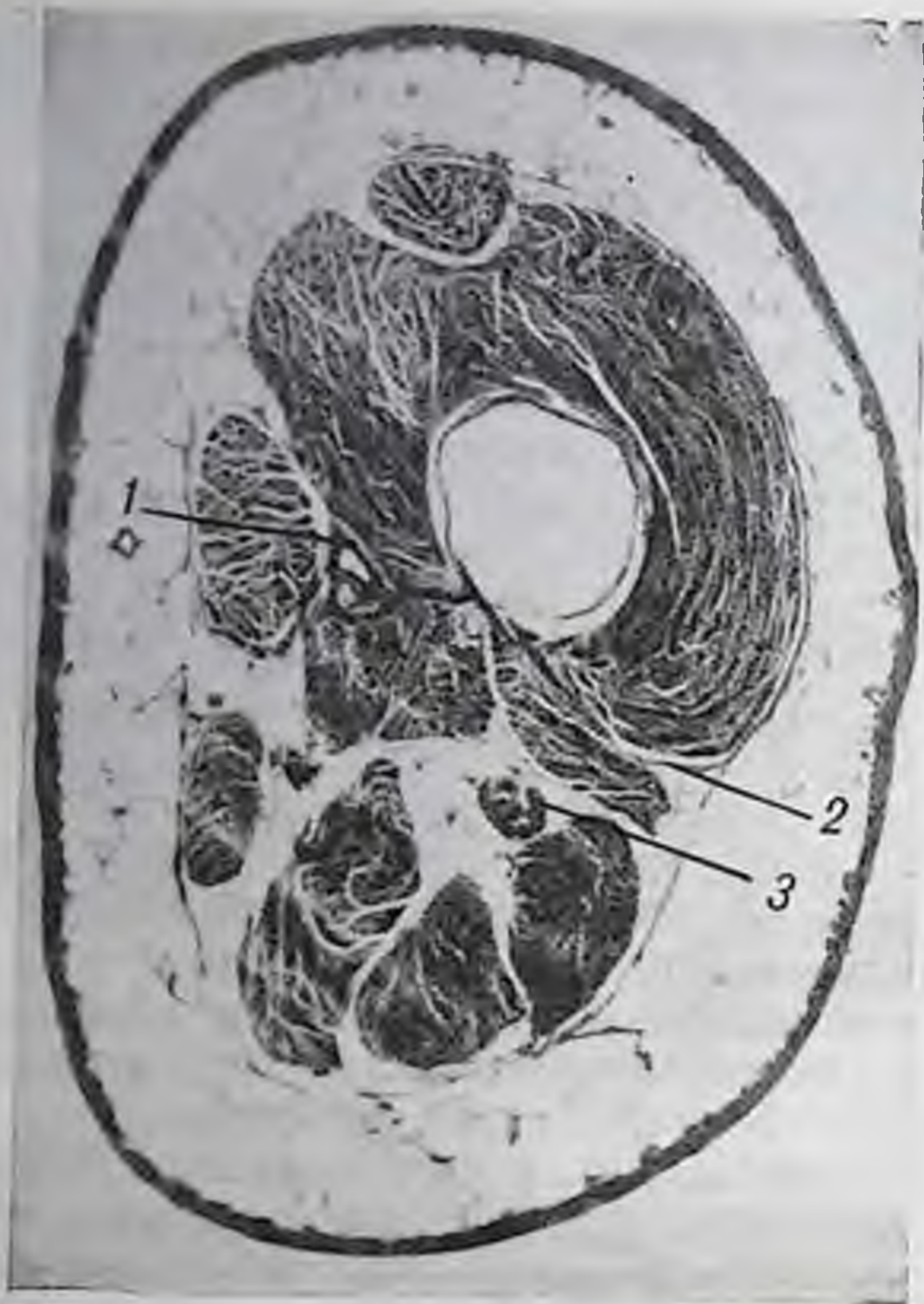


Рис. 22. Гистотопографический препарат поперечного среза бедра новорожденного в средней трети. Окраска пикрофуксинном и резорцин-фуксином.

1 — сосудисто-нервный пучок в канале приводящих мышц; 2 — наружная межмышечная перегородка; 3 — седалищный нерв.

Оболочки нервов (пери- и эпиневрй) отличаются сложностью и специфичностью строения. Мы не ставим перед собой задачу выяснения всех специфических особенностей оболочек нервов, обусловленных функциональным влиянием нервных проводников. Нас интересует прежде всего состав и архитектоника волокнистых элементов соединительнотканного окружения нерва.

На примере оболочки седалищного, срединного, лучевого, локтевого, бедренного и других нервов легко убедиться, что оболочка их состоит преимущественно из коллагеновых волокон, которые плотно прилежат друг к другу и имеют в основном продольное направление. Очень

тонкие эластические волокна в небольшом количестве расположены продольно. На рис. 23 приводится фотография локтевого нерва мужчины 49 лет. Видны нервные пучки. Они объединены одной общей оболочкой, которая состоит преимущественно из коллагеновых волокон, направленных продольно. Между коллагеновыми волокнами встречаются тонкие единичные, продольно направленные эластические волокна. Общая оболочка срастается с оболочкой пучков нерва, которая несколько тоньше общей, но имеет аналогичное ей строение.

Соотношение коллагеновых и эластических волокон, их выраженность и направление указывают на наличие в оболочке сил внутреннего напряжения. Возможно, силы внутреннего напряжения, ориентированные в основном продольно, связаны с натяжением нервов при сокращении мышц и движении конечности. Поперечно расположенные коллагеновые волокна и пучки могли возникнуть в результате поперечного давления нерва на оболочку, например при изменении наполнения его сосудов.

Нельзя понять до конца особенности строения сосудисто-нервных фасциальных влагалищ, если не учитывать ряд закономерностей в формировании сосудов и нервов.

Терминальное сосудистое русло развивается в большей степени в связи с потребностями кровоснабжаемой ткани в питательных веществах и интенсивностью обменных процессов. Транспортные же сосуды определяются из многочисленной первоначальной сосудистой сети в тех местах, которые наиболее благоприятны с точки зрения гемодинамики. Поэтому крупные сосуды, развивающиеся в зависимости от количества крови, притекающей к органу и оттекающей от него, локализуются в местах меньшего давления (борозды, щели, пространства и т. д.), а там, где сосуд оказывается в тесном окружении других тканей, происходит взаимное воздействие органов друг на друга и «побеждает» тот, который более активно функционирует.

Положение о том, что сосуды и нервы развиваются в механически более благоприятных местах, распространяется и на терминальное сосудистое русло, а также терминальные нервные образования, что хорошо показано в работах В. В. Куприянова и его учеников, а также А. К. Макаровым и А. Г. Кочетковым на примерах кро-

воснабжения и иннервации различных зон сухожилий сгибателей и разгибателей кисти и пальцев. В последнем случае следует выделить два формирующих фактора: потребность тканей в кровообращении и иннервации и механические условия формирования сосудисто-нервного комплекса.

ВОЗРАСТНЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФАСЦИЙ

Фасции, как все другие органы и ткани, подвергаются возрастным и функциональным изменениям. Эти изменения не так трудно выявить, однако дифференцировать функциональные изменения от возрастных весьма не просто, так как функция развивается во времени. А главное, как функциональные, так и возрастные изменения в первый период жизни (период роста) имеют одинаковую направленность, сущность которой состоит в тканевой дифференцировке и приросте (увеличении). Только в последующем за функцией сохраняется свойство поддержания определенной организации структур, а возрастные изменения приводят к появлению структур, как правило, менее качественных, и поэтому последнее компенсируется количеством. В связи с этим мы считаем целесообразным рассматривать функциональные изменения не вообще, а применительно к периодам: а) роста и развития организма, б) стабильного его состояния, в) увядания организма. Во всех периодах функция способствует лучшему развитию структурной организации. Но если в первом периоде функция стимулирует рост и дифференцировку, то во втором она способствует поддержанию структурной организации на устоявшемся уровне, а в третьем периоде с помощью функции идет гиперразвитие увядающих структур.

Для более полного выявления функциональных и возрастных изменений целесообразно различать их на органном уровне и на уровне других систем организма.

Если рассматривать фасции с этих позиций, то можно указать на ряд признаков, свойственных всем фасциям без исключения. Так, фасции новорожденного мало чем отличаются друг от друга. Как правило, они тонкие, рыхлые, лишены жировых клеток. В некоторых фасциях (поверхностных и слабо развитых) нет еще определенно-го направления волокнистых структур, а иногда нечетко выявляются слои. При более детальном изучении фасций



Рис. 24. Фасция новорожденного (описание в тексте). Окраска резорцин-фуксином. Увеличение 7×90 .

новорожденного и сравнении их с фасциями взрослых можно заметить четкие особенности как волокнистых, так и клеточных элементов. Например, коллагеновые волокна новорожденных отличаются от волокон взрослого меньшей зрелостью, что на уровне светового микроскопа проявляется рядом признаков. Так, коллагеновые пучки первого порядка новорожденного в большинстве своем равны 10—15 мк, отдельные волокна их далеко отстоят друг от друга. В результате коллагеновый пучок напоминает собой по внешнему виду, «расчесанный» пучок старческого возраста. Соседние коллагеновые пучки лежат далеко друг от друга, солитарных пучков почти совсем нет. Присущая коллагеновому волокну и пучку взрослого периодическая извитость в фасциях новорожденных еще только оформляется. Сплошь и рядом видны неправильные изгибы, «изломы» коллагенового волокна (рис. 24).

К 1—3 годам уже четко выявляются правильные изгибы. Период волны достигает 20—30 мк. Коллагеновые волокна в пучках разрастаются, плотно прилегают друг к другу. В результате этого коллагеновый пучок становится более плотным, компактным. Расстояние между

соседними пучками уменьшается, усиливается связь их между собой.

К 7—10 годам изгибы достигают своего максимального развития, становятся более глубокими. Период волны увеличивается до 30—50 мк. Коллагеновый пучок становится плотным, грубым и почти ничем не отличается от пучка взрослого.

В старческом возрасте (70—80 лет) коллагеновые волокна теряют свою упругость, изгибы расправляются, а местами совсем исчезают. Нередки значительные колебания длины волны и глубины извитости. Коллагеновые пучки становятся тоньше, волокна, их составляющие, лежат более свободно. Все это приводит к тому, что щели между коллагеновыми пучками первого и второго порядков увеличиваются, связь пучков друг с другом уменьшается, а сами пучки имеют вид «расчесанных» волокон.

Эластические волокна новорожденных также существенно отличаются от волокон зрелых фасций. Обращает на себя внимание прежде всего почти одинаковая их толщина. Все они тонкие, нежные, слабо красящиеся орсеином или резорцин-фуксином. Толщина их не превышает 1—2 мк. Большинство из них совершенно прямые, мало или совсем не связаны друг с другом. Во многих случаях наблюдается одинаковое распространение эластических волокон. Так, в поверхностной и собственной фасциях новорожденного эластические волокна часто одинаково развиты, а у взрослого эластических волокон в поверхностной фасции, как правило, больше чем в собственной. Меняется их соотношение в слоях фасции.

У ребенка 3 лет эластические волокна уже хорошо выражены, толщина их становится неодинаковой: наряду с большим количеством тонких, нежных появляются толстые, грубые эластические волокна. Они больше анастомозируют друг с другом, образуют своеобразные сети.

У детей 10—11 лет эластические волокна достигают формы и величины взрослых. Их очень много, они образуют причудливые сети. Больше толстых, грубых волокон, сплошь и рядом видны их разветвления, разволокнения. Толщина отдельных волокон, как и у взрослых, достигает 3—8 мк. Наряду с этим еще много тонких волокон.

Особенно разнообразны эластические волокна у старых людей. Изменения идут по линии утолщения эластических волокон, превращая их в грубые эластические

стволы, глыбы. Если у лиц молодого возраста разветвления или анастомозы двух соседних волокон обычны, то у старых людей в этих местах имеется мощное расширение, эластическая субстанция разрыхляется, отчетливо выявляется фибриллярность ее структуры. В этих местах сам ствол утолщается. Создается картина сучковатого дерева или огромного разветвленного корня. Такие явления, безусловно, связаны со старческими изменениями эластической ткани. При больших увеличениях и окраске эластических волокон слабыми разведениями орсеина с подкраской тканей световым зеленым или нафтоловым зеленым мы неоднократно наблюдали неоднородность эластического волокна. Наружная его часть более плотная, а иногда выглядит двуконтурной. Внутренняя структура особенно толстых, грубых волокон состоит из тонких нитей, переплетенных друг с другом в разных направлениях.

Клеточные элементы фасций определяются ее зрелостью и плотностью (см. стр. 30, 32). У новорожденных даже в относительно плотных фасциях много клеток. Ядра клеток чаще всего овальные или округлой формы.

К 3 годам количество клеток резко сокращается, ядра фибробластов приобретают вытянутую форму и располагаются между пучками.

К 7—10 годам клеточный состав фасции практически ничем не отличается от фасций взрослого. Количество клеток еще больше сокращается, но неодинаково в разных слоях. Вокруг сосудов, где фасция рыхлая, количество клеточных элементов мало сокращается, а в плотных слоях фасции их становится заметно меньше. Чем плотнее фасция или слой ее, тем меньше клеток. Ядра клеток из овальных превращаются в продолговатые, веретенообразные, интенсивно красящиеся. В таких случаях они нередко достигают 10—20 мк в длину, располагаются между коллагеновыми пучками и повторяют их изгибы.

Нетрудно заметить, что все описанное скорее относится к возрастным изменениям. Однако в разных фасциях или их компонентах отмечается неодинаковое развитие как во времени, так и по степени зрелости. В одних случаях даже у взрослых фасция остается слаборазвитой, а ее компоненты долго сохраняют черты развивающейся ткани, а в других — на ранних этапах развития фасция и составляющие ее структуры приобретают черты завер-

шенности и раньше увядают. В подтверждение этой мысли можно привести много примеров. Чем плотнее ткань, тем лучше и раньше выявляются изгибы волокон. Так, в подколенной фасции новорожденного изгибы коллагеновых волокон выражены лучше, чем в фасции двуглавой мышцы плеча, а в подвздошно-большеберцовом тракте они к моменту рождения более отчетливы, чем в подколенной фасции. Это указывает на то, что упругость коллагенового волокна связана с его функциональной зрелостью.

Об изменениях коллагеновых волокон в зависимости от различного функционального состояния фасций свидетельствует прежде всего различная степень выраженности этих волокон и их пучков в разных фасциях.

Сравнение структуры фасций широких мышц живота новорожденных с фасциями людей среднего и старческого возраста показывает, что в течение жизни они меняются неоднотипно. Так, во всех слоях фасций широких мышц живота у новорожденных коллагеновые волокна имеют примерно одинаковые размеры. Их величина колеблется от 3,2—4 до 8—14 мк. Коллагеновые волокна изгибаются неравномерно. Наряду с глубокими волнами даже у одних и тех же волокон имеются участки, где они идут прямо или образуют волны второго порядка. Коллагеновые пучки отличаются большей рыхлостью и легко расслаиваются на отдельные волокна. Они менее интенсивно красятся пикрофуксином и воспринимают его неравномерно. Эластические волокна в слоях фасций широких мышц живота имеют примерно одинаковую величину, не повторяют ход коллагеновых волокон и идут прямолинейно. Среди клеточных элементов фасций новорожденных преобладают клетки с округлыми или овальными ядрами и многоотростчатой цитоплазмой. Количество клеток на единицу площади у новорожденных больше, чем у взрослых. Например, в фасции, покрывающей переднюю поверхность наружной косой мышцы живота, на единицу площади приходится 40—50 клеток, а у взрослых на этом же участке всего 16—20 клеток.

Характерным для новорожденных является то, что клетки располагаются равномерно по всей толщине фасции. Несмотря на то что у новорожденных фасция, покрывающая наружную косую мышцу живота спереди, отличается от всех других толщиной (125—250 мк) и наличием в ней многих слоев, не удастся выделить преимущест-

венного развития какого-либо слоя, тем более различия их на протяжении всей фасции. У взрослых людей эта фасция утолщается (до 900—1000 мк) и приобретает сложное строение. В ней можно выделить до 5—7 отличающихся друг от друга слоев. Наиболее поверхностный слой фасции представлен в основном тонкими волокнами диаметром от 3,8 до 7 мк. Эти волокна ориентированы в различных направлениях, переплетаются друг с другом и располагаются рыхло. Кроме них, в поверхностном слое фасции встречаются единичные крупные пучки (25—50 мк). Они четко ориентированы и относятся к связующим пучкам собственной фасции с поверхностной.

Второй и особенно последующие слои фасции имеют более упорядоченный ход волокон. В указанных слоях пучки взаимно перекрещиваются, образуя фигуры ромбов. При этом мышечные волокна направлены по длинной диагонали ромба. Преимущественный размер пучков в указанных слоях равен 50—75 мк. Однако нередко можно встретить пучки шириной до 100 мк.

Наиболее глубокий слой фасции в отличие от средних слоев имеет рыхлое строение. Его пучки и волокна ориентируются не только поперечно и продольно, но и в передне-заднем направлении. Именно эти волокна уходят в глубь мышцы и теряются в эндомизии.

Дифференцировка слоев рассматриваемой фасции безусловно связана с разной функциональной их активностью. Поэтому в зависимости от различной нагрузки она происходит неодинаково по протяжению фасции. Так, в области грудной клетки, где мышца состоит из отдельных зубцов, фасция изменяется меньше. В этой зоне коллагеновые пучки ее слоев приобретают менее строгую ориентацию и выражены слабее по сравнению с соответствующими пучками фасции других участков. Размер пучков и волокон не превышает 14—50 мк. Пучки и волокна взаимно переплетаются по плоскости и в глубину, в результате чего нет четкой разницы между слоями фасции.

В области сухожилия широкой мышцы живота эта же фасция приобретает совсем иное строение, свойственное перитенонию данного апоневроза.

Фасция, покрывающая наружную поверхность внутренней косой мышцы живота, у новорожденного имеет меньшую толщину по сравнению с фасцией передней по-

верхности наружной косой мышцы. Кроме того, на протяжении фасции отмечается значительное колебание ее толщины. Так, в зоне соприкосновения мышечных брюшек наружной и внутренней косых мышц живота толщина фасции, покрывающей переднюю поверхность внутренней косой мышцы живота, равна 75—125 мк. В участке, где к данной фасции плотно прилежит апоневроз наружной косой мышцы, толщина ее не превышает 25—30 мк. Но, несмотря на это, диаметр коллагеновых волокон сохраняется примерно такой же, как и в других участках этой фасции или в других подобных фасциях, и равен 3,2—7 мк. Диаметр эластических волокон не превышает 0,6—1,2 мк.

С возрастом данный участок меняется мало, однако количество клеток здесь уменьшается в большей степени, чем в других местах, и достигает 8—12 клеток в одном поле зрения.

Фасции, покрывающие смежные поверхности внутренней косой и поперечной мышц живота, в отличие от взрослых на значительном протяжении лежат отдельно. Их толщина не превышает 75—80 мк. Каждая из них состоит из коллагеновых волокон диаметром 3,6—9,6 мк и эластических волокон диаметром 0,6—1,2 мк. Коллагеновые и эластические волокна идут в различных направлениях, переходят из слоя в слой. В результате этого трудно разделить фасции на отдельные слои. Количество клеток в данных фасциях в поле зрения микроскопа не превышает 32—40. Последние имеют ядро округлой или овальной формы и располагаются равномерно по всей толщине фасции. В паховой области фасции этих мышц в зоне, где обе мышцы имеют примерно одинаковое направление мышечных пучков, первоначально объединяются друг с другом, а затем, истончаясь, исчезают.

У взрослых фасции на соприкасающихся поверхностях внутренней косой и поперечной мышц живота развиты лучше и имеют более сложное строение. Толщина их колеблется в пределах 150—200 мк. По архитектонике волокнистых структур они ничем не отличаются друг от друга. Каждая из них в зоне выше пупка состоит из четырех слоев. Поверхностный слой той и другой фасции рыхлый, коллагеновые волокна его диаметром 3,5—4,8 мк ориентированы в разных направлениях. Они переплетаются между собой и частично переходят в соседние слои. Второй переходный слой выражен также сла-

бо. Он представлен тонкими волокнами диаметром 4,8—9,6 мк, ориентированными по направлению продольной оси мышцы. Третий слой состоит из наиболее крупных пучков (25—50 мк). Пучки данного слоя плотно прилежат друг к другу и ориентируются поперечно по отношению к мышечным волокнам.

Четвертый, самый внутренний слой расположен непосредственно вблизи мышечного пласта. Он состоит из пучков и волокон размером от 7 до 10 мк. Коллагеновые волокна этого слоя располагаются рыхло и имеют самое разнообразное направление. Часть их уходит в глубину мышцы и теряется в эндомизии.

В участке, где обе мышцы более плотно прилежат друг к другу, рыхлые наружные слои обеих фасций срастаются в один слой. По направлению к паховой области вследствие большого сближения мышц и одинакового направления их мышечных пучков происходит постепенное истончение и исчезновение всех других слоев. В результате в нижних отделах чревной области обе мышцы имеют одну общую фасцию, состоящую из двух внутренних рыхлых слоев, обращенных к мышцам, и общего третьего слоя. При этом толщина третьего слоя варьирует от 100—150 до 75—100 мк, а составляющих его волокон — от 25—50 до 14—25 мк.

Дальнейшее истончение слоев общей фасции происходит по мере приближения к паховой области, где мышечные пучки обеих мышц не только имеют одно направление, но и плотно прижаты друг к другу. Фасция в этом участке утрачивает типичное для нее строение и, истончаясь, превращается в эндомизий, так как не удастся установить границы между сросшимися внутренней косой и поперечной мышцами.

Еще более убедительно можно показать зависимость строения фасции от функциональной активности на примерах раннего выключения функции.

Мы изучали фасции на трупе женщины 51 года. В детстве она перенесла полиомиелит. Развился паралич левой ноги: укорочение на 5 см, отсутствие движений в коленном суставе. Все мышцы полностью атрофированы, мышечная ткань замещена соединительной. На правой ноге также имеется атрофия мышц, но менее выраженная. Мышцы верхних конечностей без особых изменений.

Несмотря на полное замещение мышечной ткани соединительной, фасции на левой ноге имели такую же

структуру, как и на правой, так же легко отделялись от измененных мышц, как и на функционировавшей стороне. Однако при изучении структуры удалось выявить, что на парализованной конечности фасции выглядят более «старыми». Заметна атрофия коллагеновых пучков, уменьшилась связь пучков друг с другом, фасция сделалась более рыхлой.

Аналогичные изменения были найдены на трупе женщины 45 лет, у которой был паралич верхних и нижних конечностей с атрофией мышц. Ее фасции были по возрасту «старыми» и соответствовали примерно возрасту 70 лет и больше.

Для выяснения действия функциональной нагрузки на структуру фасций и составляющих их элементов были поставлены специальные эксперименты на растущих животных: производя ампутацию голени, в ряде случаев ограничивали нагрузку на одну заднюю конечность и увеличивали ее соответственно на другую. В другой серии опытов мышцы одной из конечностей денервировались пересечением соответствующих вентральных корешков.

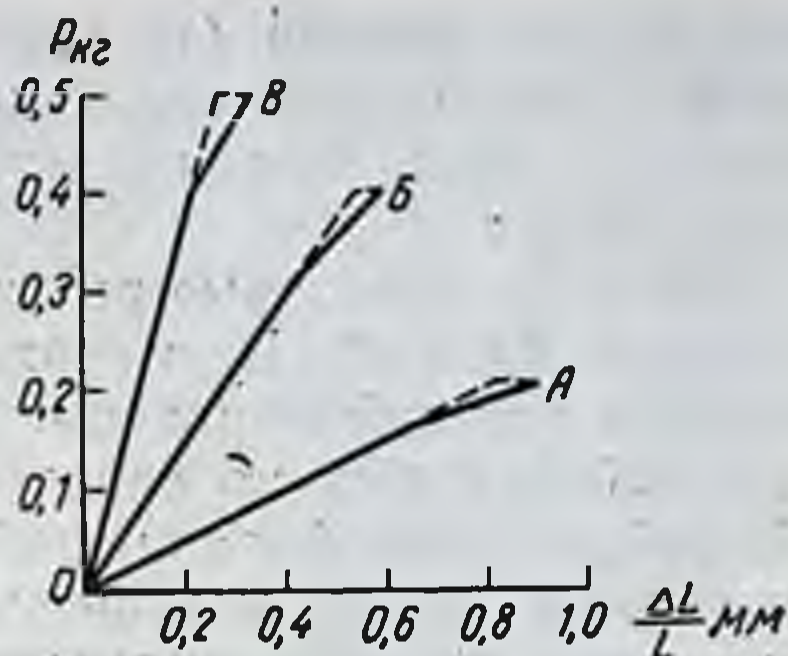
В обеих сериях опытов мы получили значительные изменения коллагеновых пучков. Они стали рыхлыми, значительно более слабыми на разрыв.

Полученные нами данные указывают на то, что с возрастом и в связи с изменением функциональной активности происходят существенные изменения фасций и их компонентов. Подтверждение этому мы находим прежде всего в изменении упругости фасций. По данным Э. Э. Шеппа, И. Ф. Солошенко, модуль упругости с возрастом увеличивается (рис. 25). Из этого можно заключить, что химический состав, а отсюда и свойства коллагенового волокна (растягивание осуществлялось вдоль основных коллагеновых пучков фасции) с возрастом существенно изменяются. Эти изменения ярко проявляются прежде всего в составе кислых и нейтральных мукополисахаридов и их топографии. Так, по данным Г. Я. Фишера, Э. Э. Шеппа, И. Ф. Солошенко и П. П. Потехина, в фасциях новорожденных по сравнению с фасциями взрослых содержится больше кислых мукополисахаридов. При этом заметен сдвиг в сторону несulfатированных полисахаридов.

Не только межуточное вещество, но и коллагеновые пучки фасций новорожденного окрашиваются толуидино-

Рис. 25. График увеличения модуля упругости собственной фасции предплечья с возрастом.

А — новорожденный; Б — средний возраст; В — старческий возраст.



вым синим при рН буфера 4,6 слабо базофильно. Метахромазия основного вещества выражена хорошо, однако она неяркая, преобладает β-метахромазия. При значениях рН буфера 2,8 метахромазия отсутствует. Основное вещество фасции интенсивно связывает коллоидное железо (реакция Hale) вокруг клеток и в цитоплазме фибробластов обнаруживаются скопления Хейл-положительных структур.

С возрастом метахромазия фасций становится более яркой, преобладают красные тона. Слабая β-метахромазия основного вещества и коллагеновых пучков сохраняется даже при значении рН 2,8. Зато способность основного вещества связывать коллоидное железо ослабевает. Межуточное вещество, особенно вокруг клеток, дает более интенсивную метахромазию, а в цитоплазме клеток выявляются метахроматически окрашенные гранулы.

Контроль с гиалуронидазами, блокирование реакционных групп, использование различных значений рН буфера указывают на то, что в фасциях новорожденных среди мукополисахаридов преобладает гиалуроновая кислота. С возрастом ее количество уменьшается, но увеличивается концентрация хондроитинсульфатов «С» и «В».

При выявлении нейтральных мукополисахаридов обращает на себя внимание слабое ШИК-положительное окрашивание коллагеновых пучков фасции новорожденных. Однако в цитоплазме фибропластов можно встретить ШИК-позитивные структуры. С возрастом интенсивность реакции нарастает, а после 60 лет интенсивность ШИК-реакции несколько снижается. Однако и в этом возрасте можно встретить клетки с ШИК-положительными структурами. При этом более интенсивная ШИК-реакция во всех периодах отмечается в более плотных

структурах фасции. Одновременное выявление нейтральных и кислых мукополисахаридов (окраска по Ritter — Oleson) дает нам представление об их топографии (рис. 26).

Имеются некоторые различия в составе полисахаридов разных фасций. В поверхностной фасции, например, больше несulfатированных мукополисахаридов и меньше нейтральных по сравнению с собственной фасцией. В собственной фасции сгибательной поверхности предплечья и плеча меньше хондроитинсульфатов и нейтральных полисахаридов по сравнению с фасцией разгибательной поверхности. И все же в зоне сухожилия трехглавой мышцы плеча, где собственная фасция истончена и ослаблена, лучше выявляются гиалуроновая кислота и слабо — ШИК-позитивные структуры. И, наоборот, удерживающая связка сгибателей пальцев и кольцевидные связки фиброзных влагалищ пальцев имеют яркую и многообразную картину. После обработки срезов толудиновым синим при рН буфера 4,6 коллагеновые пучки удерживающей связки сгибателей окрашиваются в фиолетовый цвет. Основное вещество между пучками дает яркую γ -метахромазию. В зоне давления (в местах прилегания сухожилий) выявляется более интенсивное метахроматическое окрашивание. При рН буфера 4,0 метахромазия ослабляется. При этом коллагеновые пучки приобретают лиловые тона, а межуточное вещество окрашивается в розовый цвет. Вокруг отдельных клеток выявляется яркая β - и γ -метахромазия (рис. 27). В цитоплазме клеток, расположенных в виде цепочек между коллагеновыми пучками, иногда обнаруживаются мелкие глыбки метахроматического вещества. В зоне давления, где появляются хрящевые клетки, метахромазия выражена лучше, а вокруг хрящевых клеток она особенно яркая (рис. 28) и сохраняется даже при рН буфера 2,8.

С помощью ШИК-реакции удалось установить также неодинаковое распределение нейтральных полисахаридов. Крупные коллагеновые пучки глубокого слоя связки, тесно прилежащие друг к другу, дают более интенсивное красно-малиновое окрашивание по сравнению с пучками поверхностного слоя (рис. 29). В глубоком слое связки даже в межуточном веществе ярко выявляется ШИК-позитивная субстанция, сливаясь с интенсивной окраской коллагеновых пучков. В цитоплазме хрящевых



Рис. 29. Микрофото. Кольцевидная связка фиброзного влагалища III пальца (мужчина 45 лет). Усиление ШИК-положительного окрашивания в зоне давления. ШИК-реакция. Увеличение 7×90 .

клеток этой зоны выявляются одновременно как ШИК-позитивные, так и Хейл-положительные структуры (рис. 30).

Все это указывает на важную роль мукополисахаридов в фасциях. Если провести параллели между функциональной ролью различных компонентов мукополисахаридов в соединительной ткани вообще и в фасциях в частности, то нетрудно объяснить выявленную закономерность в возрастной и функциональной динамике мукополисахаридов изученных нами фасций. Четкое выявление кислых мукополисахаридов в фасциях новорожденных с некоторым преобладанием несulfатированных их типов может указывать на период интенсивного волокнообразования в фасциях, на что в литературе имеются многочисленные указания [374, 410, 416, 443, 483].

Это тем более вероятно, что в цитоплазме клеток обнаруживаются гранулы Хейл-положительного вещества. Вторичное увеличение кислых полисахаридов с некоторым увеличением содержания гиалуроновой кислоты в структурах, подверженных сдавливанию (например,

связки), можно объяснить условиями метаболизма малососудистых тканей. Кислые мукополисахариды являются активными полиэлектролитами и легко образуют обратимые связи с рядом других веществ. Гиалуроновая кислота, по мнению Meyer (1963), связывая воду, способствует превращению межклеточного вещества соединительной ткани в желеобразный матрикс, поддерживающий клетки. Все это создает благоприятные условия для обмена веществ даже в глубоких зонах бессосудистых участков [232, 310, 385, 419]. Преобладание гиалуроновой кислоты и хондроитинсульфатов «С» в растущей соединительной ткани Meyer (1963) связывает с образованием тонких коллагеновых пучков, а появление хондроитинсульфатов «В» — с формированием крупных пучков. По мнению И. Г. Фалка (1965), последний, образуя более прочную связь с белками, цементирует коллагеновые пучки. К. С. Митин (1966) считает, что крупные пучки обладают пониженными процессами метаболизма.

Но, по-видимому, преобладание того или иного мукополисахарида связано не только с типом обмена веществ, но и с механическими свойствами соединительной ткани, или, правильнее, механические свойства будут в основном определять тип обмена веществ. Обладая вязкостью, высокой гидратичностью полианионов, способных к широкому взаимодействию в растворах, они могут связывать внутреннюю воду, изменять проницаемость и этим обуславливают устойчивость ткани к сжатию, ее упругость [38, 47, 148, 320, 386]. Вероятно, большее значение имеют сульфатированные мукополисахариды, так как именно их находят в тканях, способных выдерживать повышенную механическую нагрузку [335].

Нейтральные мукополисахариды образуют с протеинами более прочные ковалентные связи [196, 413].

И. Г. Фалк (1965) считает, что их увеличение в сухожилиях свидетельствует о переходе от преобладания трофической функции к функции опоры. Все это дает право ожидать, что с возрастом и тем более в условиях роста функциональной нагрузки мы будем наблюдать постепенное «повышение структурной стабильности» коллагенового волокна, более плотной «упаковки» его фибрилл [363, 364, 365; 403, 407]. «Созревание» коллагеновых фибрилл, в частности, выражается в постепенном увеличении прочности интра- и интермолекулярных поперечных связей [360, 488]. В результате этого молеку-

лярная организация соединительной ткани становится все более упорядоченной, «кристаллической». В то же время «старение» характеризуется ослаблением рентгеноструктурной картины [245]. Эти литературные данные нашли полное подтверждение при изучении нами рентгеноструктурной характеристики фасций плеча и предплечья. Так, на дебаеграммах собственной фасции новорожденного отмечается 12 дифракционных колец, обращенных выпуклой стороной к внешним концам снимка, и 9 линий обращены своей выпуклостью к центру; межплоскостное расстояние первого кольца рассчитать не удается вследствие диффузности почернений в центре рентгенограммы. Второе и третье кольца имеют межплоскостные расстояния, равные 4 Å, 4,37 Å и 3,77 Å. Обе эти линии по своей интенсивности близки друг к другу и оцениваются в 5—6 баллов, т. е. как среднеслабая и средняя степень. Четвертая линия по интенсивности оценивается в 10 баллов, а межплоскостное расстояние равно 3,397 Å. Кроме того, можно выделить еще кристаллические дифракционные кольца с интенсивностью линий в 6,6 и 8 баллов, с расстояниями в 2,04 Å, 1,83 Å и 1,38 Å. Другие линии имеют слабую интенсивность и соответствуют в основном аморфным структурам.

При изучении собственной фасции взрослого в центре дебаеграммы вместо диффузного почернения, свойственного собственной фасции новорожденного, появляется более четкое дифракционное кольцо с межплоскостным расстоянием в 7,66 Å. Остальные кольца имеют расстояние в 4,3 Å, 3,77 Å, 3,41 Å и соответствующие им степени интенсивности в 5,6 и 10 баллов (табл. 2).

Рентгенограмма поверхностной фасции взрослого имеет сходство с дебаеграммой собственной фасции взрослого. Разница имеется в выраженности первых колец. Так, если в собственной фасции взрослого на месте центрального пятна появляется аморфное кольцо с выраженным максимумом в 7,66 Å и второе кольцо в 4,31 Å то в поверхностной фасции в этом месте отмечается диффузное почернение без выраженных максимумов. Наличие диффузного почернения в центре рентгенограммы поверхностной фасции свидетельствует о слабой упорядоченности ее структуры.

Данные, полученные методом рентгеноструктурного анализа фасций, подтверждаются и результатами гистохимического исследования белков соединительной ткани.

Таблица 2

Величины межплоскостных расстояний (d) и относительных интенсивностей линий (I), рассчитанные по рентгенограммам

Собственная фасция новорожденного		Собственная фасция взрослого		Поверхностная фасция взрослого	
Диффузно			7,66	Диффузно	
5	4,37	5	4,31	»	
6	3,77	6	3,77	6	3,77
10	3,39	10	3,41	10	3,41
2	3,10	2	3,25	2	3,24
5	2,50	5	2,51	5	2,51
3	2,30	3	2,31	3	2,30
4	2,29	2	2,17	2	2,17
6	2,04	1	2,01	1	2,01
6	1,83	6	1,84	6	1,84
1	1,75	2	1,77	2	1,75
3	1,68	3	1,55	3	1,55
4	1,55	8	1,38	8	1,38
8	1,38	1	—	1	—
1	1,29	2	1,26	3	1,20
1	1,26	3	1,18	3	1,18
3	1,20	5	1,08	5	1,08
3	1,18	2	1,05	2	1,05
5	1,08	2	1,04	2	1,04
2	1,05	—	—	—	—
2	1,03	—	—	—	—
2	1,01	—	—	—	—

Отмечено различное отношение фасциальных образований к пикрофуксину: рыхлые волокна поверхностной фасции, пучки вспомогательных слоев собственной фасции окрашиваются в красный цвет, тогда как пучки основного слоя собственной фасции, ладонного апоневроза, удерживающей связки сгибателей и пучки кольцевидных связок дают желтовато-оранжевое окрашивание. Такое изменение тинкториальных свойств, по-видимому, можно объяснить возрастанием прочности связей проколлагена с мукополисахаридами, вследствие чего, по данным И. Г. Фалка (1965), Б. Б. Фукса, Б. И. Фукса (1968), амино- и оксигруппы, обуславливающие эту реакцию, не могут реагировать с кислым фуксином. Это усиление прочности связей в белково-мукополисахаридном комплексе находится в соответствии с увеличением функциональной нагрузки на фасциальные образования.

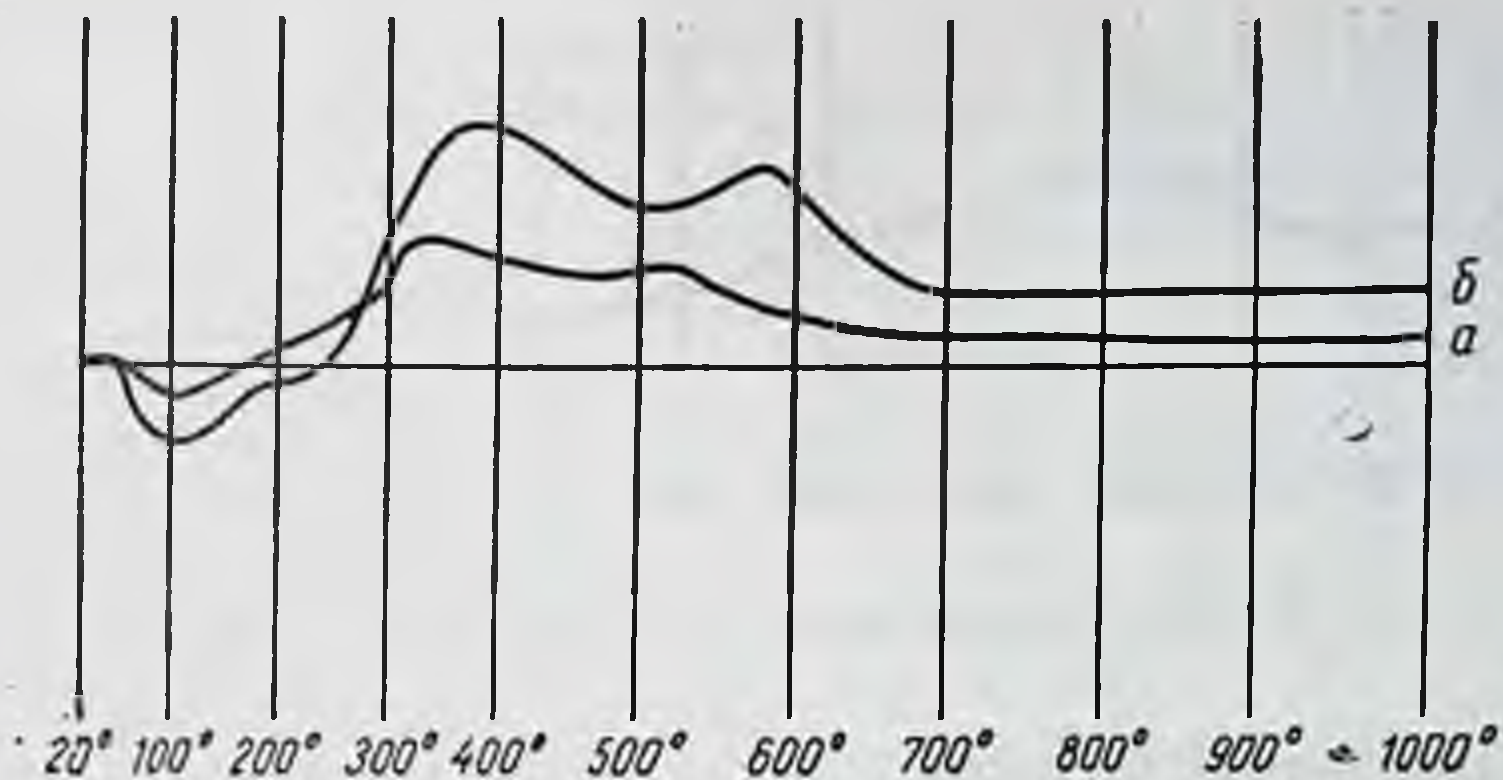


Рис. 31. Термограмма собственной фасции.
а — новорожденного; б — взрослого.

При постановке реакции на аминокруппы более интенсивно в ярко-красный цвет окрашивались зоны давления и собственная фасция, тогда как рыхлые пучки поверхностной фасции окрашиваются слабо. Эта реакция может быть обусловлена присутствием в коллагене аланина, лизина, треонина и аспарагиновой кислоты.

Неравномерное окрашивание мы получили и при постановке реакций с бромфеноловым синим и реакции тетразониевого сочетания. Более нагруженные фасциальные образования красятся интенсивнее, что можно, видимо, объяснить содержанием в них большего количества аминокислот, обуславливающих эти реакции: аргинина, лизина, тирозина, гистидина [130, 228, 320].

Гистохимическая характеристика возрастных и функциональных изменений находит свое подтверждение и на термограммах фасций. Термограмма собственной фасции новорожденного резко отличается от термограммы взрослого (рис. 31). Так, по данным И. Ф. Солошенко, эндотермический эффект, возникающий при температуре 100° и заканчивающийся при температуре 115°, по своей величине значительно превосходит подобный эффект в фасции взрослого. Вероятно, увеличение эндотермического эффекта в фасции новорожденного связано с большим количеством в ней воды, на выделение которой расходуется тепло. Зато температура, при которой заканчивается выделение сорбционной воды, в фасции взрослого выше и равна 120°.

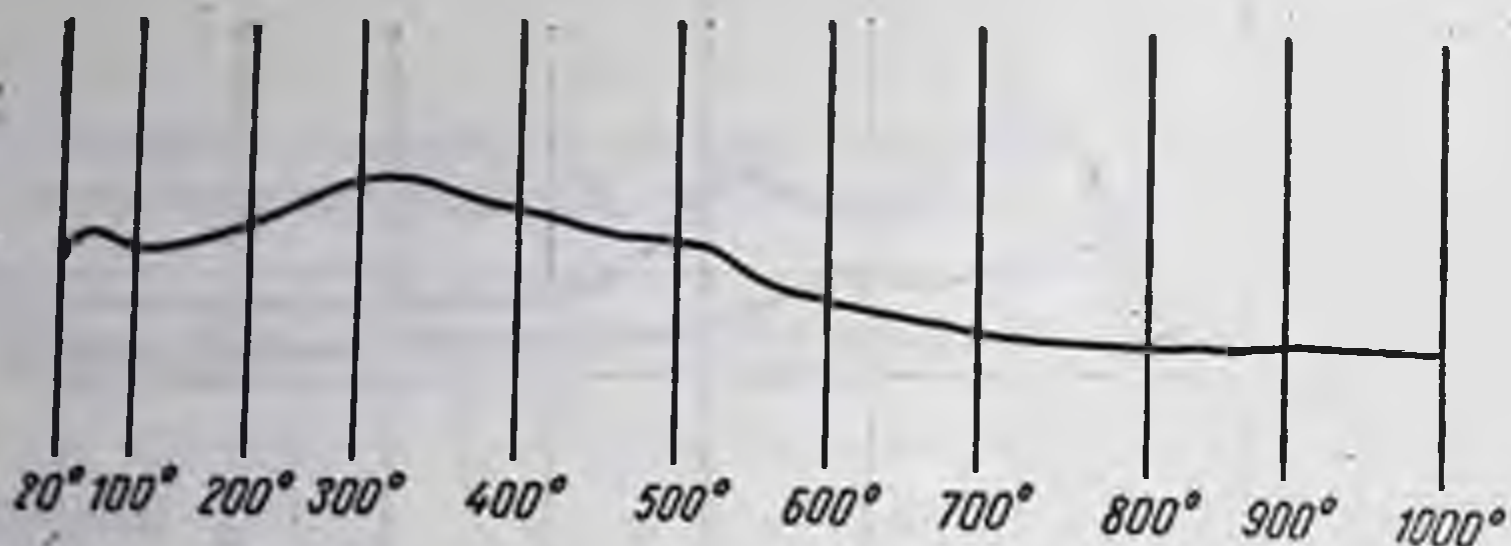


Рис. 32. Термограмма поверхностной фасции взрослого.

Отличаются по своей величине и локализации экзотермические эффекты. Первый экзотермический эффект в фасции новорожденного возникает при температуре 350°. Вершина экзотермического пика располагается на значительно большем расстоянии от нулевой линии, чем на термограмме взрослого. Второй экзотермический эффект улавливается при температуре 650°. Вершина пика его располагается несколько ближе к нулевой линии, чем вершина первого пика. По термограмме взрослого легко сравнить величину экзотермических эффектов и локализацию пиков.

Кривая термического анализа поверхностной фасции взрослого отличается от термограммы собственной фасции как новорожденного, так и взрослого (рис. 32). Первый эндотермический эффект возникает при температуре 80—90°. Первый экзотермический эффект появляется при температуре 280—290°, а его пик находится на значительном расстоянии от нулевой линии. Однако второй экзотермический эффект, выявляемый при температуре в 500°, своим пиком располагается вблизи нулевой линии. Если считать, что экзотермический эффект характерен для полиморфных превращений, реакции окисления, горения и образования новых фаз [19, 275], то в поверхностной фасции эти процессы протекают с незначительным выделением тепла. Вполне возможно, что такое заметное изменение экзотермических эффектов поверхностной фасции связано с изменением количества углерода в ней по сравнению с собственной, так как термический эффект от горения углерода, по мнению Н. Д. Топор (1964), очень велик.

Более пристальное изучение фасций с помощью гистологических, гистохимических, рентгеноструктурного, тер-

мического и других биометрических методов подтверждает глубокие изменения в составных компонентах фасции не только с возрастом, но и дифференцированно в зависимости от функциональной активности. Из приведенных примеров видно, как трудно бывает провести грань между возрастными и функциональными изменениями. Но это и не удивительно, так как всякие изменения в тканях, органах или целостном организме направлены на приспособление его к новым, изменившимся условиям, независимо от того, произошли изменения в самом организме или в его окружении, связаны они с возрастом или функциональной активностью, а может быть, с появлением новой функции. Все эти изменения могут быть квалифицированы как адаптационные.

АПОНЕВРОЗЫ

Понятие «апоневроз» в литературе фигурирует часто однозначно с термином «фасция». Иногда трудно разграничить их, так как одни и те же образования нередко называются то апоневрозом, то фасцией. Путаница в терминах объясняется тем, что фасции и апоневрозы, состоящие из плотной оформленной соединительной ткани, похожи по своему строению друг на друга и макроскопически их трудно разграничить. Но, несмотря на большое сходство, между ними имеются определенные различия.

Все исследователи, занимавшиеся изучением фасции, так или иначе старались подчеркнуть их отличия от апоневрозов. На этой основе стали различать апоневрозы покрытий и апоневрозы прикреплений [207, 355, 467].

По мере накопления фактов появилось стремление обосновать эти различия строением и функциональной принадлежностью. Так, немецкие анатомы предлагали называть апоневрозом более плотные соединительнотканые листки апоневротического характера, а более рыхлые пластинки — фасциями, т. е. они приписывали им нечто среднее между сухожилиями мышц и фасциями [392, 435]. Другие ученые [414, 456] выделяли апоневрозы в отдельную группу на основании того, что последние не идентичны фасциям, хотя оба эти вида и принадлежат к одной соединительной ткани.

П. Ф. Лесгафт (1905) пытался дать более широкое обоснование различиям между фасциями и апоневрозами. Он указывал, что к фасциям надо относить такие соединительнотканые слои, которые сливаются с окружающими частями, а при отделении их от последних они принимают вид пластинок. Фасции, по его мнению, — это оболочки без резко определенных границ и ясно выраженного хода волокон. Апоневрозы — более или менее плотные пластинки с определенными границами, отграниченные по поверхности от окружающих частей и органов. Они начинаются и прикрепляются на костях, степень их вырождения зависит от отношения подлежа-

щих мышц. Волокна апоневроза расположены так, что они пересекают направление мышечных пучков. Уже из этого видно, что П. Ф. Лесгафт основывал свои выводы на макроскопических признаках, но, главное, он пытался найти разницу не между апоневрозами и фасциями, а между фасциями с различной степенью выраженности.

Безусловно, многих не могло удовлетворить такое представление об апоневрозах и фасциях. В связи с этим А. В. Старков (1912) призывает исследователей не путать фасции с апоневрозами мышц, посредством которых они прикрепляются.

В более поздних работах появляется тенденция обосновать различия внутренним устройством этих образований. Было подмечено, что в сухожилиях и апоневрозах коллагеновые пучки располагаются параллельно и идут между двумя точками, являющимися началом и местом прикрепления. В фасциях и связках эти пучки имеют более сложный ход, соответствующий действующим силам и выполняемой функции.

В. В. Кованов и Т. И. Аникина (1961, 1967) в своих монографиях указывают, что в настоящее время можно считать общепризнанной точку зрения, что апоневрозы отличаются более характерными признаками. Авторы определяют круг анатомических образований, относящихся к апоневрозам. Это, помимо типичных сухожилий, подвздошно-большеберцовый тракт, ладонный и подошвенный апоневрозы, апоневротическое растяжение двуглавой мышцы плеча и др. И далее они отмечают: «Между фасциями, клетчаткой и апоневрозами не существует резкой границы. Одно и то же образование в одном случае будет иметь вид уплотненной клетчатки, а в другом — тонкой соединительнотканной пластинки, в третьем — апоневроза. Подобно тому как апоневрозы занимают по своему строению промежуточное место между фасциями и сухожилиями, сами фасции являются промежуточным звеном между апоневрозами и уплотненной клетчаткой».

Нетрудно заметить, что в этих сравнениях заключено как сходство указанных образований между собой, так и различия.

И все же до сих пор можно встретить не совсем обоснованное употребление термина «апоневроз». Если единство фасции и апоневроза в их родстве и общности как элементов мягкой ткани остается неоспоримым и не вызы-

вают существенных разногласий, то различия между ними недостаточно выяснены и определены. Чтобы установить более четкие различия между апоневрозами и фасциями, подчеркнуть их единство и плавность перехода одного вида в другой, мы проанализируем строение апоневроза наружной косой мышцы живота, подвздошно-большеберцового тракта, ладонного и подошвенного апоневрозов.

Апоневроз наружной косой мышцы живота является типичным сухожилием, с помощью которого мышца прикрепляется и осуществляет свою функцию. Плоская, широкая мышца почти с параллельным ходом мышечных пучков имеет столь же плоское и обширное сухожилие, развитое адекватно силе мышцы и характеру ее функции. Сухожильные пучки апоневроза имеют такое же направление, как и мышечные пучки.

На всем его протяжении апоневроз имеет почти одинаковый общий план строения. Основным в механическом отношении является слой параллельных грубых коллагеновых пучков. Коллагеновые пучки второго порядка почти квадратные и достигают величины от 50 до 300 мк в поперечнике. Чаще всего встречаются крупные пучки (100—200 мк). Они слегка извиваются или идут совершенно прямо. Такое сильное развитие каждого пучка свидетельствует о большой нагрузке на него при сокращении мышцы, вследствие чего он становится мощным и толстым. Так как пучки лежат на некотором расстоянии друг от друга, между ними обычно имеются небольшие щели, равномерные на всем протяжении. Однако по мере удаления от мышцы промежутки между пучками становятся шире, пучки лежат дальше друг от друга. Характерным является и то, что они на всем протяжении изолированы от соседних и почти не имеют анастомозирующих пучков. Только изредка встречаются слабые связи между ними. Такое изолированное расположение коллагеновых пучков апоневроза мы связываем с неодновременным действием групп мышечных волокон на пучки сухожилия. Если представить себе распространенность мышцы, множественность источников иннервации ее, а также способность субъекта регулировать сокращения отдельных участков мышцы (у тренированных людей можно видеть ход волны сокращения мышц брюшного пресса), то неодновременность действия силы на соседние коллагеновые пучки апоневроза станет очевидной.

Об этом же свидетельствуют хорошо развитые поверхностная и глубокая фасции апоневроза.

Основной слой коллагеновых пучков апоневроза снаружи и изнутри покрыт плотными волокнистыми оболочками, в которых поверхностные волокна лежат большей частью беспорядочно, переплетаются между собой, образуя густой «войлок». Но по мере приближения к основному слою их волокна приобретают все более упорядоченный ход, а самые глубокие идут в строго определенном направлении. В большинстве своем они пересекают грубые коллагеновые пучки основного слоя под прямым или близким к нему углом. Такое же направление волокон мы видим в глубокой фасции. При этом волокна одной фасции переходят в другую через щели между пучками апоневроза, окутывая их со всех сторон. Следовательно, обе эти волокнистые оболочки являются укрепляющими для основного слоя апоневроза, своего рода перитонием или, точнее, фасцией данного сухожилия с четкой и определенной ориентацией волокон. Необычное развитие этой фасции, значительную ее толщину можно объяснить тем, что грубые коллагеновые пучки апоневроза смещаются не только в направлении продольной оси, но и в поперечном направлении. Такое смещение возникает в результате как неодновременного сокращения соседних мышечных пучков, так и давления на плоскость апоневроза изнутри или снаружи.

Внутренняя волокнистая оболочка (задняя фасция апоневроза) развита слабее, она тоньше и более рыхлая. Преимущественное развитие наружной волокнистой оболочки (передняя фасция апоневроза) мы связываем с давлением внутренних органов на переднюю брюшную стенку и в том числе на апоневроз наружной косой мышцы. Под действием этого давления коллагеновые пучки апоневроза расходятся в стороны. Это вызывает усиленное развитие наружной волокнистой оболочки.

Структура подвздошно-большеберцового тракта несколько иная, более сложная. Сложность устройства тракта обуславливается тем, что он выполняет роль не только сухожилия мышц, но и фасций, противодействуя давлению мышц бедра. Это послужило причиной разногласия в толковании тракта.

Одни считают тракт составной частью широкой фасции бедра, в которой четко выражены продольно ориентированные волокна. Сухожильные продолжения мышц,

по их мнению, только подкрепляют эту полоску [143, 210, 248, 477].

. По мнению других, подвздошный тракт является сухожильным продолжением напрягателя широкой фасции бедра и большой ягодичной мышцы [61, 331, 359].

Все признают сложность строения тракта, но подход к раскрытию причин формирования подвздошно-большеберцового тракта несколько механистичен. Ошибочность приведенных точек зрения в том, что одни авторы приписывают самостоятельность широкой фасции бедра, а другие — сухожилию мышц, участвующих в образовании тракта. При таком подходе трудно раскрыть функциональное единство всех элементов тракта. Вероятно, поэтому в ряде случаев мы встречаем неточное описание структуры тракта. Так, В. Г. Скрыпник (1948) выделяет средний слой тракта, который относит к сухожильно-апоневротическому продолжению, и два других, являющихся листками широкой фасции бедра. Последняя якобы у края тракта раздваивается и включает в свои листки средний продольный слой. Получается что-то наподобие «боуденовского троса». Это, по мнению автора, позволяет продольным волокнам выполнять работу как на растяжение, так и на сжатие при условии натянутого состояния циркулярных волокон фасции.

Не говоря о том, что подобное сравнение является мало обоснованным в функциональном и морфологическом отношении, структура самого тракта автором описана неточно. Подвздошно-большеберцовый тракт устроен гораздо сложнее, чем простое сочетание сухожильного растяжения с фасцией. В этом легко убедиться, если рассмотреть его структуру на всех уровнях.

Подвздошно-большеберцовый тракт является образованием единым в функциональном и структурном отношении и служит сухожилием для мышцы, напрягающей широкую фасцию бедра и большой ягодичной мышцы. Однако на это сухожилие в качестве формирующих факторов действует не только сила тяги указанных мышц, но и многие другие в связи с особым расположением и протяженностью тракта, а также в связи с движением конечности. Все это вместе определяет сложность структуры подвздошно-большеберцового тракта, его сходство и отличие от апоневротических сухожилий мышц.

Подвздошно-большеберцовый тракт состоит из продольных, грубых, толстых и довольно широких коллаген-

новых пучков. Коллагеновые пучки второго порядка достигают ширины от 150 до 300 мк, а иногда встречаются до 1000 мк.

Продольные коллагеновые пучки не на всем протяжении одинаковы. Если вблизи мышцы, напрягающей широкую фасцию, они широкие и плоские, то у места прикрепления тракта пучки становятся толстыми, квадратными и несколько более узкими. Наибольшей ширины пучки тракта достигают в средней его трети.

Изменение толщины и ширины коллагеновых пучков на протяжении мы связываем с распространением их в ширину в средней трети и концентрацией вблизи начала и особенно прикрепления тракта. Вполне вероятно, что этому способствует также боковое давление мышц бедра в средней его трети. Если учесть, что волокна каждого пучка могут переходить в соседний, то такую перегруппировку волокон и пучков можно допустить.

Коллагеновые пучки в тракте лежат настолько плотно друг к другу, что между ними почти не бывает щелей, а если и имеются промежутки, то они неправильной формы и на небольшом расстоянии, что свидетельствует о частых анастомозах соседних коллагеновых пучков между собой. На отдельных препаратах мы пробовали отделить один пучок от другого. Это оказалось трудно сделать, так как более мелкие волокна и целые солитарные пучки переходят из одного пучка в другой и связывают все пучки слоя в единый комплекс. Гораздо легче бывает разделить слой на пласты.

Продольный слой коллагеновых пучков не единственный. На разных уровнях можно выделить другие слои. Однако они менее постоянны в своей выраженности и расположении.

Там, где мышца, напрягающая широкую фасцию бедра, переходит в тракт, продольные коллагеновые пучки его покрыты снаружи рыхлой волокнистой оболочкой. Тонкие коллагеновые волокна переплетаются между собой и довольно рыхло связаны с продольными пучками среднего слоя. В этом рыхлом слое можно видеть как поперечные, так и продольные тонкие, нежные волокна. Глубже продольного слоя обнаруживается такой же рыхлый волокнистый слой, но в нем видны косые плоские коллагеновые пучки. По ширине они не уступают пучкам второго порядка и достигают 700 мк. Направлены они под углом 70—80° к продольным. Описанный волок-

нистый слой легко смещается по отношению к среднему. Первые поперечные или косые коллагеновые пучки появляются в поверхностном слое на 3—4 см ниже места прикрепления мышцы. Эти поперечные пучки лежат под тонким волокнистым слоем, в котором ход волокон преимущественно продольный. Первоначально редкие, разрозненные поперечные пучки по мере приближения к середине увеличиваются в количестве, располагаются ближе друг к другу и уже на границе верхней и средней трети составляют сплошной слой. Ширина их колеблется от 200 до 500—600 мк. Обычно их легко сместить относительно более глубокого продольного слоя.

С появлением поперечных пучков на поверхности продольного слоя в глубоком волокнистом слое они исчезают, а еще ниже глубокий слой становится настолько рыхлым, студенистым, что практически перестает существовать.

В средней трети тракта поверхностный слой сплошь состоит из более грубых поперечных пучков, плотно прилежащих друг к другу. Они стали несколько уже (до 300 мк), но зато толще, грубее, хорошо связаны друг с другом. Окружающие их волокна стали нежными, слабыми и потеряли продольную ориентировку. Поверхностные поперечные пучки легко снимаются пластом с продольных пучков основного слоя. Связь между этими двумя слоями рыхлая. Продольные пучки основного слоя толстые, компактные и достигают 600 мк в ширину.

В нижней трети вблизи места прикрепления тракта поверхностный слой поперечных или косых пучков ослабевает или превращается в густую войлочнообразную сеть, но зато вновь появляется глубокий слой. В нем, как правило, можно выделить широкие плоские пучки коллагеновых волокон или он состоит из плотной войлочнообразной оболочки.

Такое строение тракта можно считать типичным, так как оно встречается в большинстве случаев.

Из описания структуры подвздошно-большеберцового тракта видно, что основной частью его являются продольные сухожильные пучки. Они более постоянны в своем ходе и величине. Их направление соответствует тяге мышц, образующих тракт. Но не только эти мышцы играют определенную роль в его формировании. На продольных срезах через мышцу, напрягающую широкую фасцию бедра, видны мощные продольные

коллагеновые пучки, идущие по наружной и внутренней поверхности мышцы до гребня подвздошной кости. Это указывает на то, что продольные пучки фасции данной мышцы в результате тяги при разгибании в тазобедренном и коленном суставах разрослись и превратились в грубые толстые коллагеновые пучки. Они непосредственно переходят в продольный слой тракта. Степень развития в этой части продольных пучков и их отношение к поперечным варьируют. Иногда они сразу объединяются с основным продольным слоем, а иногда на значительном протяжении остаются на поверхности. В этом случае поперечные пучки оказываются заключенными между двумя продольными слоями. По мере приближения к середине и еще больше к месту прикрепления тракта поверхностный продольный слой теряет свою силу и почти совсем исчезает. Видимо, большинство его волокон переходит в средний слой. Вполне вероятно, что он вообще становится слабее, так как сила тяги в этой части приходится в основном на средний продольный слой.

Значительное развитие продольных коллагеновых пучков фасции, окружающей мышцу, напрягающую широкую фасцию бедра, свидетельствует о том, что подвздошно-большеберцовый тракт не только является сухожилием мышцы, но и выполняет функцию связки, укрепляющей конечности в разогнутом (опорном) состоянии от соскальзывания костей кнаружи.

Неравномерное распределение поперечных волокон в тракте также имеет свое объяснение. Прежде всего никакого разделения широкой фасции бедра вблизи тракта на два слоя мы не находим. Больше того, во всех случаях можно легко установить линию срастания широкой фасции с трактом. В области этой линии создается переходная структура.

Сущность переходной структуры на границе тракта с широкой фасцией бедра в том, что слои тракта и широкой фасции бедра на месте сращения постепенно исчезают. Кроме того, на границе тракта с фасцией возникают образования, которые не свойственны ни тракту, ни фасции.

На участке перехода широкой фасции бедра в тракт верхний слой собственной фасции сплошной и состоит из продольных коллагеновых волокон. Он утолщается в сторону тракта и переходит в его основной слой. В на-

правлении широкой фасции этот слой истончается, но не исчезает, а так и сохраняется продольным. Под продольным идет слой косых пучков шириной до 400 мк. Пучки эти расположены веерообразно и идут от тракта вниз. Под первым косым слоем лежит второй косой, пучки которого идут от тракта вверх и перекрещиваются с первыми косыми пучками под углом, близким к 90°. Еще глубже лежит слой продольных волокон. Он несколько менее развит по сравнению с поверхностным продольным. Данный слой переходит в глубокий продольный слой широкой фасции бедра, а в области тракта теряется в рыхлой клетчатке его глубокого слоя. Судьба каждого слоя косых пучков различна. Поверхностные косые пучки в области тракта и широкой фасции бедра переходят в поперечные. Глубокий косой слой образуется из продольного слоя тракта и в области широкой фасции бедра постепенно теряется в глубоком слое фасции.

Появление в переходной зоне между трактом и широкой фасцией бедра косых, перекрещивающихся пучков свидетельствует о том, что между этими образованиями существуют силы натяжения, направленные снизу вверх и сверху вниз, под углом друг к другу. Вероятно, они возникают в момент натяжения тракта и его смещения вверх — при сокращении мышц, и вниз — при разгибании голени и бедра. Под влиянием направления этих сил и сформировались косые пучки. Они превратились в переходный мостик между трактом и широкой фасцией бедра.

Если косые перекрещивающиеся пучки на границе перехода тракта в широкую фасцию бедра — постоянное явление, то продольные поверхностные и глубокие слои чрезвычайно изменчивы по своему проявлению и даже могут отсутствовать. Но и, сохраняясь, продольный слой в области широкой фасции бедра приобретает совершенно другой характер и выраженность.

Среднее положение между трактом и апоневрозом наружной косой мышцы живота занимают по своему строению и функциональному назначению подошвенный и ладонный апоневрозы.

Оба указанных апоневроза у человека существуют благодаря значительной силе натяжения, возникающей на ноге при опоре на стопу, а на руке — при захватывании и удерживании предметов.

Подошвенный апоневроз представляет собой образование сухожильного типа. Он состоит из продольных грубых и толстых коллагеновых пучков второго порядка шириной от 300 до 500 мк, которые располагаются плотно друг к другу, тесно связаны между собой и лежат в несколько ярусов, образуя наслоения. На поверхности, обращенной к коже, подошвенный апоневроз покрыт рыхлым волокнистым слоем, очень тонким, часто с беспорядочным направлением волокон. Только вблизи продольных пучков апоневроза выявляются поперечно направленные тонкие коллагеновые волокна и пучки.

Глубокий слой подошвенного апоневроза содержит не только тонкие волокна, но и широкие коллагеновые пучки, которые косо пересекают пучки основного продольного слоя. Количество и выраженность косых и поперечных коллагеновых пучков возрастает в дистальном направлении. Ширина их достигает 200—400 мк. Более строго ориентированы и мелкие волокна рыхлого слоя. Глубокий слой компактнее поверхностного. От глубокого слоя берут начало подошвенные межмышечные перегородки.

Ладонный апоневроз, подобно подошвенному, также состоит из продольных коллагеновых пучков, но они менее выражены и лежат свободнее. На тыльной поверхности продольные пучки ладонного апоневроза также покрыты тонким волокнистым слоем, в котором можно найти грубые поперечные пучки, укрепляющие ладонный апоневроз.

Волокна поверхностного слоя большей частью идут беспорядочно и становятся более ориентированными лишь вблизи продольных пучков. От этого рыхлого слоя отходят соединительнотканые отростки к коже (подобно тому как на стопе) и в апоневроз. Соединительнотканые пучки, проникающие в апоневроз, окружают продольные коллагеновые пучки и соединяются с пучками глубокого волокнистого слоя. В результате образуется единая прочная система волокнистых образований.

Ради удобства описания мы не касались до сих пор эластических волокон и клеточных элементов. Подвздошно-большеберцовый тракт, ладонный и подошвенный апоневрозы, как и все апоневрозы вообще, состоят из коллагеновых, эластических волокон и клеточных элементов. Грубые коллагеновые пучки второго порядка слагаются из пучков первого порядка, отделенных

друг от друга рядом клеток. Коллагеновые волокна в этих пучках плотно прилежат друг к другу и имеют четкую периодическую извитость. Длина волны колеблется от 30 до 50 мк. Характерно и то, что в зависимости от плотности расположения коллагеновых пучков второго порядка определяется развитие рыхлой обволакивающей каждый пучок волокнистой клетчатки. В подвздошно-большеберцовом тракте ее мало, так как его пучки плотно прижаты друг к другу, а в подошвенном и ладонном апоневрозах, особенно в дистальных отделах, где пучки расположены более рыхло, клетчатки больше.

Количество и степень развития эластических волокон значительно варьируют. В плотных коллагеновых пучках их меньше и они тонкие, а в рыхлых слоях их больше, но во всех случаях эластических волокон в тракте меньше, чем в апоневрозе наружной косой мышцы живота, где встречаются коллагеновые пучки, буквально «нафаршированные» эластическими волокнами (рис. 33). Эластические волокна встречаются также в пучках первого порядка. Итак, сравнивая строение апоневроза наружной косой мышцы живота с подвздошно-большеберцовым трактом, ладонным и подошвенным апоневрозами, нетрудно установить их сходство и различия.

Основным слоем апоневроза мышцы является слой продольных коллагеновых пучков, которые возникают и развиваются в соответствии с величиной и направлением силы растяжения, исходящей от мышцы. В других апоневрозах, которые выполняют еще и функции фасции, помимо продольного, значительного развития достигает поперечный слой пучков, степень развития которых зависит от силы бокового давления на апоневроз.

Поперечные пучки в подвздошно-большеберцовом тракте возникли независимо от широкой фасции бедра, в результате растягивания продольных коллагеновых пучков в стороны при давлении на них сокращающихся мышц бедра. В верхней трети и у места прикрепления тракта боковое давление мышц ослабевает. В этих участках становится слабее слой поперечных пучков, иногда он совсем отсутствует. Вполне вероятно, что напряжение широкой фасции бедра, не являясь определяющим, в некоторой степени усиливает развитие поперечных пучков тракта.

На внутренней поверхности тракта поперечный слой, как правило, отсутствует. Это можно объяснить не толь-



Рис. 33. Гистологический препарат апоневроза наружной косой мышцы живота. Окраска орсеином и световым зеленым. Увеличение 10×2 .

/ — видно неравномерное распределение эластических волокон в сухожильных пучках апоневроза.

ко направлением давления мышц на тракт, но и тем, что во время натяжения тракт плотно прижат к мышцам, и они служат для него опорой. Однако вблизи наружной межмышечной перегородки на внутренней поверхности тракта контурируются единичные дугообразные поперечные пучки, постепенно теряющие свою выраженность до полного исчезновения по направлению от перегородки до середины тракта.

Структура подошвенного и ладонного апоневрозов формируется в результате давления на ладонь или на подошву. Это давление распределяется на всю опорную поверхность подошвы или захватывающую поверхность кисти. В первую очередь оно воспринимается выступающими костными образованиями. В результате этого стопа расправляется, костные образования удаляются друг от друга, стопа несколько удлиняется. Таким образом, давление на опорную поверхность стопы превращается в растяжение соединительной ткани подошвы, в направлении которого формируются продольные кол-

лагеновые пучки. Это давление на опорную поверхность стопы воздействует и непосредственно на апоневроз. Так как он фиксирован в двух точках, то пучки его начинают прогибаться и расходиться в стороны, что приводит к формированию мощного укрепляющего слоя косых перекрещивающихся пучков по верхней поверхности апоневроза подошвы. Точно так же на глубокой поверхности ладонного апоневроза формируется слой косых и поперечных укрепляющих пучков.

Все это напоминает условия формирования фасции с той разницей, что продольно направленные силы в этих апоневрозах во много раз превышают поперечные. Именно в связи с тем что на ладонный, подошвенный апоневрозы и особенно на подвздошно-большеберцовый тракт действуют сложные силы, имеющие разное направление, в них появляются черты строения, сближающие их с фасциями. Для апоневрозов мышц характерно наличие грубых коллагеновых пучков, расположенных параллельно друг другу. Все остальные слои являются вспомогательными и скорее относятся к фасциям, их окружающим. Такая конструкция создается благодаря действию однородной растягивающей силы при условии одной точки фиксации.

Ладонный, подошвенный апоневрозы и подвздошно-большеберцовый тракт по своему строению занимают промежуточное место между широким сухожилием и фасцией. Как и в сухожилиях, в этих образованиях имеется один слой грубых, параллельно расположенных коллагеновых пучков. Но в отличие от сухожилий для указанных выше образований характерно наличие двух точек фиксации, на них действует не только сила растяжения, но и бокового давления. Поэтому появляются дополнительные поперечные укрепляющие структуры, которые сближают их по строению с фасциями. Эти особенности свидетельствуют о плавном переходе разных форм соединительной ткани друг в друга и могут служить объективными тестами при изучении апоневрозов.

На примере устройства различных фасций и апоневрозов нетрудно убедиться в их сходстве и различии, которые, безусловно, основываются на общих функционально обусловленных закономерностях строения соединительнотканых структур элементов мягкого остова. Эти закономерности позволяют анализировать устройство и других компонентов мягкого остова.

СУХОЖИЛИЯ МЫШЦ

Сухожилия в организме выполняют важную роль. Практически все мышцы и мышечные волокна имеют сухожилия, с помощью которых они прикрепляются и осуществляют свою функцию.

Строение сухожилия в основном определяется его мышцей. Как велико разнообразие мышц и проявления их функции, так разнообразны по своей форме и строению сухожилия. Но мы до сих пор не имеем полного представления о строении даже хорошо выраженных сухожилий. Это объясняется тем, что первоначально сухожилия изучались для выяснения только их механической функции [9, 80, 102, 167].

В дальнейшем исследователей заинтересовало биологическое значение сухожилий. Однако главное внимание было обращено на роль сухожилий в деятельности мышц [13, 34, 189, 249, 296, 383, 441].

Интерес к сухожилиям в клинике обуславливается частыми повреждениями и заболеваниями их [246, 322, 357, 431, 466]. Однако исследования, направленные в основном на решение какого-то частного вопроса, не дают целостного представления о сухожилии как об органе, об особенностях его строения в связи с функцией и возрастом.

Сухожилия в организме человека формируются под действием величины, характера силы мышцы и ее направления, а также наследственной детерминации тканей и нейро-гуморальной регуляции. В результате происходит образование той или иной формы сухожилия.

Однако и развертывание наследственных свойств тканей, и нейро-гуморальная регуляция роста и развития управляются, стимулируются мышечной деятельностью, может быть, не всегда с одинаковой интенсивностью, но, видимо, с очень раннего периода.

Сила тяги каждого мышечного волокна является раздражающим, стимулирующим моментом для разраста-

ния соединительной ткани. Чем больше сила мышечной тяги, тем сильнее разрастается в ответ соединительная ткань. При этом ее волокнистые структуры формируются в направлении действия силы тяги.

Все это приводит к формированию сухожилия, характерного (по величине и форме) для данной мышцы и ее положения.

Эта гипотеза явилась основанием для выделения главных факторов формирования сухожилий [283]. При изучении структуры сухожилий трехглавой мышцы плеча, сгибателей кисти и пальцев, разгибателей кисти и пальцев, широких мышц живота мы убедились, что сухожилия мышц формируются прежде всего в зависимости от величины мышечной силы и направления ее действия.

Зависимость степени развития и формы сухожилия от величины и направления мышечной силы особенно хорошо прослеживается на проксимальных сухожилиях.

Так, по данным А. К. Макарова, проксимальное сухожилие общего разгибателя пальцев состоит из четырех пластинок: латеральной, передней, медиальной и задней. Все они выражены неодинаково.

Латеральная сухожильная пластинка имеет длину 8—13 см, ширину в средней трети 0,9—1,5 см и толщину 500—1000 мк. Ее сухожильные пучки идут сверху вниз и спереди назад. Передняя сухожильная пластинка выражена слабо. Ее длина всего 3—8 см, ширина в средней трети 0,5—1 см, толщина 200—500 мк. Сухожильные пучки ориентированы сверху вниз, веерообразно в медиальную и латеральную сторону. Медиальная сухожильная пластинка длиной 13—17 см, шириной 0,5—0,2 см, толщиной 1000—2000 мк состоит из сухожильных пучков, расположенных так же, как у латеральной сухожильной пластинки, т. е. сверху вниз и спереди назад. Формирует медиальную сухожильную пластинку сила основной массы мышечных пучков общего разгибателя IV и V пальцев. Большое количество мышечных пучков участвует и в формировании латеральной и задней сухожильной пластинок. Передняя же сухожильная пластинка образуется под воздействием силы тяги незначительной части мышечных пучков. В соответствии с этим различны и размеры пучков второго порядка указанных сухожильных пластинок. Так,

меднальная, латеральная и задняя сухожильные пластинки имеют больше поперечные размеры сухожильных пучков: ширина их 500—1000 мк; толщина 200—250 мк; интервал между пучками в верхней трети 25—50 мк, в средней трети 50—75 мк и в нижней трети 50—100 мк. Пучки передней сухожильной пластинки имеют меньше поперечные размеры и располагаются далеко друг от друга. Их ширина 500—750 мк, толщина 100—150 мк. Расстояние между ними в верхней трети 50—100 мк, в средней 75—100 мк, в нижней трети 100—200 мк.

Такую же зависимость размеров пучков от силы формирующих их мышц мы находим и в дистальных сухожилиях, что четко видно из табл. 3.

Из данных табл. 3 видно, что короткий лучевой разгибатель кисти имеет физиологический поперечник 1,026, ширину внемышечной части дистального сухожилия в верхней трети 0,9—1,3 см, толщину 1000—2000 мк, ширину сухожильных пучков третьего порядка 1000—3000 мк, толщину 400—2500 мк.

Физиологический поперечник общего разгибателя III пальца 0,498; ширина дистального сухожилия в верхней трети 0,3—0,4 см, толщина 900—1000 мк; ширина сухожильных пучков третьего порядка на этом же уровне 500—1500 мк, толщина 250—1000 мк.

Влияние направления силы мышцы на ориентацию сухожилия и его волокнистых структур можно проследить на всех мышцах.

Например, по данным Г. В. Стельникова (1964), в трехглавой мышце плеча имеется несколько направлений силы действия отдельных головок: длинной, наружной и внутренней. При этом у последней дополнительно выделяются три направления (наружное, срединное и внутреннее). Каждое из направлений силы действия мышцы формирует свое сухожилие, в котором ориентация оси сухожильных пучков совпадает с вектором силы. В дистальных отделах происходит слияние в общее сухожилие тех порций головок мышцы, направление действующих сил которых совпадает между собой.

Прямую зависимость степени развития сухожилия и его пучков, как и их ориентации, от направления силы мышечной тяги можно проследить только в начальной части общего дистального сужения. Выше и ниже фор-

Поперечные размеры сухожилий, сухожильных пучков и физиологический поперечник мышц
(по А. К. Макарову, 1968)

Название мышц	Физиологический поперечник	Поперечник сухожилий (в см)		Поперечник сухожильных пучков (в мк)	
		ширина	толщина	ширина	толщина
Короткий лучевой разгибатель кисти	1,026	0,9—1,3	0,1—0,2	1000—3000	400—2500
Локтевой разгибатель кисти	0,977	0,6—0,8	0,15—0,3	1000—2000	200—850
Длинный лучевой разгибатель кисти	0,890	0,7—1,7	0,09—0,15	500—2500	250—1200
Длинная отводящая большой палец	0,724	0,6—0,8	0,15—0,2	600—2000	250—1500
Общий разгибатель пальцев { II III IV	0,490	0,2—0,3	0,1—0,2	300—1500	150—750
	0,498	0,3—0,4	0,09—0,12	500—1500	250—1000
	0,492	0,2—0,32	0,1—0,16	500—1000	250—1000
	0,430	0,2—0,25	0,08—0,11	400—809	250—800
Длинный разгибатель большого пальца	0,512	0,3—0,4	0,15—0,20	500—800	350—750
Короткий разгибатель большого пальца	0,485	0,2—0,4	0,1—0,15	500—750	250—700
Собственный разгибатель второго пальца	0,403	0,3—0,45	0,08—0,12	450—650	400—600
Собственный разгибатель пятого пальца	0,375	0,2—0,3	0,1—0,13	300—550	250—500

ма, величина и размеры сухожилий несколько иные и определяются не только главными, но и дополнительными факторами. Во внутримышечной части сухожилий структура разных участков резко изменяется в результате действия дополнительных факторов.

Условия формирования и структура внутримышечной части¹ дистальных сухожилий взаимно связаны. Внутримышечное сухожилие длинного лучевого разгибателя кисти имеет форму пластинки длиной 3,5—6,5 см, шириной 1,1—2,5 см (в средней трети), толщиной 300—1000 мк. Оно расположено в сагиттальной плоскости и окружено со всех сторон мышечными пучками. Сухожильные пучки его латеральной поверхности располагаются не строго продольно. Они отклоняются медиально и вперед. Сухожильные пучки медиальной поверхности, наоборот, отклоняются латерально и назад. Нередко встречается разделение внутримышечного сухожилия на две части — медиальную и латеральную. В дистальном направлении первая из них смещается назад, а вторая — вперед. Такое расположение сухожильных пучков, надо полагать, связано с тем, что каждый мышечный пучок переходит в самостоятельный сухожильный. Последние, сохраняя направление мышечных пучков, идут косо сверху вниз с латеральной стороны в медиальную и с медиальной в латеральную сторону. Отдельные пучки, объединяясь друг с другом, несколько изменяют первоначальное направление и соответствуют уже направлению группы мышечных пучков.

Вновь сформированные сухожильные пучки идут по направлению мышечных до тех пор, пока не встретят на своем пути более крупные сухожильные пучки или пучок противоположного направления (рис. 34). В первом случае они вливаются в состав более крупного сухожильного пучка, во втором — изменяют свое первоначальное направление и образуют продольные гребешки. По мере объединения сухожильных пучков увеличиваются их поперечные размеры и возрастает плотность прилегания. Так, если ширина сухожильных пучков третьего порядка в средней трети внутримышечной части равна 500—1000 мк, толщина — 250—750 мк,

¹ Под «внутримышечной частью» сухожилия мы понимаем ту его часть, которая формируется не всеми мышечными пучками и располагается внутри или на поверхности мышечного брюшка.



Рис. 34. Внутримышечная часть сухожилия длинного лучевого разгибателя кисти. МБС-2. Увеличение 2×6 .

1 — мышечные пучки; 2 — сухожильные пучки.

интервал между ними — от 50 до 75 мк, то на границе перехода во внебрюшковую часть ширина пучков увеличивается до 500—2500 мк, толщина — 250—1200 мк, а интервал между ними уменьшается до 25—50 мк.

В связи с тем что подобные явления наблюдались во всех разгибателях и сгибателях кисти и пальцев, мы все сухожилия по отношению к мышечному брюшку разделим на: внутримышечные (внутрибрюшковые) и внемышечные (внебрюшковые) сухожилия. Внутримышечные сухожилия, расположенные в глубине мышечного брюшка, образуются мышечными пучками, подходящими со всех сторон, и направлены прямолинейно, а сухожилия, расположенные частично или полностью на поверхности мышечного брюшка по форме приближаются к сухожильным пластинкам. Эти сухожилия изменяют первоначальное направление под действием вновь присоединяющихся пучков.

Форма и структура дистального внемышечного сухожилия и его пучков по мере удаления от мышцы под влиянием дополнительных факторов изменяются.

К таким дополнительным факторам можно отнести костные и фиброзные блоки, каналы, в которых сухожилие сдавливается или подвергается растяжению или испытывает то и другое одновременно. В силу основного свойства соединительной ткани срастаться в таких участках возникают солитарные пучки, а иногда отдельные сухожилия обмениваются группой пучков.

Структура дистальных сухожилий в зонах давления резко отличается от структуры их вне зоны давления. Прежде всего в костно-фиброзных каналах уменьшается поперечное сечение как самого сухожилия, так и его пучков. Например, сухожилия лучевых разгибателей кисти в верхней трети слагаются из пучков третьего порядка шириной 1000—3000 мк, толщина их 400—2500 мк. В костно-фиброзном канале ширина пучков этих же сухожилий уменьшается до 200—1500 мк, а толщина до 150—700 мк. Так же изменяются размеры сухожильных пучков второго и даже первого порядка.

Уменьшение поперечных размеров сухожильных пучков всех порядков в костно-фиброзных каналах идет параллельно и за счет их уплотнения. Так, в верхней трети сухожилий лучевых разгибателей кисти интервал между пучками третьего порядка равен 25—75 мк, между пучками второго порядка — 15—20 мк. В костном фиброзном канале расстояние между сухожильными пучками третьего порядка уменьшается до 14—50 мк, а между пучками второго порядка — до 3—30 мк.

На всех изученных сухожилиях сгибателей и разгибателей пальцев и кисти мы наблюдали наибольшее уплотнение сухожильных пучков в местах придавливания их к стенкам каналов. В этих участках сухожильные пучки настолько плотно прижаты друг к другу, что объединяются в сплошную массу и гомогенизируются.

Параллельно с уплотнением сухожилия в костно-фиброзных каналах происходит увеличение количества солитарных пучков, а пучки сухожилия, изменяя первоначальное направление, идут по спирали.

Спиральное направление структур в организме давно замечено многими исследователями. Спиральные структуры выявлены в архитектонике мышечных пучков, трубчатых костей, эмали зубов, оболочках мозга, в стенке сосудов, в кишечной трубке, в сухожилиях и др.

Появление спиральных структур в длинных трубчатых костях Н. С. Механик (1952, 1956), Krahl (1944) и др.

связывают с эффектом скручивания, имеющим место фило- и онтогенетическом развитии конечностей человека. Fouques (1963) при изучении широких мышц спины и большой грудной мышцы человека и животных нашел, что скручивание пучков отчетливо выражено уже у зародыша человека на ранних стадиях развития. У животных подобного скручивания мышечных пучков он не обнаружил. Появление скручивания мышечных пучков автор объясняет влиянием вертикального положения человека.

И. С. Кудрин (1962) пришел к заключению, что спиральная архитектура органов является одним из принципов построения макроструктур. Широкая распространенность спиральных структур, по И. С. Кудрину, объясняется их преимуществом по сравнению с прямыми: спиральное образование всегда дает возможность упругого сжатия без значительной деформации; спиральная структура, имеющая то же протяжение, что и прямая, всегда будет длиннее; скрепление двух спиральных структур на всем их протяжении должно быть прочнее, чем соединение прямых стержневых структур при тех же условиях.

Наряду со спиральными структурами автор отмечает различного рода перекресты их. Возникновение и формирование последних в организме человека В. Г. Украинский (1963) объясняет приспособительной реакцией организма на воздействие внутренней и внешней среды. Перекресты волокон, пучков он считает характерной чертой строения организма человека и животного. В частности, автор пишет, что волокна сухожилий глубокого сгибателя пальцев имеют ряд перекрестов, которые увеличивают силу, быстроту и ловкость движений.

Таким образом, осуществление спиральных структур и перекрестов в архитектонике различных органов человека известно, однако причины появления их раскрыты далеко не полностью.

В каждом случае имеются определенные факторы, обуславливающие их образование, и они вполне поддаются учету, что показали в своих работах Г. В. Стельников, А. Г. Кочетков, А. К. Макаров и В. И. Савельев.

Так, спиральная ориентировка пучков сухожилий поверхностного сгибателя пальцев вызвана рядом моментов. Спиральная структура пучков внутримышечного сухожилия зависит от направления силы, развиваемой

мышечными пучками. В дистальном направлении (до выхода сухожилия из запястного канала) пучки передней поверхности сухожилий сгибателей II и III пальцев ориентированы по спирали от латерального края (вверху) к медиальному (внизу), а V и IV, наоборот, от медиального края (вверху) к латеральному краю (внизу), т. е. пучки ориентированы к линии, проходящей между III и IV пальцами. Этот факт становится понятным, если учесть, что сухожилия до канала конвергируют, а пройдя канал, дивергируют. Стенки канала служат для них своего рода блоком, благодаря которому они изменяют направление, что вызывает скручивание сухожилия. Ориентировка сухожильных пучков глубокого сгибателя пальцев также зависит от перечисленных выше факторов. Например, спиральный ход пучков сухожилий глубоких сгибателей II, III и IV пальцев определяется соответствующим расположением мышечных пучков, формирующих указанные сухожилия.

В запястном канале эти сухожилия почти не изменяют своего направления. II только сухожильные пучки глубокого сгибателя V пальца имеют резко выраженный спиральный ход. Мышечные пучки этого сухожилия подходят под углом к продольной оси мышцы, а само сухожилие значительно меняет направление при прохождении запястного канала.

В то же время для всех сухожилий глубокого сгибателя на протяжении пальцевого костно-фиброзного канала характерен качественно одинаковый спиральный ход пучков. Здесь пучки расходятся в стороны от средней линии и далее на дорсальную поверхность, где они вновь собираются к средней линии. В результате такого хода пучков на сухожилии возникает срединная борозда. А. Г. Кочетков считает, что изменение хода пучков в указанном месте происходит под влиянием бокового давления расщепленного сухожилия поверхностного сгибателя и стенок костно-фиброзного канала. Это приводит к возникновению скручивающего момента в двух указанных направлениях.

Еще более четко выявляется влияние костно-фиброзных блоков на форму сухожилий и направление их пучков на тыльной поверхности области запястья. Например, внемышечная часть дистального сухожилия локтевого разгибателя кисти имеет проксимально округлую форму. Направление сухожилия в этом участке совпа-

даст с суммарным направлением силы тяги мышечного брюшка. В верхнем отделе костно-фиброзного канала сухожилие, придавливаясь к его передней стенке, уплощается и отклоняется кпереди. На уровне шиловидного отростка оно придавливается к передне-медиальной стенке канала, становится более округлым и отклоняется в медиальную сторону. Над лучезапястным суставом оно снова уплощается и, направляясь латерально и вперед, располагается между сагиттальной и фронтальной плоскостями. У прикрепления описываемое сухожилие еще больше уплощается и поворачивается вокруг своей оси. Все это приводит не только к изменению формы и направления сухожилия, но и определяет направление сухожильных пучков. Они идут не строго сверху вниз, а по спирали, направленной снаружи внутрь. Можно предположить, что скручивание сухожильных пучков в костно-фиброзном канале подобно вращению жидких и твердых тел при взаимодействии их со средой, о чем в свое время писал А. Д. Заморский (1965).

Взаимодействие сухожилий со стенками каналов оказывает влияние и на волокнистые структуры пери- и эндотенония. Так, вне костнофиброзных каналов поверхностный слой перитенония состоит из тонких коллагеновых и эластических волокон, образующих войлочнообразную структуру. В среднем слое уже имеются более крупные, четко ориентированные коллагеновые пучки. Глубокий основной слой перитенония состоит из крупных поперечно ориентированных пучков. Они плотно прилежат к сухожильным пучкам и соединяются с волокнистыми структурами эндотенония.

В костно-фиброзных каналах общая толщина пери- и эндотенония уменьшается. Коллагеновые пучки сухожилия здесь настолько плотно прилежат друг к другу, что становятся неразличимыми их границы, а обильно представленное здесь межуточное вещество окончательно скрадывает их не только между сухожильными пучками, но и перитенонием. Подобный участок имеет вид однородного гигантского пучка.

Параллельно с этим изменяется количественно и качественно клеточный состав сухожилий. В участках давления увеличивается общее количество клеток (табл. 4), причем у разных сухожилий по-разному, в зависимости от интенсивности придавливания сухожилий к стенкам канала.

Таблица 4

Изменение количества клеток в различных участках сухожилий
(по А. К. Макарову)

Название мышцы	Количество клеток в 1/4 поля зрения (при увеличении 7x40)	
	в верхней трети сухожилия	в области костно-фиброзного канала
Длинный лучевой разгибатель кисти	17—28	28—40
Короткий лучевой разгибатель кисти	20—30	36—41
Локтевой разгибатель кисти	12—26	36—40
Длинная, отводящая I палец	20—26	29—41
Общий разгибатель пальцев	21—28	30—41
Собственный разгибатель V пальца	16—25	25—43
Короткий разгибатель I пальца	18—20	32—42

Кроме увеличения общего количества клеток, изменяется их форма, и в зонах наибольшего придавливания появляются изогенные группы хрящевых клеток. Так, у сухожилий сгибателей и разгибателей кисти и пальцев наблюдаются уплотненные фиброциты с вытянутыми ядрами. Ближе к зоне давления и в самой зоне выявляются также округлые клетки, расположенные гнездами, плотно прилегающие друг к другу. У всех сухожилий в участках наибольшего давления выявлены хрящевые клетки. Последние образуют отдельные группы или столбики.

В противоположность участкам давления в местах бокового растяжения сухожилий уменьшается плотность сухожильных пучков, которые здесь лежат дальше друг от друга. В прямой зависимости от величины и разнообразия сил бокового растяжения находятся изменения волокнистых структур пери- и эндотенония и появление новых. Эндотеноний превращается в мощные межпучковые волокнистые образования.

Чем сильнее боковое растяжение и чем чаще меняется его направление, тем крупнее волокнистые структуры пери- и эндотенония и сложнее их конструкция. Например, проксимальный конец сухожилия короткого лучевого разгибателя кисти испытывает большее боковое растяжение, чем такой же участок сухожилий общего разгибателя пальцев. Поэтому его сухожильные пучки

лежат свободнее (интервал между пучками составляет 25—27 мк), а степень развития волокнистых структур пери- и эндотенония больше. В основном слое перитенония короткого лучевого разгибателя кисти пучки крупные (75—150 против 14—50 мк) и плотнее прилежат друг к другу. Аналогичное явление наблюдается и у сухожилия трехглавой мышцы плеча.

Особенно сильного развития и сложной конструкции пери- и эндотеноний достигают в области межсухожильных перемычек общего разгибателя пальцев. По сути дела межсухожильные перемычки являются результатом разрастания пери- и эндотенония сухожилий, связывающих пучки сухожилия между собой. Подобное разрастание пери- и эндотенония и сращение их с капсулой пястно-фаланговых суставов имеются у сухожилий разгибателей пальцев, в области пястно-фаланговых и межфаланговых суставов и вблизи прикрепления сухожилий к костям, а также в области перекреста длинной отводящей большой палец мышцы с лучевой костью. В менее выраженной форме эта реакция наблюдается в сухожилии глубокого сгибателя пальцев на уровне перекреста его с сухожилием поверхностного сгибателя пальцев и на протяжении начала червеобразных мышц.

Конкретные условия функционирования изменяют не только выраженность волокнистых структур, но и их соотношение. Так, было замечено, что эластические волокна изменяются количественно и качественно в функционально различных участках и в разных структурах. В рыхлых слоях пери- и эндотенония, независимо от степени развития пучков, их много и они по своим размерам мало уступают коллагеновым волокнам. Но чем плотнее слой перитенония или чем больше он подвергается сдавливанию, тем меньше эластических волокон. Однако полностью эластические волокна не исчезают, они обнаружены даже в пучках первого порядка сухожилий, расположенных в костно-фиброзных каналах или над костными блоками. В сухожильных пучках они более тонкие, строго повторяют ход коллагеновых и реже по сравнению с пери- и эндотенонием образуют анастомозы друг с другом.

Перестройка различных элементов сухожилий в функционально неоднородных участках сопровождается изменением внутриоргана сосудистого русла и нерв-

ного аппарата. При этом как сосуды, так и нервные приборы своей организацией соответствуют особенностям строения и функции участков сухожилий.

Сосудистая сеть сухожилия весьма разнообразна на протяжении сухожилия и в разных слоях его. Степень развития транспортных сосудов, как и терминального русла, зависит от функциональной активности участков сухожилий и сухожилия в целом, а форма их и расположение во многом определяются структурой сухожилия и условиями гемодинамики при функционировании сухожилий. Наряду с участками, обильно кровоснабжаемыми, имеются малососудистые и даже бессосудистые зоны.

Еще Bergkenbusch (1887), Mayer (1916) и др. показали, что в местах механического давления в сухожилиях имеются малососудистые зоны. Малососудистые и бессосудистые зоны различных сухожилий человека подробно описаны [108, 209, 295, 299, 327]. О. Б. Дьяконов (1958) отметил наличие бессосудистых зон у сухожилий лошади в участках, где они огибают костные выступы. Бессосудистые зоны висцерального листка синовиальной оболочки сухожилий стопы человека изучены Л. А. Манукян (1967).

Krompacher, Toth (1965) экспериментально доказали, что в результате давления происходит локальное сужение сосудов.

Бессосудистые и малососудистые зоны выявлены также и в других видах (связках, капсуле суставов, апоневрозах, фасциях и др.) плотной соединительной ткани [73, 134, 175, 212, 200, 224, 324, 384, 446].

В обычных условиях в поверхностном слое перитенония всех сухожилий сгибателей и разгибателей кисти и пальцев находится наиболее редкая сосудистая сеть. Ее артерии и вены ориентируются прямолинейно в различных направлениях, извиваются только в местах скопления жировых долек, образуя густую капиллярную сеть. В остальных участках капиллярная сеть тянется в виде узких лент вдоль артерий и сопровождающих вен. Такие ленты, располагаясь далеко друг от друга, не соединяются между собой. Они лежат в различных плоскостях и нередко оканчиваются слепо в окружающей рыхлой клетчатке (рис. 35).

В глубоком слое перитенония артерии и вены увеличиваются в диаметре и принимают более определенную

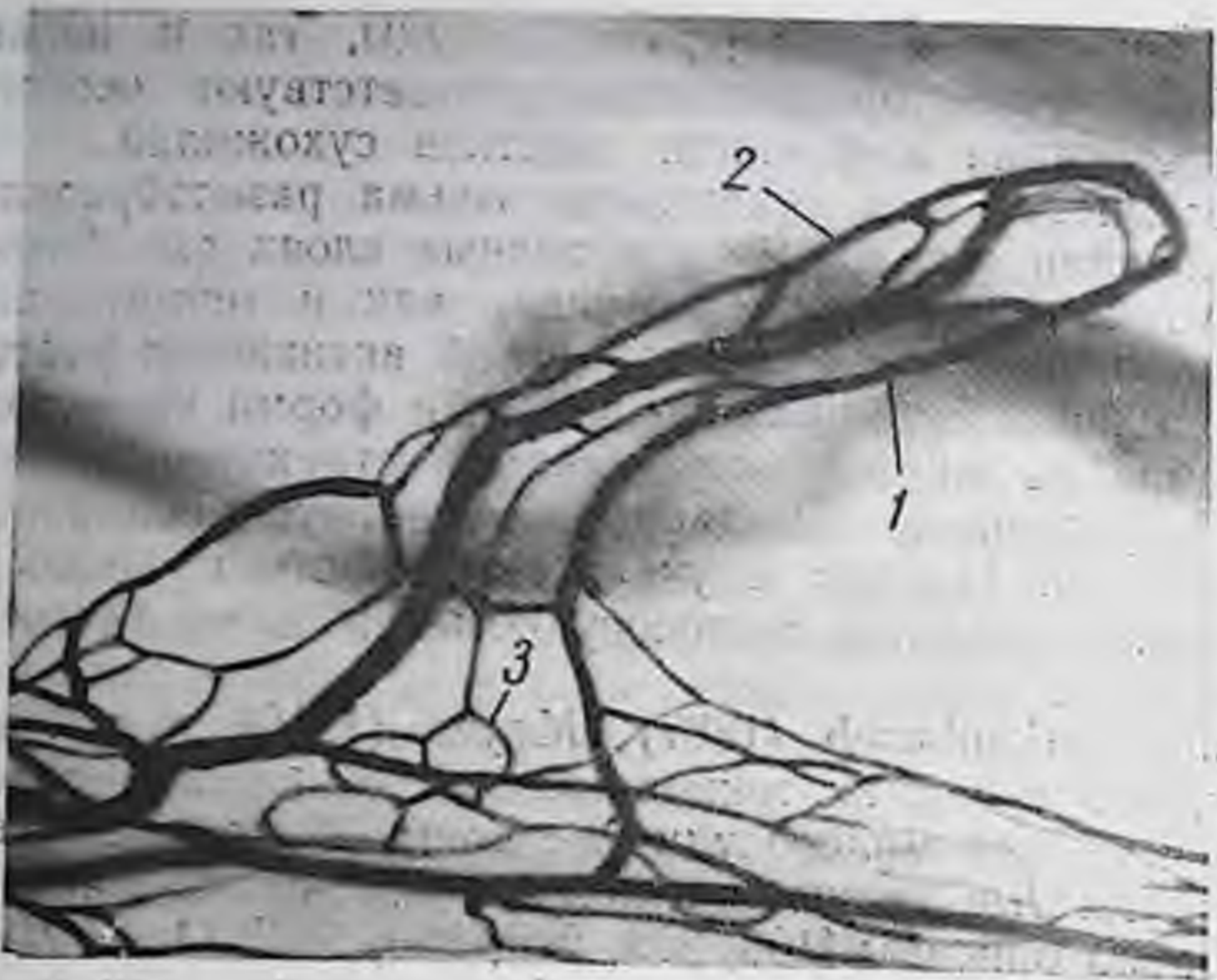


Рис. 35. Основной слой перитенония. МБС-2. Увеличение 7×90 .
 1 — артериальная часть магистрального капилляра; 2 — венозная часть магистрального капилляра; 3 — истинные капилляры (препарат А. Г. Кочеткова).

ориентацию в соответствии с направлением крупных коллагеновых пучков. Для этой сосудистой сети характерно увеличение количества различных анастомозов, а также преобладание венозного русла над артериальным.

В глубине сухожилий сосудистая сеть (рис. 36) отличается более правильной ячеистой структурой, иным пространственным расположением, прямолинейным ходом ее компонентов и значительным количеством артерио-артериальных и вено-венозных анастомозов. Артерии и вены этой сети ветвятся путем Т-образного деления, ориентируются по трем взаимно перпендикулярным направлениям и, соединяясь друг с другом, образуют непрерывную сеть артериальных и венозных соустьев. Поперечно ориентированные артериолы и венулы имеют больший диаметр по сравнению с продольными, местами они расширяются. Указанная архитектура транспортных сосудов свидетельствует о затрудненном токе крови в них и вполне объяснима структурной характеристикой сухожилия и придавливающим действием его пучков.



Рис. 36. Ячеистая сосудистая сеть эндотенония сухожилия длинного лучевого разгибателя кисти (мужчина 52 лет). Препарирование под МБС-2. Увеличение 2×8 . Сосуды импрегнированы водной взвесью черной туши (препарат А. К. Макарова).

В участках сухожилий, испытывающих влияние соседних образований (костно-фиброзные каналы, костные и сухожильные блоки и т. д.), сосудистое русло претерпевает глубокую перестройку: наряду с местами густой концентрации сосудов имеются бессосудистые зоны (рис. 37).

Факт концентрации сосудов в наиболее защищенной части сухожилий, т. е. в тех участках, где давление наименьшее или совсем отсутствует, описанный во многих работах [87, 299], имел место и при изучении сухожилий сгибателей и разгибателей кисти и пальцев.

В зоне сильного давления или постоянного придавливания сухожилий к твердым соседним образованиям или органам сосуды не развиваются и выявляется так называемая бессосудистая зона. Бессосудистая зона может занимать часть поперечника сухожилия (длинный лучевой разгибатель, общий разгибатель пальцев, лучевой сгибатель кисти, глубокий и поверхностный сгибатели V пальца) или всю толщу сухожилия (длинный отводящий и короткий разгибатель большого пальца, локтевой разгибатель кисти).



Рис. 37. Исчезновение сосудов по мере приближения к зоне давления. Сухожилие глубокого сгибателя на протяжении пальца (женщина 55 лет).

1 — бессосудистая зона (препарат А. Г. Кочеткова).

Наряду с изменением расположения сосудов и образованием бессосудистых зон в сухожилиях, испытывающих давление, поверхностная сосудистая сеть перитенония исчезает, а глубокая превращается в сосудистую сеть висцерального листка синовиального влагалища. Глубокая сосудистая сеть перитенония в костно-фиброзных каналах утрачивает характерную для нее ячеистость и на границе с бессосудистой зоной образует артерио-венозные петли, которые представляют собой один из видов перехода артериальной части русла в венозную, минуя истинные капилляры, по типу магистральных капилляров [202] или «центральных каналов» [361]. Подобные сосудистые петли, ограничивающие бессосудистые участки, В. В. Куприянов (1961), а затем



Рис. 38. Сосудистая сеть основного слоя перитенония сухожилия короткого лучевого разгибателя кисти вблизи мышечного брюшка (женщина 57 лет). Препарирование под МБС-2. Увеличение 2×8 (препарат А. К. Макарова).

и А. Б. Ходос (1970) не относят к капиллярам, а считают их особой формой артериоло-венулярной связи, выполняющей роль полушунтов [157].

Для сосудистой сети глубоких слоев перитенония и участка сухожилия, находящегося в костно-фиброзном канале, характерно значительное количество приносящих артериальных стволов большого диаметра, меньшая кратность деления и угол ветвления артерий, резкое преобладание венозного русла над артериальным, а также образование венозных сплетений по ходу артерий.

В местах бокового растяжения внутриорганный сосудистый русло изменяется в другом направлении по сравнению с участками, не подвергающимися растяжению.

Так, у сухожилней лучевых разгибателей кисти в укрепляющем слое перитенония артерии и сопровождающие их вены-спутницы имеют больший диаметр (50—75 мк) по сравнению с участками, расположенными вне зоны бокового растяжения (20—50 мк). Они ветвятся и образуют настолько густую сеть, что она напоминает сплошной сосудистый пласт (рис. 38). Все ее компоненты ориентированы вдоль пучков укрепляющего слоя перитенония, т. е. поперечно по отношению к сухожильным пучкам. Отток крови из капилляров данной сети совершается не только в расширенные, часто соединяющиеся между собой вены-спутницы, но и в самостоятельные вены, идущие от противоположных краев сухожилий. Нередко несколько венул, соединяясь, образуют венозные озера или различной формы кольца. Наблюдается также увеличение количества непосредственных переходов артериол в венулы без разделения их на капилляры. При более значительном развитии пучков укрепляющего слоя перитенония и плотности прилегания их друг к другу сосудистая сеть приобретает типичное для эндотенония ячеистое строение. Например, у сухожилий общего разгибателя пальцев на уровне первой межсухожильной перемычки по мере укрупнения пучков перитенония сосудистая сеть превращается в типичную для эндотенония сеть [377, 476] с правильной четырехугольной формой ячеек (рис. 39). В глубине сухожилий вследствие усиления волокнистых структур эндотенония и усложнения его архитектоники сосудистая сеть теряет характерную для других участков сухожилий правильную ячеистость. Ее артерии и вены, ориентируясь по направлению сухожильных пучков и крупных пучков эндотенония, образуют довольно сложную систему переплетающихся сосудов. Не только в разных сухожилиях, но и на различных их участках одного и того же сухожилия сосудистая сеть формируется в соответствии со структурой и функциональной активностью, обеспечивая потребности сухожилия в обмене веществ. О соответствии архитектоники сосудистых сетей структуре и функциональной активности органов имеются указания в работах М. А. Барона (1939), Ф. П. Маркизова (1963), В. В. Куприянова (1965, 1967) и др.

Нервные элементы сухожилий также разнообразны. Распространение и устройство рецепторных приборов находятся в соответствии со структурой и функциональ-



Рис. 39. Сосудистая сеть межсухожильной перемычки и перитенония сухожилия общего разгибателя III пальца (женщина 35 лет). Препарирование под МБС-2. Увеличение 4×8 (препарат А. К. Макарова).

ной активностью сухожилий или их частей. Неодинаковое распределение нервных элементов в различных слоях соединительнотканых органов отмечали многие исследователи [53, 92, 107, 121, 453].

В наших работах на примере сухожилий эта закономерность четко прослежена. Так, нервные окончания поверхностного и среднего слоев перитенония представлены кустиковидными рецепторами и инкапсулированными клубочками. Первые из них в отличие от кустиковидных рецепторов поверхностного слоя перитенония в основном его слое имеют более строгую ориентацию терминалей, которые ориентируются по направлению волокнистых структур основного слоя, имеют значительную протяженность и ветвятся не столь обильно. Они часто сопровождаются глиальными клетками и оканчиваются не только между пучками перитенония, но и на сосудах.

Инкапсулированные рецепторы имеют удлиненную форму и ориентируются также по направлению волокнистых структур или сосудов.

Совпадение хода нервных волокон и рецепторных элементов с направлением коллагеновых пучков в плотных соединительнотканых структурах является закономерностью. Оно описано многими учеными [16, 266, 341 и др.]. Характер ветвления и форма рецепторного аппарата эндотенония сухожилий в большей степени зависят от места расположения. У разгибателей и сгибателей кисти в сухожильных пучках второго порядка встречаются только простые кустики с длинными немногочисленными терминалями, которые не сопровождаются глиальными клетками, и, ориентируясь вдоль волоконистых структур, повторяют их извитость. На сухожильных пучках второго порядка лежат кустики с более сложным ветвлением терминалей, окруженных глиальными клетками. Кустики, расположенные в прослойках между пучками третьего порядка, отличаются короткими терминалями, ориентированными в поперечном, продольном и в передне-заднем направлении. Здесь же иногда встречаются инкапсулированные клубочки, имеющие веретенообразную форму.

В участках давления рецепторный аппарат, подобно сосудистому руслу, исчезает. Нервные окончания встречаются только вдали от зон давления. Они представлены простыми кустиками с длинными немногочисленными терминалями, которые ориентируются вдоль сухожильных пучков, повторяют их извитость и заострены на концах.

В участках бокового растяжения наряду с изменением структуры сухожилий и внутриорганным сосудистого русла увеличивается количество нервных окончаний и усложняется их строение. Так, у сухожилий общего разгибателя пальцев на уровне межсухожильных перемычек и в зонах слияния с сухожилиями других мышц нервные пучки и волокна идут не прямо, а петлеобразно извиваются и часто принимают рекуррентный ход. В глубоком слое перитенония сухожилий общего разгибателя II и III пальцев на уровне первой перемычки они ориентируются в основном поперечно, а в области второй и третьей межсухожильных перемычек располагаются косо вдоль пучков укрепляющего слоя и пучков перемычки. В глубине сухожилий нервные стволики идут вдоль сухожильных пучков и крупных пучков эндотенония. Нервные пучки и стволики образуют разнообразные рецепторные приборы. В большом количестве



Рис. 40. Неинкапсулированный нервный клубочек перитенопия сухожилия общего разгибателя III пальца на уровне межсухожильных перемычек. Импрегнация азотнокислым серебром. Увеличение 7×40 (препарат А. К. Макарова).

встречаются сложные кустиковидные, древовидные нервные окончания, неинкапсулированные клубочки, инкапсулированные кустики и клубочки с различным типом ветвления осевого цилиндра (рис. 40 и 41).

Кустиковидные нервные окончания в участках бокового растяжения сухожилий отличаются комковатостью, значительной площадью распространения, частой поливалентностью и полнаксонностью. Нередко наблюдаются рецепторные поля, образованные одним или даже двумя пучками нервных волокон. Терминали такого рецепторного поля иногда распространяются на все слои перитенопия и уходят в эндотеноний.

В зависимости от глубины залегания терминали имеют различное пространственное расположение. В поверхностном слое перитенопия они ориентируются в различных направлениях, извиваются и переплетаются между собой. В основном слое терминали идут по направлению грубых пучков перитенопия, а в глубине сухожилия — вдоль сухожильных пучков. При этом уменьшается степень ветвления и увеличивается протяженность терминалей, а также изменяется характер осевых цилиндров. Последние в основном слое перитенопия



Рис. 41. Инкапсулированный клубочек поверхностного слоя перитенония сухожилия общего разгибателя III пальца на уровне второй межсухожильной перемычки. Импрегнация азотнокислым серебром. Увеличение 10 X 90 (препарат А. К. Макарова).

и в глубине сухожилия имеют различной формы утолщения и нередко оканчиваются шарами Геринга.

Так же обильны и разнообразны нервные окончания у всех сухожилий разгибателей пальцев над пястно-фаланговыми и межфаланговыми суставами на стороне, противоположной давлению костных блоков на сухожилие. В сильно развитых волокнистых структурах перитенония нервных окончаний настолько много, что они образуют рецепторные поля, состоящие из разнообразных нервных окончаний. Устройство их тоже находится в зависимости от места расположения.

Большое разнообразие форм рецепторных приборов соединительнотканых структур обуславливается особенностями архитектоники субстрата [151, 302, 340, 341, 452]. Вероятно, имеет место и прямое механическое влияние микроархитектуры субстрата на форму и структуру рецептора [151, 153, 345].

Многочисленные примеры доказывают, что изменение условий функции приводит прежде всего к перестройке структуры сухожилий. В соответствии с этим меняются количество и характер сосудистого русла и нервных приборов. Об этом же свидетельствуют те ги-

стохимические изменения, которые выявляются в разных по функции участках сухожилий.

В литературе широко представлены работы по изучению мукополисахаридов соединительной ткани в различных органах [3, 14, 105, 378, 445, 457, 462].

Выяснению роли мукополисахаридов при регенерации тканей и новообразовательных процессах посвящен ряд работ [18, 47, 130, 298, 320, 321]. Как известно, мукополисахариды широко представлены в связках, сухожилиях, в рыхлой соединительной ткани [313, 325, 494].

Сухожилия отличаются высоким содержанием кислых мукополисахаридов, из которых идентифицированы гиалуроновая кислота, хондроитинсерные кислоты типа «В» и «С» [439, 440, 371].

По мнению Banga, Balo (1960), значительную массу в сухожилиях составляют нейтральные мукополисахариды. Известна роль мукополисахаридов основного вещества в скреплении протофибрилл и коллагеновых волокон [37, 219, 337, 455, 408].

Высказано мнение об участии кислых мукополисахаридов в регуляции обмена солей, воды, метаболитов в тканях [310]. Wislocki, Bunting, Dempsey (1947), Kottrecher, Toth (1965), К. С. Митин (1966) показали, что в условиях хронической гипоксии происходит накопление кислых мукополисахаридов, которые играют значительную роль в формировании белковых образований [310].

Многими исследователями отмечено, что в эмбриональных тканях [3, 58, 244, 434], а также при заживлении ран или регенерации [114] сначала синтезируется гиалуроновая кислота, а затем уже сульфатированные полисахариды, что связывают с формированием волокнистой соединительной ткани [3, 309].

По мнению Hoffman, Linker, Meyer (1957), Cohen (1958), К. Мейер (1963), появление толстых коллагеновых пучков обусловлено включением в их состав хондроитинсульфата «В», а образование тонких коллагеновых волокон связано с присутствием хондроитинсульфата «С». Подобные наблюдения позволили И. Г. Фалку (1965) и Б. Б. Фуксу (1968) предположить, что в этом проявляется переход соединительнотканых структур от трофических функций к опорной. Б. С. Касавина, В. М. Лирцман и Л. И. Музыкант (1954), В. В. Виноградов (1964, 1966) и др. отмечают, что по мере созревания

ния коллагеновых волокон последние приобретают все более усиливающуюся ШИК-положительную окраску.

По В. В. Виноградову, в процессе формирования коллагеновых волокон можно выделить два периода: первый — более ранний, характеризующийся нарастанием метахромазии формирующихся волокон, и второй, характерной особенностью которого является прогрессирующее ослабление метахромазии и нарастание интенсивности PAS-реакции по мере формирования коллагеновых пучков. Появление и увеличение содержания нейтральных мукополисахаридов предшествуют формированию волокон и сопровождают его [313]. По-видимому, они обеспечивают высокую стабилизацию волокон сухожилия.

Исследуя мукополисахариды и нуклеопротенды сухожилий человека, мы стремились выяснить глубину структурной перестройки как самих сухожилий в функционально различных участках, так и сосудистых образований данных зон сухожилий. Обработка срезов толуидиновым синим на буферном растворе, рН которого равен 4,6 и 4,8, выявила, что коллагеновые пучки ортохроматичны, межточное вещество окрашивается метахроматично с преобладанием розовых тонов. Волокнистые элементы пери- и эндотенония β -метахроматичны, но несколько различны: у эндотенония больше лиловых тонов, а у перитенония — фиолетовых. Вокруг сухожильных клеток нередко можно было наблюдать ореол из ярко окрашенного γ -метахроматического вещества. Иногда этот ореол настолько выражен, что сливается с ореолом рядом расположенных клеток. Цитоплазма сухожильных клеток содержит метахроматические структуры, разнообразные по форме и размерам. Среди них можно видеть яркие γ -метахроматические глыбки, расположенные ближе к периферии клеток. В рыхлой ткани эндотенония и рядом с кровеносными сосудами часто встречаются тучные клетки, «нагруженные» глыбками метахроматического материала. Поперечно срезаемые сухожильные пучки, пучки перитенония и эндотенония имеют яркое γ -метахроматическое окрашивание, значительно отличающееся от окраски таких же пучков на продольных срезах. Г. В. Орловская, А. Л. Зайдес и А. А. Тустановский (1956) подобное явление объясняют присутствием между пучками мукоидного вещества. При окраске толуидиновым синим

с рН буфера 4,0 описанная выше картина сохраняется, изменяются только оттенки. В пери- и эндотенонии значительно уменьшаются фиолетово-синие оттенки. Известно, что фиолетово-синие оттенки связаны в значительной мере с гиалуроновой кислотой. Метахромазия становится менее интенсивной, но более однородной по тонам с одинаковым цветом. Более всего уменьшается метахромазия вокруг кровеносных сосудов и в пери- и эндотенонии.

Окрашивание срезов толуидиновым синим на буферном растворе, рН которого равен 2,8 и 3,0, выявило снижение метахроматического окрашивания структур пери- и эндотенония. Межуточное вещество вокруг клеток и между пучками сухожилия имеет неяркую γ -метахроматическую окраску.

При постановке реакции с коллоидной гидроокисью железа по Хейлу (Hale, 1946) в модификации В. В. Виноградова и Л. П. Черемных (1957) коллагеновые пучки не связывают железа, — они Хейл-отрицательны. Межуточное вещество между пучками и вокруг сухожильных клеток Хейл-положительно. Хейл-положительное окрашивание более всего выражено в прослойках эндотенония и перитенония и вокруг сосудов. Неодинаковое количество Хейл-положительных структур и неоднородность окрашивания придают пери- и эндотенонию «включенный» вид. Сухожильные клетки имеют незначительное количество Хейл-положительных структур различной формы.

В рыхлых слоях пери- и эндотенония рядом с кровеносными сосудами встречаются крупные, округлые клетки, цитоплазма которых полностью выполнена Хейл-положительными структурами. Эти клетки как бы нафаршированы «включенными» Хейл-положительными структурами. Окрашивание срезов по М. Г. Шубичу (1961) и поставленный контроль с тестикулярной гиалуронидазой убеждают, что подобные клетки являются тучными, а вещество, связывающее коллоидное железо в их цитоплазме, возможно, является высокоэтерифицированным [442] и устойчиво к действию тестикулярной гиалуронидазы. Наибольшее количество Хейл-положительных структур пери- и эндотенония располагается в участке непосредственного перехода мышечных пучков в сухожильные и в брыжейках синовиальных влагалищ сухожилий.

Постановка ШИК-реакции выявляет резкую ШИК-положительную окраску сухожильных пучков, пучков пери- и эндотенония, последние окрашиваются несколько слабее. Межуточное вещество ШИК-отрицательное, однако вокруг сухожильных клеток отмечается ШИК-положительное перицеллюлярное окрашивание. Цитоплазма сухожильных клеток содержит мелкие пылевидные ШИК-положительные вещества, которые окрашивают ее. Часть сухожильных клеток содержит гранулы пурпурно-красного цвета, располагающиеся в отростках клетки или по краям от ядра, не обнаруживая при этом определенной локализации.

При постановке реакции на нуклеопротейды по Фельгену ядра клеток интенсивно окрашиваются и содержат яркие глыбки ДНК. В клетках пери- и эндотенония окрашивание ядер интенсивнее. Ярко-красные глыбки, как правило, располагаются по периферии ядра. Часть ДНК находится в пылевидном «дисперсном» состоянии, обуславливая легкую окрашиваемость всего ядра.

Пиронинофильные структуры РНК выявляются в сухожильных клетках вокруг их ядер и в цитоплазматических отростках. Клетки пери- и эндотенония содержат несколько большее количество пиронинофильных глыбок, чем клетки пучков сухожилия. Глыбки РНК чаще всего окружают ядро пояском или скапливаются у наружного края цитоплазмы. В большинстве случаев в ядрах клеток определялась ядерная РНК в виде 1—2 скоплений и нескольких мелких, пылевидных частиц.

Перестройка волокнистых и клеточных элементов связана с изменением химизма тканей сухожилий. Гистохимическая картина участков сухожилий, подверженных влиянию костных, фиброзных блоков, существенно отличается от обычных его зон. В зонах давления при условиях гипоксии происходит накопление межуточного вещества, которое обуславливает более интенсивную β - и γ -метахромазию (окраска толуидиновым синим). Хрящевые клетки зоны давления производят впечатление «пылающих», поскольку цитоплазма их и межуточное вещество вокруг них имеют яркую γ -метахроматическую окраску, что может служить признаком секреторной деятельности этих клеток. Перитеноний зоны давления имеет интенсивную β -метохромазию с лиловыми оттенками, гораздо сильнее выраженную, чем в участках вне давления. Все это свидетельствует об усиленном

образовании и накоплении кислых мукополисахаридов в зонах давления. Контрольный анализ реакций показал, что в зонах давления метахромазия в основном обусловлена кислыми мукополисахаридами типа хондроитинсульфатов «В» и в небольшой степени «С». Известно, что электровалентные и ковалентные связи хондроитинсульфатов с аминокруппами белков более прочные, чем электровалентные связи гиалуроновой кислоты. Кроме того, по мнению Hoffman, Linker, Meyer (1957), появление толстых коллагеновых пучков обусловлено включением в их состав хондроитинсульфатов «В». Значительное накопление кислых мукополисахаридов в зонах давления, не имеющих кровеносных сосудов, безусловно способствует их питанию, транспорту воды, солей и др. [29, 36, 494].

А. Г. Кочетков и А. К. Макаров показали, что в зонах давления отмечается усиление ШИК-положительного окрашивания сухожильных пучков. Вокруг хрящевых клеток хорошо выражено ШИК-положительное периделлюлярное окрашивание, а в цитоплазме клеток отмечены гранулы ШИК-положительных структур, которые всегда располагаются у противоположного полюса клетки (рис. 42). При одновременной окраске на кислые и нейтральные мукополисахариды в хрящевых клетках наряду с ШИК-положительным субстратом выявляются и Хейл-положительные структуры (см. рис. 30). Распределяются они обычно по всей цитоплазме у любого края без определенной локализации. В участках вне зоны давления Хейл-положительных структур больше, а ШИК-положительные вещества не образуют уже четко выраженных гранул и располагаются по всей цитоплазме клетки. Интенсивность связывания коллоидного железа элементами пери- и эндотенония по мере приближения к зоне давления убывает, а ШИК-положительное окрашивание усиливается.

Анализ соединений, дающий ШИК-положительную окраску, выявил, что последняя обусловлена наличием нейтральных мукополисахаридов (муко- или гликопротеидов). Значительно более интенсивная ШИК-окраска в зонах давления, по-видимому, объясняется тем, что дополнительная нагрузка на отдельные участки сухожилий (давление) обуславливает более прочные связи, каковыми явились комплексы нейтральных мукополисахаридов с белками сухожилий. Известно, что нейтраль-

ные мукополисахариды, сопутствующие замедленным обменным процессам [229], стабилизируют коллагеновые волокна прочнее, чем кислые мукополисахариды, поскольку они образуют с протенами ковалентные связи [192].

В местах бокового растяжения, не испытывающих дополнительных воздействий (давление и др.), определяется незначительное количество хондроитинсульфатов «В» и «С». Хондроитинсульфат «В» выявляется преимущественно в сухожильных пучках и крупных пучках пери- и эндотенония. В межуточном веществе этих участков, кроме сульфатированных кислых мукополисахаридов, определяется и гиалуроновая кислота. В большем количестве в участках бокового растяжения сухожилий определяются нейтральные мукополисахариды. Если в участках сухожилий вне зоны растяжения интенсивную ШИК-положительную окраску дают только сухожильные пучки, то в зоне бокового растяжения ее образуют дополнительно крупные пучки пери- и эндотенония, причем интенсивность ШИК-положительного окрашивания нарастает по мере объединения и укрупнения этих пучков. В цитоплазме клеток здесь в отличие от участков давления очень редко встречаются ШИК-положительные гранулы. Они имеют пылевидную форму и располагаются более или менее равномерно. Так же редко встречаются клетки с перицеллюлярным ШИК-положительным окрашиванием.

В участках сухожилий, испытывающих воздействие сочетанных сил давления и бокового растяжения, гистохимическая картина мукополисахаридов имеет признаки, свойственные обоим описанным выше зонам.

Таким образом, изменения полисахаридов и нуклеопротеидов вполне соответствуют структурной перестройке сухожилий, первопричиной которой могут быть именно механические факторы. Определенное сочетание полисахаридов и их изменения, происходящие в бессосудистых участках сухожилий, указывают на возможность обменных процессов без участия сосудов. Таким образом, сухожилия имеют сложную и разнообразную структуру, отвечающую их функции. При этом изменение структуры сухожилия приводит к перестройке его сосудистого русла и нервного аппарата, а также волокнистого и клеточного состава, что регистрируется и по определенным сдвигам в белковом и углеводном обмене.

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОСТНОГО СКЕЛЕТА

Костный скелет, являясь твердым остовом в организме человека, выполняет важную функцию опоры, что обеспечивает определенную осанку тела, тонкие дифференцированные движения, фиксацию внутренних органов, способствуя тем самым нормальному их функционированию. Кроме того, в костях содержатся самые различные и очень важные для организма минеральные элементы, например кальций, магний, фосфор, углерод, хлор, алюминий, бор, фтор, марганец, медь, свинец и др. Большинство указанных элементов содержится в костях в незначительных количествах. Помимо этого, в костях имеются коллаген, белки, растворимые в воде, кислоты, щелочах, и нерастворимые белки, альбумин, мукополисахариды, лимонная кислота, ферменты и др. [305].

Костный мозг является основным источником кровотока. «Скелет, быть может, — указывает Г. Д. Рохлин (1939), — лучше, чем любая иная система, иллюстрирует на живом человеке состояние организма, различные фазы развития и старения и их своевременность».

Роль скелета в организме, участие его во многих патологических процессах, изменения скелета с возрастом — все это не только привлекало внимание исследователей, но ставило перед ними вопросы, связанные с устройством, характером реакции костной ткани при различных патологических состояниях, вопросы формирования, так как без этого нельзя не только управлять ростом и развитием костной ткани, но и понять особенности строения скелета, многообразие форм его, а также его возрастные и функциональные изменения.

Формообразовательные процессы в костях на современном этапе изучаются по трем направлениям: 1) перестройка кости; 2) механизм костеобразования;

3) взаимосвязь остеогенных процессов с факторами внешней и внутренней среды.

В результате исследований в этом направлении мы имеем более или менее полное представление об участии компонентов кости в регенерации и формообразовательных процессах.

В клинике и экспериментах была показана роль надкостницы, прежде всего камбиального ее слоя, в росте и регенерации кости [74, 75, 99].

Особенно велика роль надкостницы в период роста кости. Для остеогенных клеток надкостницы побуждающим фактором к размножению является растяжение, возникающее при прогибе кости или вследствие тракции мышц [472].

Сокращение мышц при выполнении определенных рабочих движений вызывает сдавливание кости и натяжение надкостницы по отношению к подлежащему костному веществу.

В результате этого воздействия, по мнению М. Г. Привеса (1964), происходит раздражение проприорецепторов. Нервные импульсы с мышц и костей передаются на вазомоторы, которые вызывают расширение сосудов и рефлекторную гиперемию (сосудистая реакция). Это тем более очевидно, что сосуды мышц проникают в кость в местах прикрепления последних [238].

Повышенный приток крови приводит к изменению обмена веществ в кости в сторону ее усиленного питания. Изменение обмена влечет за собой перестройку кости.

Роль надкостницы, по мнению С. И. Тимофеева (1951), не ограничивается аппозиционным ростом. В известных случаях она участвует в резорбции кости. Например, только при этих условиях возможен рост грудной клетки с одновременным увеличением ее полости.

П. В. Сиповский (1956) считает, что в старом возрасте костеобразовательная деятельность надкостницы хотя и не проявляется, но сохраняется.

В период роста скелета немалое значение имеют хрящевые клетки — как первоначальной хрящевой модели кости, так и эпифизарного и суставного хряща (более подробно на этом вопросе мы остановимся ниже).

Костеобразование можно разделить на фазы: синтез коллагена, мукополисахаридов и кристаллизации.

Синтез коллагена и мукополисахаридов в зоне костной ткани идет теми же путями, что и в других видах соединительной ткани. Но коллаген в зоне обызвествления, по-видимому, существенно отличается от коллагена других видов соединительной ткани.

Гистогенез костной ткани, как это себе представляет А. В. Румянцев (1958), начинается с увеличения числа и величины костных клеток. Следующий этап — новое разрастание коллагеновых волокон и превращение мезенхимного вида клеток в клетки с маленькими отростками или в остеобласты. Протоплазма изменившихся клеток начинает окрашиваться более базофильно. По мнению А. Я. Фриденштейна (1963), резкая базофилия протоплазмы остеобластов выявляется в стадии образования коллагенового костного матрикса и связана с накоплением РНК в клетках. С начала обызвествления кости количество гистохимически выявляемой РНК в остеобластах уменьшается. В этот период характерно усиленное развитие коллагеновых волокон, оплетающих клетки со всех сторон. Наряду с этим в межклеточном основном веществе появляются хромотропность и уплотнение.

Следующий этап дифференцировки — это некоторое набухание волокон. Набухшие волокна гомогенизируются, после чего в основном веществе появляются соли кальция, начинается процесс обызвествления самих волокон.

Предположение А. В. Румянцева находит подтверждение в работе У. Ньюман, М. Ньюман (1961). По данным этих авторов, «здоровый» остеобласт сохраняет активность, необходимую для поддержания его целостности. В результате угнетающего действия гормона паращитовидных желез на функцию остеобласта происходит постепенная гибель его. В окружающую среду поступают кислоты, протеолитические и другие ферменты. Гибель остеобластов приводит к обогащению крови цитратом. Увеличение цитрата и кальция в крови многие считают необходимыми условиями костеобразования. Но кость не образуется, если не подготовлен соответствующим образом коллаген. Оказывается, не всякий коллаген способен минерализоваться. До сих пор нет сколько-нибудь удовлетворительного ответа на вопрос, почему это происходит. Возможно, это связано с особенностями организации коллагенового волокна, выяв-

ляемой с помощью электронной микроскопии. Так, отмечается увеличение коллагеновых волокон в размере по мере созревания костной ткани. Вместо пяти узких полос, заметных в каждом главном периоде коллагеновых волокон вновь образованной кости, созревшая кость имеет две. Неорганический компонент кости отлагается в области этих полос. По мнению У. Ньюман и М. Ньюман, эти отложения связаны с малыми периодическими полосами. Не последнюю роль в минерализации костного матрикса играют полисахариды: гиалуроновая кислота — хондроитинсульфат С — хондроитинсульфат А — кератосульфат [199]. Все это не столько проверенные теории, сколько предположения, гипотезы, облегчающие планирование будущих экспериментов [211] и понимание действия внешних и внутренних факторов на формообразовательные процессы в костной ткани.

Большинство исследователей приходят к заключению, что кость представляет собой живой орган, чутко реагирующий на изменения как внутренней, так и внешней среды.

Реакция эта проявляется как в отношении химического состава костей, так внутреннего и внешнего их устройства. Постоянно на протяжении всей жизни от рождения до смерти идет непрекращающаяся перестройка костного скелета.

Наиболее интенсивно костная перестройка идет в первые 2 года постнатального периода, в 8—10 лет и в период полового созревания (12—16 лет).

По данным Nevesy (1940), в течение 50 дней обменивается 29% фосфора эпифизов бедренной и большеберцовой костей, почти половина минеральных веществ лопатки и осуществляется полное обновление фосфатидов костного мозга.

Однако мы пока не всегда в состоянии проследить за всеми изменениями, происходящими в костном скелете. Прежде всего до сих пор нет сколько-нибудь удовлетворительной теории костеобразования. Коль скоро мы не можем выявить главные причины превращения скелетогенной мезенхимы в костную ткань, естественно, что нет и достаточно удовлетворяющих методов, с помощью которых можно было бы наблюдать за изменением и перестройкой костной ткани, ее новообразованием. Имеющиеся в нашем распоряжении методы, в том числе так много давший рентгенологический метод, скорее уста-

навливают факт изменений, и иногда далеко зашедших, чем вскрывают их механизм.

Еще Roux (1895) пытался установить причины костеобразования. По его мнению, кости образуются под действием давления, не сочетающегося с трением. Если же имеется давление или растяжение, связанное с трением, то развивается хрящевая ткань. Под действием одного трения формируется соединительная ткань. Эти функциональные состояния, по мнению Roux, способствуют возникновению всех видов опорных тканей в постэмбриональном периоде.

По мнению Wolff (1892), кость первоначально развивается в результате наследственных свойств тканей. А. Н. Студитский (1935) в своих экспериментах показал, что кость может развиваться *in vitro* в силу определенной детерминированности ткани. А. Н. Студитскому и его сотрудникам удалось выращивать кость в курином зародыше и на аллантоисе чаще всего.

Указанные опыты свидетельствуют о том, что, во-первых, компоненты эмбрионального скелета создают друг другу и «внешние» условия дифференцировки. Во-вторых, дифференцировка хрящевого скелета идет независимо от влияния функции. Weidenreich (1923) полагает, что форма и структура скелета не наследуются организмом. Передается по наследству только пластический материал, который способен к самодифференцировке лишь в ограниченной степени, достигая стадии развития низших форм.

Дальнейшее развитие, тем более индивидуальные и видовые особенности, определяется внешними, главным образом функциональными воздействиями.

Сagey (1929) считает, что замещение предхрящевой мезенхимы хрящом и хряща костной тканью обусловливается двумя «законами»: 1) плотность растущей ткани прямо пропорциональна давлению окружающих тканей; 2) объем растущей ткани обратно пропорционален этому давлению.

Weiss (1962) в экспериментах с культурой ткани, нанесенной на стеклянные треугольники и четырехугольники, установил, что в направлении натяжения ориентируются возникающие волокнистые структуры, от которых зависят направление и интенсивность роста тканей. Что же касается костной ткани, то она формируется в направлении волокнистых структур.

Hücksmaun (1942) под влиянием натяжения получил костную ткань с ориентацией волокнистых структур ее основного вещества в направлении натяжения и линий давления. Поставленные им опыты с очевидностью доказывают роль механических факторов в гистогенезе костной ткани.

Krompacher (1937, 1965) с сотрудниками показали, что в местах давления образуется хрящ, а потом кость, но если имеет место растяжение, то кость формируется из соединительной ткани, минуя хрящ. Примерно такие же данные были получены нашими сотрудниками А. Г. Кочетковым (1968) и А. К. Макаровым (1968).

Интересна в этом отношении точка зрения Е. С. Данини (1946). По его мнению, направленность дифференцировки остеогенных тканей обусловлена закрепленной наследственностью тканевого развития, «поэтому механические факторы только разрешают потенциальность в уже детерминированной скелетогенной ткани»¹. Другими словами, воздействующие извне факторы не обуславливают процесс дифференцировки, они только видоизменяют способность к нему тканей. Это проявляется в более поздний период остеогенеза, когда начинает формироваться костная ткань. В это время «механические факторы не только влияют на увеличение массы костного вещества, но и определяют его структуру»¹.

Четкую зависимость развития структуры губчатого и компактного вещества кости от сил сжатия и растяжения в своих работах показали Б. А. Долго-Сабуров (1930), А. Л. Шабаташ (1936), И. А. Кузнецова (1955), В. В. Бунак (1951, 1956), М. Г. Привес (1959), Д. А. Жданов (1964).

П. В. Сиповский (1956) считает, что уменьшение нагрузки на кость приводит к стиранию границ остеонов, костные пластинки становятся расплывчатыми, утрачивается гистоструктура кости.

Основному вопросу выяснения главных причин костеобразования, к сожалению, уделяется мало внимания. Большая часть работ рассматривает отдельные вопросы механизма костеобразования (где образуется костная ткань, из каких элементов и т. д.), а также изменения

¹ Е. С. Данини. О факторах костеобразования. Журнал «Успехи современной биологии», 1946, с. 212 и 240.

последней в постнатальном периоде в зависимости от многих причин. Но без знания основных механизмов костеобразования не удастся правильно решить все другие вопросы роста и изменений костей. Хорошо известно на сегодняшний день, что кость формируется только при отложении на коллагеновых волокнах кристаллов минеральных солей.

Разные исследователи дают неодинаковый минеральный состав кости, но различия находятся, видимо, в пределах вариантов отклонения. По С. М. Рапопорту (1966), Ca — 11,5 — 25%; Mg — 5,6—14%; CO₃ — 1,8—4,7%. Schmidt (1955), М. Г. Глимчер (1961), С. М. Рапопорт (1966) указывают, что в состав кости входит оксиапатит Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂. По мнению Engström (1955), Carlström (1955), кристаллы минеральных солей имеют другой состав [3Ca₃(PO₄)₂ — H₂(OH)₂ + углекислый кальций].

Кристаллы оксиапатита располагаются своей продольной осью параллельно коллагеновым фибриллам, которые определяют их ориентацию.

У. Ньюман и М. Ньюман (1961) — сторонники активной эпитаксии, в результате которой кристаллы оксиапатита откладываются в определенном порядке на кристаллах коллагена при условии, что кристаллы-«хозяева» имеют одинаковое межплоскостное расстояние (между двумя ионами) или оно выражается простыми числами. Ионы в растущих кристаллах носят те же заряды, что и ионы «хозяина», и, наконец, характер химических связей, входящих в состав обоих кристаллов, одинаков. Указанные авторы не отрицают возможности расположения неорганических компонентов внутри коллагеновых волокон — в межфибриллярных участках. Однако присутствие кристаллов внутри фибрилл является спорным [409, 438, 459, 469].

Размеры кристаллов очень малы, ширина их от 20 до 50 Å, длина 50 Å. Вследствие малой величины общая поверхность кристаллов весьма обширна: 1 г минеральных солей кости имеет площадь 100 м² [382]. Эти свойства кристаллов определяют высокую способность адсорбции других ионов на их поверхности.

Рост и вес тела не влияют на содержание минеральных солей. Их количество зависит от толщины кости, ее формы, размеров. Неширокие компактные кости с небольшой толщиной более минерализованы [222].

Ascenzi и Bonucci (1964) в противоположность О. М. Павловскому считают, что отложение минеральных солей определяется силами давления.

Содержание солей в кости с возрастом увеличивается [479]. При этом молодые кости содержат больше аморфного кальция, а зрелые — кристаллического. Особенно активно происходит минерализация в эмбриональном периоде [380].

Наибольшие колебания в содержании неорганических солей наблюдаются в детском возрасте [29]. Содержание кальция в цементирующих зонах выше, чем в костных пластинках. В пучковой кости соли кальция активно импрегнируют ее коллагеновую основу. Ascenzi, Bonucci, Vossiaielli (1965) показали, что в развивающейся кости соли кальция первоначально накапливаются в основном веществе в виде диффузных агрегатов.

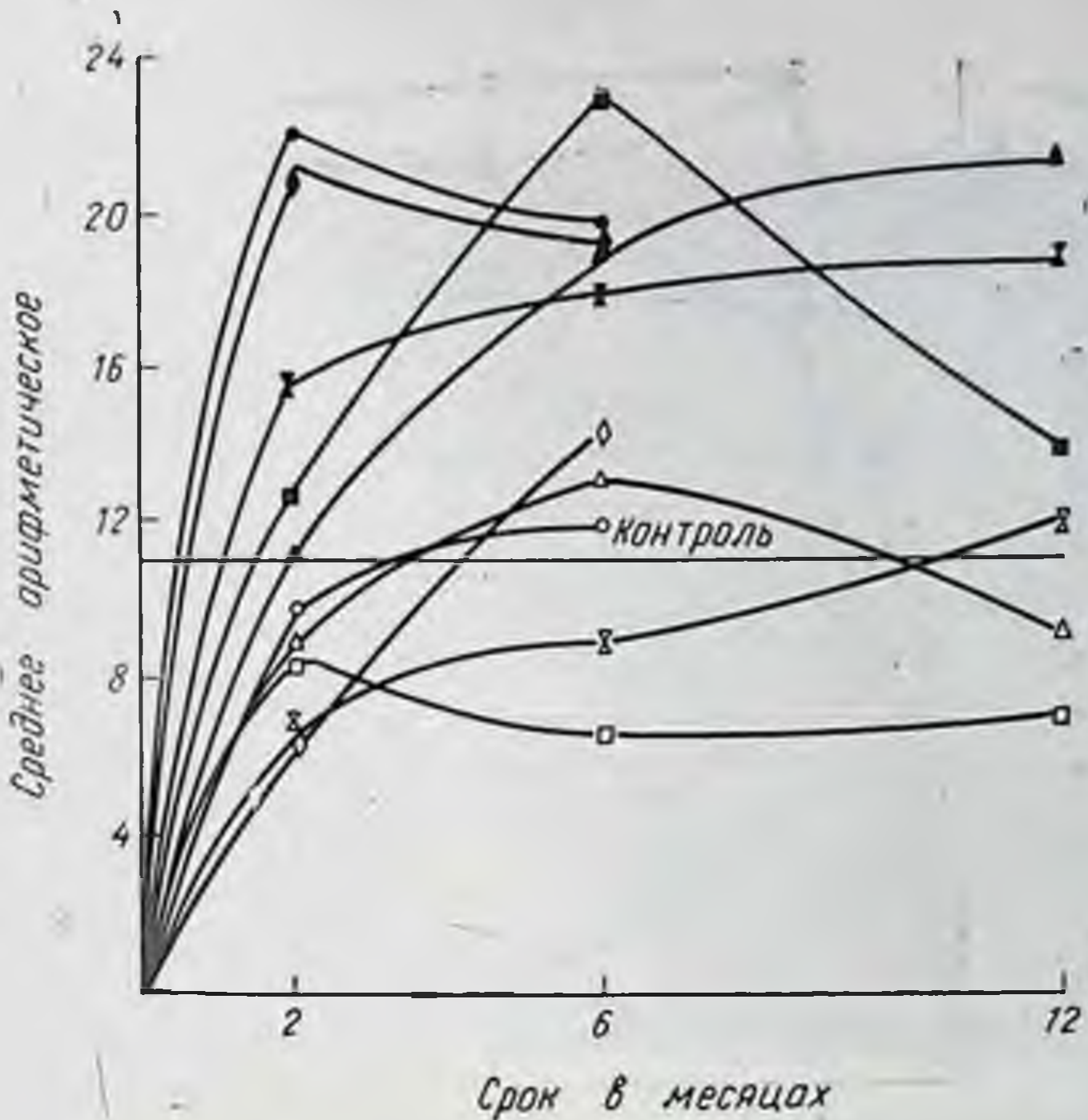
Фосфора значительно больше в эпифизах, чем в диафизах, и обновление его в них идет в 4 раза быстрее [95].

По данным С. И. Рыбаковой (1969), полученным в нашей лаборатории, при нарушении функции конечности существенно изменяются все показатели состава, структуры, формы и величины костей. С. И. Рыбакова производила изучение костей щенков при ампутации предплечья, иссечении мышц, гипсовании конечности, иссечении нервов и сплетений и получила разными методами весьма интересный материал, раскрывающий закономерности роста и развития костей.

Из литературы [346] известно, что прочность на разрыв декальцированной и недекальцированной кости одинакова. Отложение минеральных солей связано прежде всего с силами давления, в результате чего минеральные соли увеличивают прочность кости на сжатие и почти не меняют ее в отношении растяжения.

Данные, полученные С. И. Рыбаковой (1969) по минеральному обмену, в полной мере подтверждают правильность указанной гипотезы. Она установила, что всякое нарушение функции конечности, приводящее к уменьшению или полной ликвидации статической и динамической нагрузки, сопровождается уменьшением содержания фосфора и кальция в костях экспериментальной конечности. Этот процесс протекает однотипно как в плечевой, так и в локтевой и лучевой костях.

При этом обращает на себя внимание то обстоятельство, что в ранние сроки после операции (2 месяца) при



- ОП — Оперированная конечность
 ■ Н — Неоперированная конечность
 А □ — ОП; ■ — Н; М ⊗ — ОП; ⊗ — Н; Н Δ — ОП;
 ▲ — Н; К ○ — ОП; ● — Н; Г ◇ — ОП; ◆ — Н

Рис. 43. График средней величины содержания кальция в плечевой кости в праммах на 100 грамм ткани после ампутации (А), иссечения нервов (Н), иссечения мышц (М), иссечения корней плечевого сплетения (К), гипсования (Г) и в контроле.

всех видах вмешательств нарушения кальциевого и фосфорного обмена наиболее выражены (рис. 43, 44). В поздние сроки (6—12 месяцев) наиболее выраженное уменьшение фосфора наблюдалось после ампутации конечности, тогда как при всех других видах операций положение заметно выправляется по мере того, как собака все более активно пользуется оперированной конечностью как опорной. Все это не только указывает на прямую связь опорной функции с отложением кальция и фосфора в костях, но и свидетельствует о том, что нервное влияние на фосфорный и кальциевый обмен

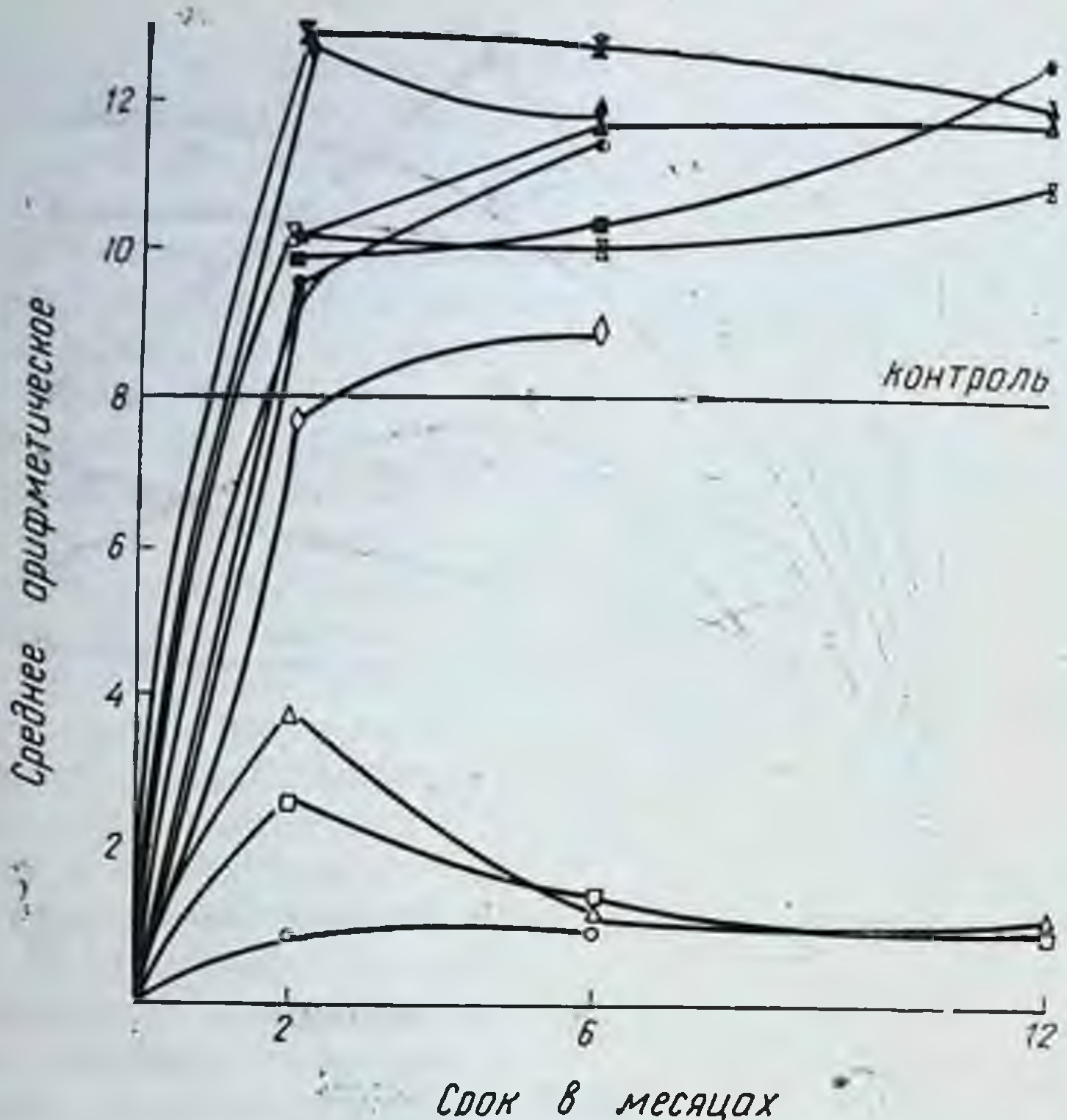


Рис. 44. График средней величины содержания фосфора в плечевой кости в граммах на 100 грамм ткани после ампутации (А), иссечения корней плечевого сплетения (К), иссечения мышц (М), иссечения нервов (Н), гипсования (Г) и в контроле. Обозначения те же, что на рис. 43.

выражено только в ранние сроки после их выключения. В последующем происходит компенсация обменных процессов.

Результаты применения радиоактивного фосфора (P^{32}) убеждают нас в том, что уменьшение количества фосфора (и, вероятно, кальция) в костях опытной конечности связано с уменьшением его накопления, т. е. со снижением уровня обменных процессов.

Интересны предположения автора о том, что кальций связан с архитектурными элементами кости и поэтому постепенно восстанавливается при увеличении нагрузки на конечность вместе с восстановлением ее архитектуры. Обмен же фосфора связан преимущественно с энергетическими и ферментативными процессами и поэтому про-



Рис. 42. Микрофото. Продольный срез сухожилия локтевого разгибателя кисти на уровне костно-фиброзного канала (мужчина 33 лет). Окраска реактивом Шиффа. Увеличение 2,5 X 90.



Рис. 45. Препарат плечевой кости контрольного животного. Увеличение 7 X 40. Окраска реактивом Шиффа.

1 — интенсивная окраска периоста; 2 — интенсивная окраска основного вещества (препарат С. И. Рыбаковой).



Рис. 46. Препарат лучевой кости неоперированной конечности через 6 месяцев после ампутации части предплечья другой конечности. Увеличение 7×40 .

I — интенсивная γ -метахромазия по краям остеонов, лакун (препарат С. И. Рыбаковой).

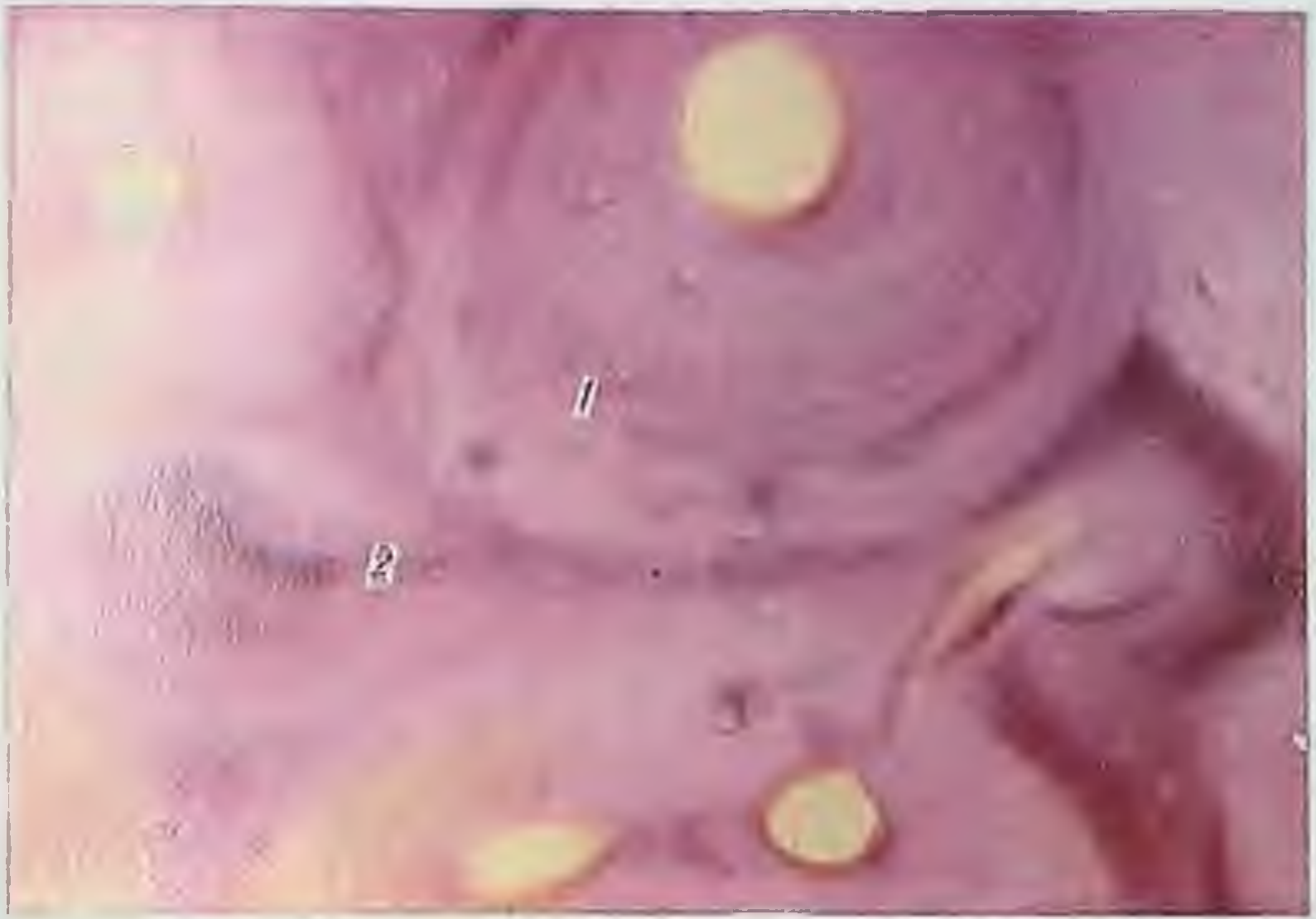


Рис. 47. Препарат плечевой кости неоперированной конечности через 6 месяцев после ампутации части предплечья другой конечности. Увеличение 7×4 .

1 — интенсивная ШИК-реакция остеонов; 2 — интенсивная ШИК-реакция линий аппозиционного роста (препарат С. И. Рыбаковой).

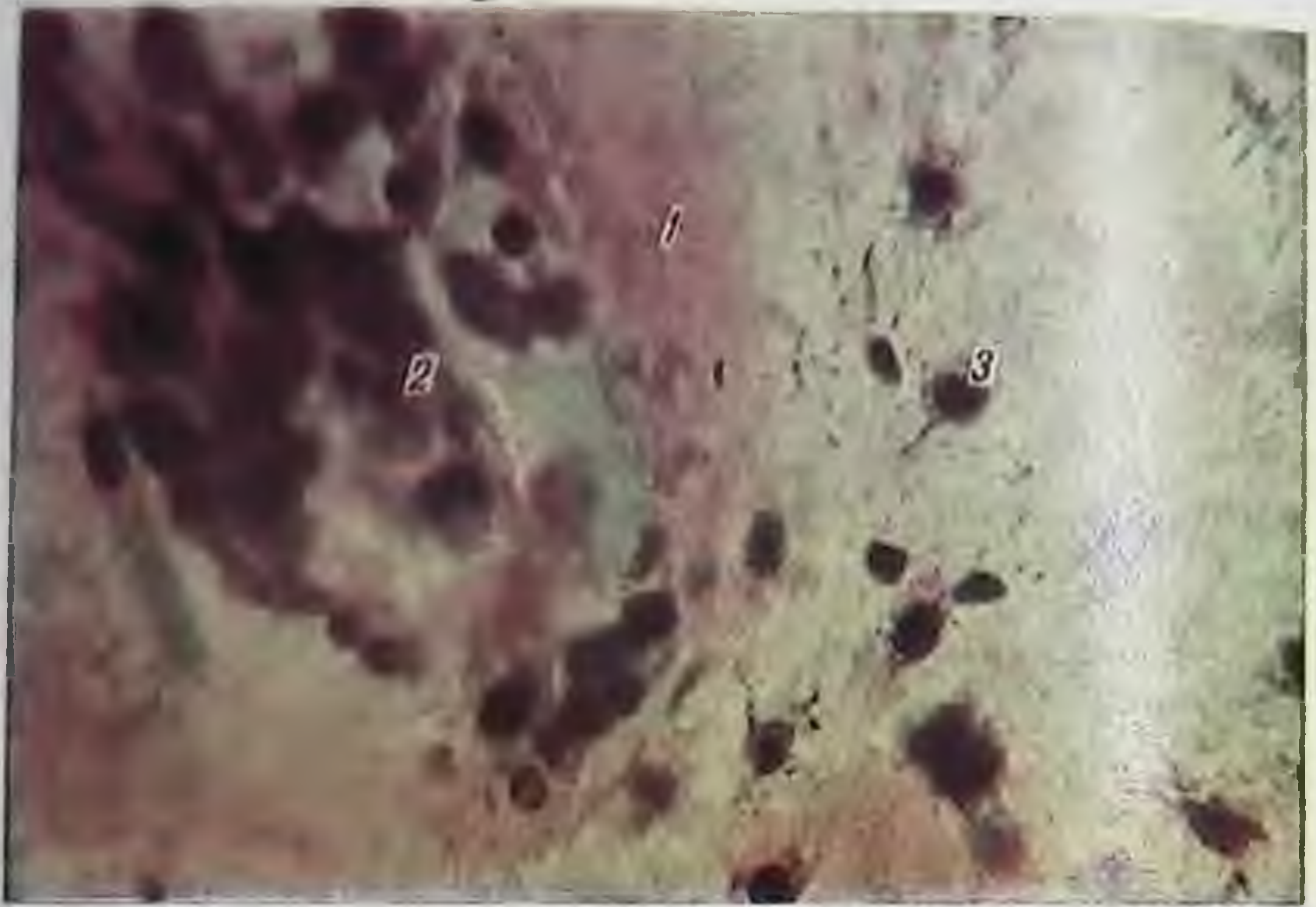


Рис. 48. Препарат плечевой кости неоперированной конечности через 6 месяцев после ампутации части предплечья другой конечности. Увеличение 7×40 . Окраска азур I, рН 4,5.

1, 2 — интенсивная γ -метахромазия остеонов; 3 — метахромазия в протоплазме клеток (препарат С. И. Рыбаковой).

должна уменьшаться от ограниченной активности и в поздние сроки.

Изучение мукополисахаридов также подтверждает влияние функции на формирование костей. У контрольных животных в диафизе плечевой, локтевой и лучевой костей выявляется значительная ШИК-позитивная окраска. Ее интенсивность уменьшается от периостального края кости вглубь и усиливается вновь вдоль эндостального края (рис. 45). Линии склеивания и аппозиционного роста, стенки продольных сосудистых каналов и лакун, надкостница на границе с костью отличаются наиболее яркой ШИК-позитивной окраской. Такую же реакцию дают полосы остеоида и места перестройки зрелой кости.

Кислые мукополисахариды преимущественно локализируются по краям каналов, лакун, внутри остеонов, по линиям склеивания и аппозиционного роста и в местах перестройки кости. Окраска толуидиновым синим и азуром I при pH 4,5—5,0 дает яркую метахромазию данных участков (рис. 46). Цитоплазма остеоцитов ортохроматична, остеобласты и ядра метахроматичны. При снижении pH до 3,0 метахроматическое окрашивание снижается, а метилирование полностью ее снимает.

Иная картина наблюдается при изменении функций конечности. В ее костях меняется количество и распределение как нейтральных, так и кислых мукополисахаридов.

После ампутации части конечности собаки в плечевой, локтевой и лучевой костях через 2 месяца было отмечено снижение интенсивности ШИК-позитивной окраски в остеоонах и лакунах. Однако несколько усилилось ШИК-позитивное окрашивание вставочных пластинок.

При окраске толуидиновым синим и азуром I при pH 4,5—3,0 интенсивная метахромазия наблюдается во вставочных пластинах. Незначительная метахромазия обнаруживается вокруг сосудистых образований, остеонов и по периостальному краю. Ширина полос окрашенного вещества кости меньше, чем в контрольных конечностях. Она снижается и в надкостнице. Через 6 месяцев после операции в костях оперированной конечности происходит дальнейшее уменьшение интенсивности метахроматического окрашивания.

При гипсовании конечности через 2 месяца в ее костях (подобно ампутированной) происходит снижение интен-

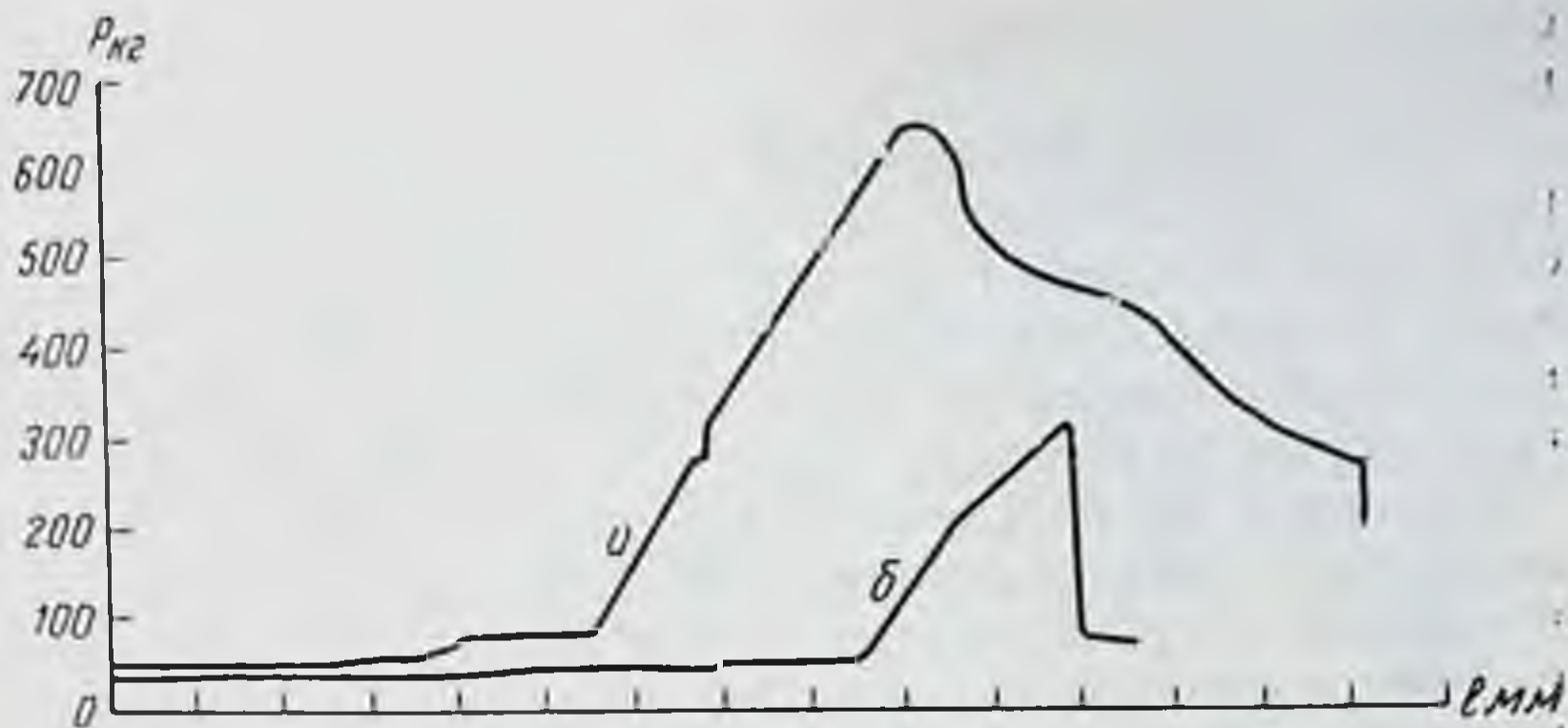
сивности ШИК-позитивной окраски. Гамма-метахромазия отмечается только во вставочных пластинках. В остальных отделах кости выявляется β -метахромазия. Через 6 месяцев после гипсования интенсивность метахромазии ослабевает в большей степени. На загипсованной конечности при рН 4,5 β -метахромазия выявляется лишь в клетках, γ -метахромазия встречается местами во вставочных пластинках.

Аналогичное явление наблюдается в костях конечности, лишенной мышц сгибателей плеча и предплечья. Однако степень этих изменений меньше, чем в костях после ампутации предплечья. Последнее связано с тем, что собака пользуется данной конечностью при опоре.

Неоперированные конечности при всех опытах испытывали большую нагрузку, чем конечности контрольных животных, так как на них ложилась дополнительная нагрузка. В связи с этим в их костях накапливаются нейтральные и кислые мукополисахариды. Степень увеличения мукополисахаридов находится в прямой зависимости от интенсивности нагрузки. Чем интенсивнее нагрузка, тем большее количество мукополисахаридов определяется в костях. Например, при ампутации части предплечья в костях неоперированной, наиболее нагруженной конечности отмечается большее количество полисахаридов. ШИК-позитивные вещества их дают яркую окраску остеонов, лакун и периостального края (рис. 47). В остеообластах таких костей располагаются мелкие зерна гликогена.

Окраска толуидиновым синим и азуром I дает интенсивную γ -метахромазию вещества кости. Широкая малиновая полоса видна вокруг остеонов, протоплазма клеток ярко окрашена в малиновый цвет (рис. 48). Интенсивная метахромазия наблюдается и вдоль периостального края кости.

Все эти изменения мукополисахаридов (подобно изменениям кальциевого и фосфорного обмена в костях) и особенно характер их нарушений при разных видах эксперимента и в разные сроки восстановительного периода с очевидностью свидетельствуют о ведущей роли функции давления на существующую кость. Это же можно проследить при испытаниях костей на разрыв и сжатие. Так, было установлено, что после ампутации части предплечья и, следовательно, полного снятия с ко-



а — неоперированная конечность
б — оперированная конечность

Рис. 49. График изменения сопротивления на сжатие плечевой кости через 12 месяцев после ампутации.

нечности функции опоры падает прочность плечевой кости, а разница с неоперированной конечностью все возрастает. При других видах операции прочность костей оперированной конечности ниже, чем у неоперированной, но разница проявляется не так ярко, как при ампутации.

Особенно интересно сравнение между снижением прочности на растяжение и на сжатие. Вот несколько данных. Через 2 месяца после ампутации предплечья прочность плечевой кости на растяжение уменьшилась по сравнению с неоперированной на $4,3 \text{ кг/см}^2$. Через 6 месяцев эта разница возросла до 41 кг/см^2 , а через 12 месяцев — до 87 кг/см^2 . Что же касается прочности на сжатие, то она резко падает на оперированной конечности и составляет менее 50% прочности неоперированной конечности [соответственно: а) 650 кг/см^2 ; б) 310 кг/см^2] (рис. 49).

Приведенные данные по изменению прочности костей еще с большей очевидностью свидетельствуют о том, что минеральные вещества увеличивают прежде всего прочность костей на сжатие. Не удивительно в связи с этим и то, что во всех экспериментах эластичность костей почти не изменялась. Об этом с очевидностью свидетельствуют данные по кальциевому и фосфорному

обмену, а также результаты испытания костей на прочность.

Представляет несомненный интерес выявление причин роста и формирования костей, так как это помогло бы объяснить большое разнообразие структуры костей скелета, различную их форму и выявить конкретные условия воздействия на растущую кость с целью направленного формообразования.

Несмотря на большое число работ, в вопросах аппозиционного, мезостального роста и роста костей в длину полной ясности до сих пор нет. Формирование кости, ее рост и изменения с возрастом и под влиянием функции совершаются во всех участках, где имеются клетки в состоянии физиологической активности. Такая активность может проявляться в костных клетках со стороны надкостницы, эндоста или суставного хряща, а также и тех клеток, которые окружают кровеносные сосуды или находятся вблизи них. Вот почему возможен рост кости в толщину — за счет надкостницы и эндоста (аппозиционный рост) и в длину — за счет эпифизарной пластинки роста и суставного хряща, а также за счет клеток остеонов (мезостальный рост). Однако не всякий раздражающий фактор в состоянии стимулировать костеобразование. Видимо, есть такие факторы, которые тормозят костеобразование. Это и послужило основанием для С. И. Тимофеева (1951) говорить о фазах костеобразования. Так, в случаях умеренной пульсации сосудов вокруг них образуется кость, а при усиленной пульсации сосуда кость резорбируется. В одних случаях кость образуется из надкостницы, а в других она резорбируется. По мнению автора, именно это свойство приводит к росту костей и увеличению ограниченной ими полости. К сожалению, ни у С. И. Тимофеева, ни у других авторов нет определенных указаний на причины, вызывающие стимуляцию или торможение роста костей. Тем не менее вполне достаточно косвенных указаний, чтобы можно было говорить об этих факторах. Так, П. Ф. Лесгафт указывал, что кость растет в сторону меньшего давления, якобы в связи с лучшим в этом случае кровообращением. Факт сам по себе очень интересный, но объяснение его вряд ли можно принять за первопричину. В последующих работах [31, 98, 118, 232, 240, 472] авторы все более склоняются к признанию влияния фактора давления на рост костей.

Л. И. Авдюшичева (1964), С. И. Рыбакова (1969) и др. показали, как увеличение статической нагрузки сказывается на изменении строения диаэпифизарного хряща, который играет весьма важную роль в росте кости в длину.

Через 1½ месяца после операции ампутации зона проксимальной диаэпифизарной хрящевой пластинки плечевой кости становится шире по сравнению с контролем и неоперированной конечностью, столбики сильно дезориентированы, местами они совсем отсутствуют. Эти изменения особенно четко выступают в зоне покоящегося и пролиферирующего хряща. В зоне зрелого хряща столбики нечеткие, местами в них отсутствуют клетки или их мало (3—4). Между клетками имеются значительные прослойки межучного вещества, которого мало на контрольной конечности. Костные мостики, проходящие между столбиками хрящевых клеток, незначительны и обнаруживаются не везде.

В дистальной диаэпифизарной пластинке наблюдается сильная дезориентация столбиков во всех трех зонах хряща (покоящегося, пролиферирующего и созревающего).

Во всех случаях сильно изменены ядра клеток. Через 2½ месяца после операции наблюдается значительная дезориентация хрящевых столбиков в зонах покоящегося и пролиферирующего хряща. Диаэпифизарная пластинка тоньше, чем на контрольной конечности. Костные мостики отсутствуют.

В суставном хряще эпифизов, который тоже принимает участие в росте кости в длину, наблюдается уменьшение размеров клеток и их числа. Цитоплазма почти не окрашена, резко ослаблена окраска ядер.

Все это говорит о нарушении продольного роста костей оперированной конечности, которая частично или полностью выключена из статической нагрузки. Данные о длине костей подтверждают высказанное предположение.

Относительная длина костей оперированной конечности меньше длины костей неоперированной на 5—7%, независимо от варианта выключения статической нагрузки. В то же время чрезмерная нагрузка на оставшуюся конечность приводит к сдавливанию диаэпифизарного хряща и замедлению продольного роста по сравнению с контрольной конечностью.

Изменяется не только продольный рост, но и другие виды роста. Так, показатель развития компактного вещества (отношение толщины компактного слоя к толщине всей кости) плечевой кости через 2 месяца после ампутации уменьшается на 9% по сравнению с неоперированной конечностью, а через 6 месяцев — на 10%. Показатель массивности (отношение периметра кости к ее длине) — соответственно на 12 и 27,3%.

В тех случаях, когда собака после операции могла хотя частично опираться на конечность (иссечение одной группы мышц), показатель развития компактного вещества плечевой кости оперированной конечности через 2 месяца меньше на 10%, массивности — на 7,4%, а через 6 месяцев — соответственно на 4,8 и 11,3%. В этом случае мы видим некоторое выравнивание данных, полученных на оперированной и неоперированной конечностях.

При изучении аппозиционного роста и мезостальной перестройки было установлено, что во всех видах операции, нарушающей функцию конечности, замедляется мезостальный и аппозиционный рост кости. Однако в зоне прикрепления мышц как мезостальный, так и аппозиционный рост сохраняются. Видимо, поэтому наибольшее искривление кости происходит при частичном удалении мышц.

Все эти наблюдения свидетельствуют о том, что отсутствие раздражающих факторов приводит к замедлению роста кости. Такими раздражающими факторами могут быть статическая нагрузка, тяга мышц и т. д. Благодаря статической нагрузке, тяге мышц активизируются клетки суставного хряща, надкостницы, диаэпифизарного хряща, наконец, клетки компактного вещества кости. За счет размножающихся клеток, увеличения продукции межучного вещества идет аппозиционный рост, мезостальная перестройка и увеличение длины костей. Однако постоянное давление в одном участке тормозит рост кости в этой зоне. Важным побуждающим фактором аппозиционного роста является не только тракция мышц, но и растяжение надкостницы при сгибании костей под тяжестью тела. В этих случаях клетки надкостницы также активизируются, что стимулирует рост кости в толщину. Об активизации остеогенных клеток косвенно можно судить по изменениям в кровоснабжении костей экспериментальных животных. По нашим

данным, которые дополняют и расширяют литературные данные по сосудам костей и надкостницы [78, 109, 135, 220, 376, 394, 440, 499], во всех видах эксперимента имелась глубокая перестройка сосудистого русла костей, касающаяся как изменения источников кровоснабжения, так и уменьшения диаметра и количества сосудов.

Так, во всех случаях с ампутацией части конечностей, иссечения нервов, гипсования в глубокой сосудистой сети надкостницы плечевой кости видны изменения уже в первые месяцы. К 6 месяцам изменения усиливаются и касаются всех сосудов надкостницы. Если диаметр сосудов надкостницы неоперированной конечности равен 100—120 мк, то в оперированной он не превышает 50—70 мк, уменьшается количество сосудов, сети становятся более округлыми. Интересно, что после частичного иссечения мышц начальные незначительные изменения в сосудах надкостницы к 6 месяцам с трудом улавливаются.

В случае с гипсованием конечности, наоборот, в первые месяцы изменения незначительны, а к 6 месяцам они все более нарастают.

В компактном веществе кости, так же как и в надкостнице, имелись отчетливые признаки перестройки сосудов и более выраженные при ампутации конечности, иссечении нервов, гипсовании, т. е. в случаях полного снятия опорной функции. Приведем несколько примеров. Через 2 месяца после ампутации на оперированной конечности в плечевой кости было выявлено уменьшение гаверсовых каналов и лакун с $21,88 \pm 1,10$ на неоперированной до $5,95 \pm 0,63$ на оперированной. Одновременно было отмечено уменьшение и их диаметра с $60,84 \pm 0,31$ мк на неоперированной до $31,87 \pm 2,16$ мк на оперированной конечности. То же наблюдалось и в отношении фолькмановских каналов. Так, количество их падало с $23,71 \pm 5,14$ на неоперированной конечности до $12,00 \pm 0,63$ на оперированной. При этом количество фолькмановских каналов со стороны эндоста значительно превосходило таковое со стороны периоста.

К 6 месяцам после ампутации количество гаверсовых каналов и лакун изменялось еще больше. Если на неоперированной конечности их насчитывалось $25,84 \pm 0,75$, то на оперированной — $7,27 \pm 0,079$. Однако разница в диаметре этих образований несколько выравнивалась ($57,63 \pm 0,30$ мк на неоперированной и $44,58 \pm 3,28$ мк на

сперированной конечности). В случаях же с иссечением нервных образований диаметр костных каналов на оперированной конечности даже превосходил таковые на неоперированной при резком уменьшении их количества.

Таким образом, в наших экспериментах имела место отчетливая сосудистая реакция, которая, по-видимому, предшествовала изменению обмена веществ [242]¹.

Данные литературы о влиянии физической нагрузки на костный скелет [33, 118, 191, 238, 239, 242, 398], результаты экспериментов С. И. Рыбаковой по выключению опорной функции конечностей, а также работы других исследователей по влиянию механических факторов на формообразование костей позволяют нам понять и объяснить многие особенности строения скелета человека.

Так, кости нижних конечностей всегда массивнее костей верхних конечностей в связи с их опорной функцией. Больше того, характер опорной функции является моделирующим фактором для костей. Особенно это проявляется на костях нижней конечности. Бедренная кость формируется под действием тяжести тела. Однако благодаря действию мышц, главным образом ягодичной области, стремящихся удержать тело в вертикальном положении, создается равнодействующая сила тяжести, направленная не строго вертикально вниз, а кнаружи. Данное положение подтверждается многочисленными примерами. Weszyski (1957) изучал отклонение угла шейки бедра, скручивание и плоскости расположения вертлужной впадины с возрастом и при ампутации выше коленного сустава. По мнению автора, с возрастом угол шейки бедра мало меняется, а при ампутации — заметно увеличивается. П. В. Найнис (1964) нашел сильное изменение угла шейки бедра у неходивших детей одновременно с уменьшением продольных и поперечных размеров бедра. По данным В. Е. Беленького (1965), полученным на экспериментальной модели, имитирующей стояние на одной ноге, головка бедра испытывает давление в 2 раза больше веса человека. Равнодействующая при этом состоянии составляет с вертикалью угол 18—30°. Она проходит внутри шейки. Головка бедренной кости испытывает давление не только сверху, но и с медиаль-

¹ Гаверсовы и фолькмановы каналы, а также различные лакуны, по литературным данным [109, 369, 397, 415, 450], косвенно отражают состояние внутрикостных сосудисто-нервных образований.

ной стороны. Формирование костей идет не только в связи с опорной функцией, но также под влиянием сокращения мышц, стремящихся удержать тело в равновесии в различных фазах движения. Все это приводит к возникновению сложного комплекса силы тяжести тела и распределению ее в разных фазах движения или положения тела.

Так, для удержания тела в равновесии при вертикальном положении на одной ноге наряду с разгибателями действуют сгибатели и приводящие мышцы. Благодаря этому проекция центра тяжести проходит в срединной плоскости коленного сустава.

Перемещение центра тяжести во фронтальной плоскости приводит к тому, что наиболее нагруженными оказываются попеременно медиальный и латеральный края бедренной кости. Все это обуславливает разрастание этих частей и образование соответствующей конфигурации мышечков, форма которых зависит от распределения силы давления в разные фазы движения.

Если точка приложения давления на дистальном конце бедренной кости все время меняется, то на проксимальном конце большеберцовой кости она почти всегда строго локализована в центре соответственно каждому мышечку, что, естественно, приводит к замедленному росту большеберцовой кости в этом месте. В результате образуются соответствующие суставные ямки.

Большеберцовая кость в основном одна несет на себе всю тяжесть тела, подобно бедренной, но форма и величина у нее иная. По мере приближения к площади опоры зона проекции центра тяжести во фронтальной плоскости все уменьшается. В сагиттальной плоскости диапазон перемещения проекции центра тяжести значительный в связи с поступательным движением всего тела и периодическим перемещением стопы. Поэтому большеберцовая кость в передне-заднем направлении более массивна. Однако форма ее определяется также мышцами, расположенными с медиальной и латеральной ее сторон. Боковое давление передней и задней группы мышц голени приводит к тому, что на большеберцовой кости образуются две поверхности: медиальная и латеральная и соответственно передний медиальный и латеральный край. Латеральный край усиливается еще тем, что в этом месте к кости прикрепляется межкостная перепонка.

Дистальный эпифиз большеберцовой кости менее массивен, хотя тяжесть с проксимального эпифиза почти полностью передается на дистальный, так как малоберцовая кость практически не участвует в опорной функции. Постоянное локальное приложение сил давления, вызванных тяжестью тела, способствует образованию вогнутой суставной поверхности на дистальном конце большеберцовой кости и выпуклой на таранной кости, где давление меняет свою локализацию. Боковые смещения в области голеностопного сустава приводят к формированию связочного аппарата, малоберцовой кости и лодыжек. Кости стопы формируются главным образом в результате перемещения сил тяжести вследствие локомоции, а также под действием давления всего тела. Передне-заднее перемещение сил тяжести в области голеностопного сустава обуславливает образование выпуклой суставной поверхности на таранной кости, а боковые смещения способствуют разрастанию медиального и латерального краев выпуклой суставной поверхности, в результате чего она оказывается вогнутой во фронтальной плоскости.

Вертикальное положение тела и перемещение центра тяжести при ходьбе во фронтальной плоскости приводит к разрастанию таранной кости в боковом направлении. По тем же причинам возникает и задний отросток, на форму которого оказывает влияние давление проходящего здесь сухожилия длинного сгибателя большого пальца.

Форма пяточной кости существенно изменяется не только в силу аналогичных причин, но и в результате приложения к ее задней части (пяточному бугру) сил, противодействующих тяжести всего тела.

Перемещение нагрузки при движении тела вперед до полного снятия ее с пяточной кости идет не строго в одном направлении, а под некоторым углом в разные стороны от сагиттальной плоскости. Это и послужило фактором, формирующим остальные кости предплюсны и плюсны. Что же касается их длины, формы и величины, то эти параметры находятся в полном соответствии с распределением нагрузки, с одной стороны, и взаимоотношением между костями и мышечно-связочным аппаратом — с другой.

Это убедительно показано в работах многочисленных исследователей [11, 240, 242].

Кости верхней конечности развиваются по тем же закономерностям, что и скелет нижней, однако в данном случае на первое место выступает частота перемещения статической нагрузки с одного участка кости на другой или с одной кости на другую [398]. Кроме того, статическая нагрузка на верхнюю конечность значительно меньше и имеет другой характер.

Однако не во всех случаях так явно выступает зависимость формы и величины костей от характера статических или динамических сил (сил тяжести, тяги мышц и т. д.).

В формировании, например, костей тазового и плечевого пояса, туловища и головы наряду с механическими факторами в большей степени действуют другие причины, вызванные близким соседством высокоспециализированных и отличающихся большой интенсивностью обменных процессов органов, таких, как мозг, органы чувств, легкие и другие паренхиматозные органы.

Безусловно, тазовые кости и крестец принимают на себя всю тяжесть тела, однако их форма и размеры определяются не только действием сил давления или тягой прикрепляющихся к ним мышц. Немалое влияние на конфигурацию костей тазового пояса, их разрастание оказывают органы большого и малого таза, подобно тому как форма туловища в значительной степени определяется степенью развития и взаиморасположением заключенных в нем органов.

Так, крылья подвздошных костей формируются под действием тяги мышц, начинающихся от них или прикрепляющихся к ним, о чем свидетельствуют губы, передние и задние ости на гребне подвздошной кости. Но чрезмерное развитие крыльев подвздошных костей совсем не адекватно тракции мышц. Более сильные мышцы на бедре не вызывают такого бурного разрастания костной ткани. Очевидно, здесь имеет место влияние органов брюшной полости, желудочно-кишечного тракта, а также половых органов, находящихся в непосредственной близости от костей таза. По-видимому, этим, а также гормональным воздействием можно объяснить половые различия таза, которые касаются также и крыльев подвздошных костей. Крестец женщины больше разрастается в ширину и менее изогнут, седалищные кости оказываются больше разведенными в стороны, лобковый угол увеличен. Ямка на крыльях подвздошной

кости, можно думать, формируется под влиянием давления на кость брюшка подвздошной мышцы. Однако более мощные ягодичные мышцы, имеющие примерно такое же отношение к наружной стороне крыла подвздошной кости, совсем не образуют ямки, а в зоне их прилегания крыло имеет выпуклую поверхность. Следовательно, с внутренней стороны крыла ямка его формируется не только под действием соответствующей мышцы, а также в результате влияния внутренних органов, имеющих непосредственное отношение к указанным костям.

Если на внутренней поверхности тазового пояса больше проявляется формообразующее влияние прилежащих органов, то на внешней стороне особенности строения костей легко объяснить действием статической нагрузки или влиянием связочно-мышечного аппарата. Нет сомнения в том, что сгибатели голени, прикрепляющиеся на седалищных костях, образуют седалищные бугры, точно так же, как другие мышцы, — шероховатые линии на крыльях подвздошной кости.

В этом отношении характерно формирование вертлужной впадины. Там, где статическая нагрузка увеличена, имеются костные разрастания вертлужной впадины. Они соответствуют упору бедренной кости в крайнем переднем и заднем ее положении при ходьбе. Имеется также разрастание края вертлужной впадины соответственно положению бедренной кости при вертикальной стойке. В связи с этим края вертлужной впадины неровные, между выступами отмечаются различной глубины вырезки (*incisurae*).

Форма костей плечевого пояса больше определяется действием прикрепляющихся и прилежащих к ним мышц, а также их отношением к грудной клетке. Однако и здесь форма и величина костных выступов (ость лопатки, плечевой и клювовидный отростки) развиты неадекватно силе прикрепляющихся мышц. В этом и многих других случаях, возможно, следует учитывать не только величину, но и направление, главным образом угол приложения силы тяги прикрепляющихся мышц.

Нельзя также исключить влияние грудной клетки на формирование лопатки, о чем свидетельствуют хорошо развитые валики на внутренней поверхности лопатки, не совсем удачно названные мышечными линиями, и также более глубокая подлопаточная ямка, особенно

в ее верхнем отделе, где она полностью соответствует изгибу верхнего сегмента грудной клетки.

Форма и размеры ключицы определяются так же, как у длинных трубчатых костей, действием статической нагрузки и прикрепляющихся к ней мышц. Однако и здесь нельзя исключить взаимного влияния прилежащих частей скелета и других органов, что подтверждается S-образным изгибом ключицы, своеобразной формой концевых отделов ее и даже формой тела.

Еще более сложные причины влияют на формирование скелета грудной клетки. Основываясь на филогенезе, было бы вполне вероятным предполагать, что ребра будут формироваться на протяжении всего туловища или по крайней мере в соответствии с каждым сегментом. Первоначально в каждом сегменте имеется закладка ребра. Но только в области грудного отдела туловища ребра достигают дефинитивной формы. В шейном, поясничном и хвостовом отделах они остаются в зачаточном состоянии. Однако в шейном отделе зачатки ребер выступают более явно, чем в поясничном или хвостовом, где они подвергаются более глубокой атрофии. Это говорит о том, что функция ребер сохраняется и поддерживается только в грудном отделе и исчезает в такой последовательности: хвостовой, поясничной, шейной отделы. Можно полагать, что наличие ребер и степень их развития связаны с сохранением сегментарно функционирующих мышц, обеспечивающих дыхательную функцию. Как только прекращается зона распространения легочной ткани, ребра не развиваются, так как там нет уже дифференцированного сокращения дыхательных мышц. В этом легко убедиться на конструкции реберной дуги и рудиментарных ребрах. Что же касается формы ребер, то она представляет собой проявление формообразующего влияния опорной функции последних в результате прикрепления мышц и моделирующего влияния внутренних органов грудной клетки.

На примере грудной клетки, так же как и других костных «коробок», очень четко проявляется формообразующая роль надкостницы, о которой писал С. И. Тимофеев (1951). Несмотря на рост ребер, полость грудной клетки не уменьшается, а увеличивается. Это возможно только при условии резорбции со стороны надкостницы внутренней поверхности ребра и аппозиционного роста со стороны надкостницы наружной поверхности ребра.

Если думать, что такое дифференцированное поведение надкостницы связано с действием прикрепляющихся мышц, то мы в одинаковой степени находим сухожильное прикрепление межреберных мышц к надкостнице как на наружной, так и на внутренней поверхности ребра. Следовательно, здесь с большим основанием можно думать о влиянии легких и других органов, расположенных в грудной клетке.

Еще большая зависимость выявляется между органами головы и скелетом мозгового и лицевого черепа. Безусловно, нельзя отрицать формообразующую роль механической нагрузки прикрепляющихся мышц и веса органов головы, особенно мозга, на ее скелет, но форма мозгового и лицевого черепа в значительной степени зависит от расположения здесь таких анализаторов, как органы зрения, слуха, обоняния, и таких образований, как органы дыхания, пищеварения, также нервов, сосудов, головного мозга. Так, например, отдельно взятый глаз даже с его вспомогательным аппаратом весит очень немного, а влияние его на кости черепа огромно. Глазница намного превышает размеры глаза, длину его мышц. В соответствии с развитием глаза и меняющейся установкой его в онтогенезе ось глазницы в раннем детстве конвергирует, а затем дивергирует. Таким образом, происходит перестройка всех костей, составляющих стенки глазницы. Дронзик (1883) на щенках и котятах производил энуклеацию. В этих опытах он установил, что в результате удаления обоих глаз происходит удлинение мозгового и лицевого черепа, глазница значительно уменьшается, утолщаются кости черепа, лобная и теменная кости уплощаются, передняя черепная ямка увеличивается, затылочная кость больше наклоняется вперед.

В серии изменений, описанных Дронзиком, имеются как те, которые возникают в результате непосредственного влияния глаза на кости глазницы, так и многие другие, возникшие в результате нарушения функции зрения. К последней категории следует отнести также общее уменьшение размеров тела подопытного животного.

Взаимосвязь между дыхательной и обонятельной функцией носа и формой лицевого черепа общеизвестна. С дыхательной функцией носа связано развитие воздухоносных пазух лобной, решетчатой, основной и верхне-

челюстной костей. Нарушение носового дыхания, связанное с разрастанием аденоидов или другими причинами, вызывает значительные изменения скелета носа.

Влияние дыхательной функции носа на скелет лица четко показано в опытах Fick (1857, 1859). Он удалял верхнюю и среднюю раковины, на которых расположены в основном обонятельные клетки. В результате вся обонятельная часть черепа становилась уже, челюстная пазуха больше, лобная, наоборот, меньше; изменялась форма лицевого черепа. Так, после удаления обонятельной части у легавого щенка развилась форма морды, соответствующая мопсу. При подобном опыте с поросенком простой породы получилось тупое, вздернутое кверху рыло.

Нет нужды доказывать формообразующее влияние головного мозга на череп. Тем не менее хотелось бы подчеркнуть, что это влияние не во всех случаях одинаково. Так, рельеф коры мозга настолько скульптурно отражается костями черепа, что на внутренней их поверхности имеются вдавления и возвышения, соответствующие извилинам и бороздам головного мозга. И это несмотря на то, что кости черепа неплотно прилежат к мозгу и между ними находятся три оболочки, разделенные слоем жидкости.

Интересны также соотношения между диаметром костных отверстий и проходящих через них сосудов, некоторых нервов и особенно диаметром спинного мозга и позвоночного канала. В последнем случае костные стенки позвоночного канала так далеко отстоят от спинного мозга, по нашему мнению, еще и в силу значительных смещений спинного мозга относительно позвонков при движении позвоночного столба. Те же причины обуславливают большую величину костных отверстий по сравнению с диаметром артерии и плотное прилегание стенки вены к костным каналам. Все эти премры указывают как на непосредственное, так и на дистантное влияние некоторых органов на скелет и его формирование.

Каким бы большим ни было влияние мозга и органов чувств на формирование скелета головы, но при этом нельзя исключить и действие мышц, распределение нагрузки и других механических сил. Всем известны асимметрии лица при укорочении грудино-ключично-сосковой мышцы или в результате профессиональной позы.

В. О. Попов (1880) проделал ряд опытов на животных по выявлению причин формообразования скелета головы. Растущему кролику автор привязывал тяжесть на голову впереди правого уха. Под действием этой тяжести он отметил искривление наружного слухового прохода правой стороны назад, кверху и наружу. Правая сторона черепа оказалась более гладкой и несколько асимметричной. В других опытах В. О. Попов иссекал части височных мышц на одной стороне. В результате этого было отмечено сглаживание височной линии на оперированной стороне, утолщение костей, нарушение симметрии полости черепа.

У 2 кроликов был поврежден с одной стороны лицевой нерв. Уже через полгода ротовая щель и вся лицевая часть были перетянуты на сторону, противоположную парализованной, передние зубы как верхней, так и нижней челюсти располагались косо; череп искривлен так, что парализованная сторона вогнута, а здоровая выпукла. Лучше всего это было заметно на верхней и нижней челюстях.

В опытах В. О. Попова, а также Дронзика с очевидностью было установлено, что механическое сдавливание черепа изменяет не только форму черепа, но при этом истончаются его стенки, сглаживаются неровности на внутренней его поверхности. Больше того, давление на мозговую череп может привести к изменению формы скелета лицевого черепа.

Все эти примеры свидетельствуют о сложном взаимодействии причин формообразования. При этом обращает на себя внимание то, что ведущей оказывается та причина, которая сильнее выражена. В этом легко убедиться, если сопоставить факторы формообразования ребер и позвонков. Форма, размеры и степень развития ребер определяются преимущественно прикрепляющимися к ним дыхательными мышцами и влиянием легких на грудную клетку. Что же касается позвонков грудного и других отделов, то их форма и величина определяются прежде всего механической нагрузкой, которую они выполняют. Так, в шейных позвонках преобладает поперечный размер тела, в грудных — передне-задний, а для поясничных позвонков вновь характерно преобладание поперечных размеров тела. Это связано с расположением и колебанием проекции центра тяжести в обычных условиях статики и динамики. По мере уве-

личения нагрузки на нижерасположенные позвонки растет и масса их тела. Ни сердце, ни легкие не оказывают существенного влияния на форму тел грудных позвонков.

С. Ф. Момойко (1951) изучал искривления позвоночника и установил, что в норме бокового искривления позвоночника не бывает. Только в 50% случаев автором была найдена незначительная асимметрия грудных позвонков — след от давления аорты.

Анализ строения скелета показывает, что рост и изменения костного остова человека на протяжении всей жизни зависят от многих причин, среди которых ведущими оказываются или механические силы, или факторы нейро-гуморальной регуляции. При этом формообразующая роль указанных факторов находит свою реализацию только в пределах остеогенной ткани, подготовленной для направленной реакции на механические и нейро-гуморальные воздействия всем ходом раннего онтогенеза. Однако ни одна из этих причин костеобразования без соответствующего взаимодействия с другими не в состоянии довести формообразование до конца. Изменение характера одной из причин, например механических сил, может задержать костеобразование или изменить его направленность.

СОЕДИНЕНИЯ КОСТЕЙ

Кости скелета, с одной стороны, служат опорой для мышц в процессе их сокращения, с другой — несут на себе тяжесть всего тела или части его.

В первом случае (подъязычная кость или изолированные кости некоторых животных) кость может существовать изолированно от других костей скелета и непосредственной связи с ними не иметь.

Во втором случае существующая между костями связь определяется направлением суммарной силы тяжести лежащих выше отделов тела и характером движения их относительно друг друга при различном перемещении центров тяжести частей тела или целого организма. При этом тяжесть вышележащих частей тела определяет степень контакта соседних костей, а характер перемещения их относительно друг друга влияет на тип соединения и прочность его.

Давление выше лежащих отделов тела приводит к сближению костей скелета, а отсутствие смещения способствует сращению их между собой. Характер разъединяющей ткани и степень удаления костей друг от друга во многом зависят от объема и направления движения одной кости относительно другой.

Данное положение подтверждается существующим разнообразием типов и видов соединения костей скелета в человеческом организме.

Достаточно проанализировать схему соединения костей, приведенную в учебнике анатомии человека [243], чтобы убедиться в справедливости высказанного положения.

Мезенхима — непрерывный зачаток в процессе онтогенеза в результате ее дифференцировки, преобразуется в костную ткань, затем моделируются и растут кости. Во всех случаях костная ткань формируется внутри скелетогенной ткани. Последующая их дифференцировка и рост совершаются также в окружении соединительной ткани. Надкостница, соединительная ткань, хрящи

являются видоизмененными остатками мезенхимальной ткани, из которой развивается скелет.

Судьба этой сохранившейся соединительной ткани во многом зависит от характера взаимоотношения соседних костей между собой.

Если сочленяющиеся кости не только смещаются относительно друг друга, но и расходятся в разные стороны, удаляются друг от друга, то дифференцировка окружающей соединительной ткани идет по линии уплотнения и формируются различные синдесмозы.

Наиболее типичным элементом синдесмозов являются связки, о которых существуют самые обширные и весьма противоречивые данные литературы.

Во всех учебниках и руководствах связки квалифицируются как ограничители движения, укрепляющие сустав и направляющие взаимное перемещение костей. В последнем издании учебника по анатомии человека М. Г. Привеса и др. (1968) связки подразделяются на направляющие и удерживающие. Направляющие связки располагаются в каждом суставе: перпендикулярно оси движения или в плоскости движения. Подобные сопоставления с осями движения в суставе связок не выявляют причины их формирования и не указывают на степень их развития.

П. Ф. Лесгафт отводит связкам как ограничителям движения в суставах пассивную роль. На первое место он ставит мышцы, которые, напрягая связки, обеспечивают участие последних в ограничении движения. В своих ранних работах (1882) все волокнистые соединения он рассматривает как фактор, уменьшающий сотрясения.

Н. И. Ансеров (1935), говоря о тормозах движений в суставах, ставит связки в один ряд с мышцами. Дополняя друг друга, они, по его мнению, образуют единый целостный тормозной аппарат. Мышцы благодаря тому, что их сухожилия вплетаются в данную связку, увеличивают площадь своих прикреплений; в итоге выигрывает их сила.

В. В. Бунак (1954) трактует связки как тормозной аппарат, направляющий движения и укрепляющий суставы. Выпуклую связку он рассматривает как приспособление, облегчающее статическую работу мышц.

Нетрудно заметить, что в приведенных работах рассматриваются не причины формирования связок, а след-

ствия, вытекающие из существования уже сформированных связок. Для выяснения деталей строения связочного аппарата необходимо понять причины, под влиянием которых происходит их образование. Так, В. В. Бунак (1954) сращение передней продольной связки позвоночника с межпозвоночными дисками связывает с происхождением ее из наружной оболочки склеротомов. Ф. П. Маркизов (1939) выделяет три варианта строения связки головки бедра, причем в одном из вариантов эта связка, по его мнению, состоит из рыхлой соединительной ткани.

Мы отметили, что связки развиваются из тех участков мезенхимы, которые имеют не менее двух точек прикрепления и при наличии растягивающей их силы. Эти две точки прикрепления могут быть подвижными или неподвижными. В первом случае формируются связки сочленений, а во втором — связки одной кости (связки лопатки: *lig. coracoacromiale*, *lig. transversum scapulae superius* и *lig. scapulae inferius*, связки тазовой кости: *lig. transversum acetabuli* и др.). Во всех случаях связки «работают» на растяжения. Но если в связках отдельных костей растягивающая сила возникает вследствие бокового давления на них, то между двумя костями возникновение связки обусловлено расхождением концов костей. Это расхождение (удаление друг от друга) сочлененных костей или их участков возникает в результате образования прогиба в месте сочленения. Здесь формируются коллатеральные связки. В результате соскальзывания одной кости относительно другой вперед, назад или в сторону возникают связки, удерживающие кости от направленного соскальзывания.

Об этом же говорит и тот факт, что наиболее мощные связки развиты на стороне, где укрепляющая роль мышц или совсем отсутствует, или ослаблена в условиях статики или динамики. Все эти положения были проверены и подтверждены во многих работах [82, 83, 84, 258, 259, 265].

На примере крестообразных и других связок коленного сустава убедительно показана роль связок в жизни организма [63, 96, 129, 169, 184, 366, 373, 451].

По данным В. И. Савельева, при максимально разогнутой конечности в коленном суставе суставная поверхность большеберцовой кости наклонена назад под

углом 7—8°. Нижний конец бедра под тяжестью тела стремится соскользнуть по наклонной плоскости назад. Силу, под действием которой будет происходить это смещение при опоре на обе конечности в вертикальном положении тела, можно рассчитать по формуле

$$F = \frac{P}{2} \sin \alpha,$$

где F — сила, смещающая бедро назад при разогнутой нижней конечности в коленном суставе; P — вес тела; α — угол наклона плоскости суставной поверхности верхнего конца большеберцовой кости (рис. 50). Под действием этой силы в соединительной ткани, окружающей сустав, возникает внутреннее напряжение, в ответ на которое формируются противодействующие ему коллагеновые пучки. По мере нарастания силы противодействующие структуры становятся все более мощными и в конечном счете оформляются в виде передней крестообразной связки.

Точно так же происходит формирование задней крестообразной связки, с той только разницей, что тенденция к соскальзыванию бедра возникает лишь при согнутой в коленном суставе конечности. Подтверждением этого положения являются данные сравнительно-анатомического исследования.

Так, у лягушки, ящерицы и черепахи в коленном суставе только одна связка. При анализе положения костей и соотношения их суставных поверхностей у амфибий и рептилий было установлено, что во всех фазах движения в коленном суставе плоскость суставной поверхности верхнего конца большеберцовой кости наклонена назад.

Следовательно, бедро под тяжестью тела может сместиться только назад, смещению бедра вперед и вниз препятствует большеберцовая кость.

В процессе филогенеза впервые две крестообразные связки появляются у птиц. Анализ взаимоотношения суставных поверхностей коленного сустава птиц показал, что плоскость суставной поверхности большеберцовой кости при максимально разогнутой ноге в коленном суставе наклонена назад под углом 15—20°. При согнутой в коленном суставе ноге (крайняя фаза опоры) плоскость суставной поверхности верхнего конца большеберцовой кости наклонена вперед. Таким образом,

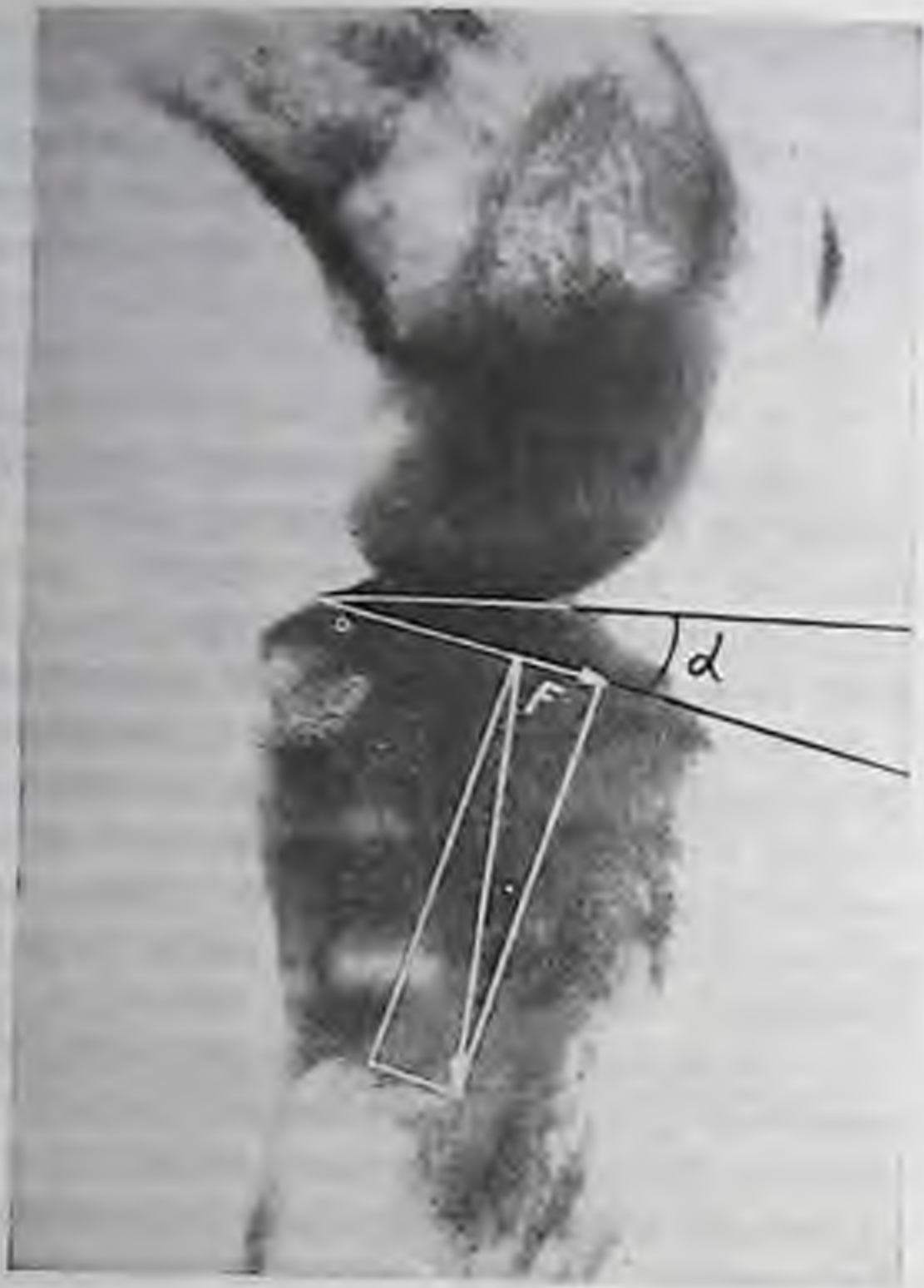


Рис. 50. Коленный сустав человека.

α — угол наклона плоскости суставной поверхности верхнего конца большеберцовой кости. F — сила, смещающая бедро вперед при согнутой конечности в суставе (препарат В. И. Савельева).

у птиц появляются условия для смещения бедра под тяжестью тела как вперед, так и назад. В результате формируются задняя и передняя крестообразные связки.

Боковые и все другие связки суставов формируются под действием таких же сил натяжения (растяжения) в результате бокового смещения концов костей или их расхождения.

В опытах В. И. Савельева было установлено, что в разные фазы движения расстояние между отдельными точками сочленяющихся поверхностей бедренной и большеберцовой костей меняется. Это приводит к тому, что прикрепляющаяся к ним фиброзная капсула сустава и окружающая ее соединительная ткань в разные фазы движения растягиваются с неодинаковой силой, а

следовательно, и степень их развития не одинакова. Так, передняя часть медиальной коллатеральной связки толще, она выдерживает нагрузку до 46 кг. Задняя же ее часть выражена слабо и разрывается от нагрузки, превышающей 5 кг. В специальных экспериментах на трупe (после обнажения связки, а также с помощью рентгеновых лучей) мы убедились, что передняя часть связки напрягается как при согнутой в коленном суставе конечности, так и при разогнутой. Задняя же ее часть напрягается только при максимально разогнутой ноге. Толщина передней части этой связки в 3—4 раза больше задней ее части. Примечательно, что разница между ними у людей, не занимающихся спортом или ведущих малоподвижный образ жизни, стирается.

Неодинаковое удаление одной и той же точки на бедре от большеберцовой кости в разные фазы движения особенно резко выражено с латеральной стороны. Это и приводит к формированию сложной наружной коллатеральной связки, состоящей из двух групп пучков или даже самостоятельных частей. В связи с этим в *lig. col-laterale fibulae* В. И. Савельев выделяет поверхностную и глубокую части. Указанные части имеют разное направление коллагеновых пучков, а иногда и разные места прикрепления на малоберцовой кости. В эксперименте автор установил, что при согнутой в коленном суставе конечности происходит натяжение поверхностной части фибулярной связки (расстояние между точками ее начала и прикрепления увеличивается на 1 см). В это время глубокая часть связки расслаблена (расстояние между точками ее начала и прикрепления уменьшается на 1 см). Наоборот, при разогнутой в коленном суставе конечности поверхностная часть связки расслабляется, а глубокая — максимально натягивается.

Все это говорит о том, что связки формируются не как ограничители движения и не в направлении движения, а как укрепляющий аппарат, препятствующий смещению костей при определенном положении конечностей или частей тела. Об этом же свидетельствует и такой интересный факт. У некоторых животных (лошадь, бык, свинья и др.) нет такого выраженного вальгусного положения костей в коленном суставе, как у человека. В результате их боковые связки коленного сустава по величине и выраженности не отличаются друг от друга. Например, у свиньи длина боковой малоберцовой связ-

ки равна 8 см, а боковой большеберцовой — 8,8 см. Ширина их равна соответственно 1 и 1,3 см; толщина — 0,1 и 0,2 см.

У человека боковая большеберцовая связка по размерам превосходит боковую малоберцовую в 3 раза. Кроме того, они отличаются и по механическим свойствам. Так, боковая малоберцовая связка выдерживает на разрывной машине груз до 25 кг, а боковая большеберцовая — до 46—50 кг. Безусловно, такое усиление боковой большеберцовой связки вызвано большей на нее нагрузкой при вальгусном положении костей у человека.

Еще более убедительные данные в этом отношении были получены Ф. Л. Доленко (1969) на голеностопном суставе человека. Прежде всего связки в области голеностопного сустава формируются только с медиальной и латеральной стороны и совсем отсутствуют в направлении движения, где сконцентрированы почти все мышцы. Уже из этого следует, что в направлении движения укрепление сустава осуществляется мышцами, а смещению в стороны костей препятствуют боковые связки. Для выявления роли связок голеностопного сустава в движении Ф. Л. Доленко производил удаления мышц, оказывающих влияние на движение в этом суставе. В безопорном положении суставные поверхности размыкаются, стопа повисает на связках, а щель голеностопного сустава увеличивается на 1—2 мм. В условиях опоры на стопу в положении основной стойки (большеберцовая кость перпендикулярна подошве) связки не напряжены и слегка провисают.

При сгибании и разгибании по мере приближения к границе суставной поверхности блока таранной кости связки расправляются. В момент, когда край суставной поверхности большеберцовой кости достигает передней или задней границы суставной поверхности блока, связки полностью расправляются, а края суставных поверхностей на стороне движения плотно соприкасаются.

Данные литературы и приведенные примеры с очевидностью указывают на то, что основной формообразующей силой в возникновении и развитии связок в филогенезе и онтогенезе является растяжение, возникающее между подвижными точками скелета. Если эта сила значительна, связка будет прочной, упругой, а если диапазон силы резко и часто меняется, то в связке увеличи-

вается количество эластических волокон. Соответственно меняется и структура связки.

Длина и форма связки зависят от расстояния между костями и концентрации растягивающих усилий. Это было показано В. И. Савельевым на примере боковых связок коленного сустава. Боковая большеберцовая связка перекинута через край большеберцовой кости, как через блок, и при натяжении придавливается к краям большеберцовой и бедренной костей, становясь плоской. В тех же случаях, когда на связку не действуют посторонние силы, она имеет вид круглого или овального тяжа, как боковая малоберцовая. То же было отмечено Ф. Л. Доленко на голеностопном суставе.

Плоская связка с обширным началом и прикреплением приближается к межкостным мембранам и принципиально ничем от них не отличается. Другое дело, если связка развивается между близко расположенными костями, которые, кроме того, мало смещаются относительно друг друга. Подобное соединение костей преимущественно плоских, называют швами. Если эти кости имеют тенденцию к равномерному расхождению, то возникает зубчатый шов; если же они плотно прилежат своими краями, а их смещения ничтожно малы, то шов имеет ровные края (как на лице), и тогда его называют гладким или плоским (*sutura plana*). Частный вид того соединения (посредством вклинивания одной кости в другую *gomphosis*) — соединение зуба с луночкой челюсти. Если кости смещаются относительно друг друга под углом, возникает шов чешуйчатого вида (*sutura squamosa*).

Чем меньше смещение соединенных костей относительно друг друга, а следовательно, чем больше приходится на них постоянной нагрузки, тем грубее соединяющая их ткань. В этих условиях она постепенно превращается в хрящ, и тогда мы имеем дело с хрящевым сращением (*synchondrosis*). По мере исчезновения взаимного смещения костей хрящевые сращения сменяются костными. Так срастаются кости таза, зарастают швы на черепе, окостеневают хрящевые части ребер. Безусловно, процесс окостенения гибких соединений может ускоряться и под действием второстепенных причин. Больше того, основной генетический фактор сохраняет свое значение для поддержания функции конкретного вида соединения в течение всего онтогенеза. Другие факторы вызывают все многообразие отклонений в строении, росте и развитии

данного соединения, а также все изменения, которым оно подвергается в процессе жизни в норме и патологии. Все это убедительно представлено в прерывных соединениях, суставах (*Junctura synovialis, articulationis*).

Прерывные соединения в организме возникают не только под действием смещения сочленяющихся костей. Необходимым условием формирования сустава наряду с обширностью смещения является давление одной кости на другую. Только под действием давления костей друг на друга происходит формирование смещающихся относительно друг друга суставных поверхностей. К обязательным элементам каждого сустава относятся суставные поверхности, покрытые суставным хрящом, и суставная полость, содержащая синовиальную жидкость, благодаря наличию герметично закрытой синовиальной и фиброзной капсул. Все другие компоненты, как-то: связки, диски, мениски, жировые складки и пр., имеются не во всех суставах и не являются обязательными их элементами.

Для характеристики этого вида соединения необходимо проанализировать прежде всего основные его элементы.

Форма суставных поверхностей определяется не столько самим движением, сколько распределением давления в различные фазы движения и ростом костей в зависимости от локализации нагрузки. Этот вопрос частично уже рассматривался нами в предыдущей главе. В процессе движения происходит распределение давления на участке сочленяющихся костей, причем распределение давления осуществляется не строго локально, а в результате постепенного перемещения (скольжения в условиях нагруженных сочленяющихся поверхностей). В результате моделируются соответствующие формы суставных поверхностей. Только в этом смысле движение можно считать формообразующим фактором.

Ближе всех к раскрытию причин формообразования суставных поверхностей подошел В. Г. Касьяненко (1956). Он указывает, что одним из ведущих факторов, формирующих кости и суставы, является тип опоры (стопо-, пальце- или фалангохождение). Каждому типу опоры соответствует определенный тип строения костей конечностей и суставов. Масса тела и ведущая рабочая функция, а также способ передвижения (способ опоры, резкость нагрузки, характер и скорость поступательных движений, среда и образ жизни животного) — вот основные причины формообразования суставов, по мнению

В. Г. Касьяненко. Нетрудно заметить, что все названные им причины в конечном счете проявляются на суставных поверхностях костей как динамические силы давления, свободно и быстро перемещающиеся в зоне суставной поверхности кости.

Основными в формировании суставов, как и для развития, роста костей, являются степень и характер нагрузки. Именно распределение нагрузки при разных позах и в разных стадиях перемещения центра тяжести тела и его частей формирует суставные поверхности. Последние вместе с соответствующими мышцами определяют характер и тип движения. Все определяется интенсивностью роста разных участков сочленяющихся поверхностей костных сегментов в зависимости от стимулирующих причин роста, к которым прежде всего следует отнести давление, его величину и характер. Этим можно объяснить разнообразие форм суставных поверхностей (плечевой и тазобедренной, коленный и голеностопный суставы и т. д.).

Свидетельством неравномерного давления на сочленяющиеся концы костей является различное развитие суставного хряща на сочленяющихся поверхностях костей.

Суставной хрящ формируется в зоне соприкосновения костей соответственно разным фазам движения. За пределами активных движений он не развивается. При этом замечено, что активные клетки, обеспечивающие рост хряща, в отличие от надкостницы находятся ближе к его поверхности [59, 354]. Следовательно, побуждающий фактор роста исходит из контактирующей кости, ее давления [417]. В зоне постоянного давления суставной хрящ тоньше; как правило, тоньше хрящ в центре суставной ямки, а по ее периферии он утолщается [115, 117].

При особенно обширных движениях суставной хрящ заканчивается волокнистой или хрящеподобной губой. Таковы *labrum glenoidale* плечевого сустава, *labrum acetabulare* тазобедренного сустава и т. д. Наоборот, в области суставной головки наибольшая толщина суставного хряща приходится на центр головки, а к периферии он истончается.

В большинстве случаев суставной хрящ гиалиновый, но есть суставы (*articulatio temporo-mandibularis*, *art. sternoclavicularis*, *art. humeroradialis* и др.), в которых суставной хрящ скорее волокнистый, чем гиалиновый.

В таких суставах чаще встречаются диски или мениски. Имеется обширная литература о строении менисков, о роли их в полноценности функции суставов, о принципах лечения при травмах [12, 27, 55, 146, 362, 390, 449]. Однако причины, вызвавшие к жизни мениски, остаются малоизученными. Вряд ли можно согласиться с трактовкой роли дисков и менисков в современных руководствах и научной литературе. Так, А. В. Кузьмина (1940) разделяет мнение Fick (1957, 1959), который приписывает менискам коленного сустава следующие функции: 1) выравнивать неконгруэнтные поверхности костей путем углубления суставной поверхности большеберцовой кости; 2) служить подушками, которые выполняют щели между суставными поверхностями; 3) способствовать напряжению суставных связок, что облегчает, например, ходьбу; 4) препятствовать переразгибанию сустава. П. Ф. Лесгафт (1882, 1883—1884) считает, что мениски, диски, как и синовиальная жидкость, служат для смягчения толчков и увеличения конгруэнтности суставов.

В. Г. Касьяненко (1956) возражает против того, что межсуставные хрящи способствуют увеличению конгруэнтности. Наблюдения П. М. Мажуга (1956) показали, что мениски коленного сустава могут окостеневать у тех животных, которые надолго застывают в одной и той же позе. При повышенной нагрузке и утрате вращательных движений в коленном суставе хрящевые мениски могут исчезать (например, у слона).

Отсутствуют мениски у летучей мыши, утратившей вращательное движение голени. В результате сложного сочетания статической и динамической функций получил свое развитие диск височночелюстного сустава.

Движения в нескольких плоскостях одновременно совершаются во многих суставах, однако внутрисуставные хрящи возникают только в тех случаях, когда второе движение происходит при сдавливающей нагрузке. Это отчетливо представлено как в коленном, так и в височночелюстном суставах. В этих и всех других случаях второе движение совершается между иными трущимися поверхностями. Так, сгибание и разгибание осуществляются между верхней поверхностью менисков коленного сустава и суставной поверхностью бедра, а вращение в конечности при ходьбе — между нижней поверхностью мениска и суставной поверхностью большеберцовой кости. На смещение латерального мениска при вращении бедра

в латеральную сторону указывают в своей работе Heller, Langman (1964). То же можно отметить и для височночелюстного сустава.

Синовиальная оболочка сумки сустава подобно слизистым и синовиальным сумкам выстилает всю полость сустава, прикрепляясь на всех участвующих в формировании данного сустава костях в зоне суставного хряща. Ее отношение к фиброзной оболочке капсулы сустава, связкам и внутрисуставным хрящам определяется механической активностью данного участка. В местах наименьшей механической активности в рыхлую клетчатку между двумя оболочками откладывается жир, здесь могут образоваться жировые складки (*plicae alares*). Однако в большинстве своем синовиальная оболочка плотно срастается с фиброзной и составляет с ней одно целое.

Фиброзная оболочка капсулы сустава фактически является непрерывным продолжением соединительной ткани, окружающей кость, из которой сформирована надхрящница, надкостница, связки, а в зоне сустава — капсула его. Место начала и прикрепления фиброзной капсулы сустава, величина ее определяются обширностью и характером движения. Степень же выраженности ее полностью зависит от той нагрузки, которая приходится на долю фиброзной капсулы сустава. Эта нагрузка во всех случаях приводит к возникновению растягивающих сил. Как правило, они меньше тех, которые приходятся на весь данный сустав. Большую часть нагрузки принимают на себя мышцы, окружающие сустав. Однако мышцы формируются в связи с движением и поэтому не могут в одинаковой степени укреплять сустав при статическом положении тела. В зонах, мало укрепленных мышцами, большая нагрузка падает на фиброзную часть капсулы сустава, в результате чего она утолщается и приобретает вид связки. Таково большинство связок тазобедренного, плечевого и других суставов. Однако разрастание окружающей сустав соединительной ткани может происходить и вдали от фиброзной оболочки капсулы, что определяется чаще всего формой сочленяющихся костей. В таких случаях связки расположены внутри или снаружи от фиброзной оболочки сустава.

Синовиальная оболочка в отличие от фиброзной при любых условиях окутывает связки, даже если они находятся в центре сустава. Исходя из этого, можно различать связки внекапсулярные, капсулярные и внутрикап-

сулярные. Такая классификация указывает на локализацию связок и отношение их к капсуле сустава. Что же касается характера их строения, то все они, выполняя одну функцию, сходны по строению и различаются между собой по степени выраженности и форме.

Изучение связочного аппарата, суставных поверхностей, окружающих сустав мышц, убедило нас в том, что функция суставов во всех случаях сложная, зависит от многих причин и далеко не всегда те или иные компоненты сустава участвуют в акте движения в одинаковой степени. Различна их роль и в укреплении суставов, что имеет немаловажное значение в жизни человека.

Несмотря на важность данной проблемы, до сих пор в этом вопросе нет полной ясности. В большинстве исследований движения в суставах рассматриваются в обобщенном виде, этапы движения не дифференцируются. Сведения чаще всего ограничиваются вычислением суммарного объема движения и не дается подробный его характеристики. При этом роль составляющих компонентов суставов в движении определяется чаще всего априорно.

На основании наших работ и исследований сотрудников лаборатории Б. В. Сермеева удалось дать более полную физиологическую и морфологическую характеристику подвижности¹ в суставах.

Движения могут быть активными и пассивными.

При характеристике каждого движения следует иметь в виду: 1) силы, обеспечивающие движение; 2) тормозы, производящие замедление, а затем остановку движения; 3) ограничители, создающие предел всякого движения.

Активное движение в суставах обеспечивается мышцами-синергистами, деятельность которых корригируется нервной системой. Торможение активного движения осу-

¹ Слово «подвижность» в обширной медицинской и особенно в спортивной литературе употребляется для характеристики как качества движения, так и количественной его стороны. Отсутствие общепринятой терминологии, разграничивающей количественную и качественную стороны движения в суставах, приводит к смысловой путанице, неточности в формулировках и трактовке фактов. Мы предлагаем термин «подвижность» только для характеристики качественной стороны движения. Когда же речь идет о количественной стороне, то целесообразно обозначать ее как «объем движения» или указывать амплитуду того или иного движения.

ществляется в основном мышцами-антагонистами¹. Связочный аппарат и другие элементы сустава при активном движении или совсем не участвуют, или оказывают самое слабое воздействие. Поэтому под влиянием центральной нервной системы объем активного движения у одного и того же субъекта может меняться в зависимости от функционального состояния мышц, что было показано в ряде работ [82, 263, 264].

В специально поставленных экспериментах на трупе и при исследовании спортсменов разной специализации Ф. Л. Доленко обнаружил, что объем активного движения зависит от силы мышц-синергистов и сопротивления мышц-антагонистов. Связки как тормозной аппарат вступают в работу, как правило, на пределе активных движений или в условиях пассивного движения.

Пассивное движение осуществляется как под действием сил тяжести, так и в результате действия внешних сил. Оно может производиться до полного упора и болевых ощущений. При пассивном движении отсутствует активная сила, обеспечивающая объем движения, но имеют место тормоз и ограничитель движения.

Тормозами в этом движении являются (как и в активном) мышцы-антагонисты, однако при пассивных движениях включаются в тормозной процесс связочный аппарат и другие мягкие ткани вблизи сустава. Ограничителем пассивного движения, как правило, являются кости. Болевой синдром, связанный с перерастяжением укрепляющего аппарата сустава, является своеобразным сигналом к прекращению движения. Если активное движение совершается в пределах суставной поверхности, то при пассивном движении объем его может превышать дугу суставных поверхностей. Однако в каждом суставе участие компонентов сустава в торможении и ограничении движения может быть различно. Оно меняется также в зависимости от возраста и, по-видимому, функциональных возможностей сустава.

Все это обстоятельно показано Ф. Л. Доленко на примере голеностопного сустава. Для установления роли костей в актах движения автор прежде всего изучал ве-

¹ Понятия «синергисты», «антагонисты» весьма относительны, так как в обеспечении конкретного движения участвуют многие мышцы, имеющие даже косвенное отношение к данному суставу; кроме того, в процессе движения, особенно сложного, роль активно сокращающихся мышц меняется.

личину и форму суставных поверхностей. Поскольку во многих работах размах движения связывают с разностью дуг суставных поверхностей, то внимание было обращено прежде всего на этот вопрос. Автор установил, что разница дуг на мацерированных костях суставных поверхностей таранной и большеберцовой костей составляет $45-50^\circ$. При изучении разницы по суставному хрящу получаются другие отношения. Так, у новорожденных она наибольшая (53°), у всех остальных групп колеблется от 45 до 49° ¹. Сопоставление объема движений в суставе с разностью дуг суставных поверхностей показывает, что она меньше объема не только пассивных, но и активных движений. При этом интересно отметить, что различия между дугами и амплитудой активных движений в онтогенезе становятся все меньше. Так, в 4 года разница составляет $30,21^\circ$, в 12 и 30 лет — $14,88^\circ$ и $15,95^\circ$ соответственно, а в 60—72 года — $2,13^\circ$.

Таким образом, амплитуда активных движений в голеностопном суставе постепенно приближается к разнице дуг суставных поверхностей. Это свидетельствует о растущей специализации движений, ограничении и стабилизации их в процессе постнатального онтогенеза. По данным автора, амплитуда сгибания и разгибания стопы при ходьбе в старческом возрасте составляет в сумме примерно 30° . Следовательно, при ходьбе используется не вся дуга блока таранной кости, что со временем приводит к дегенеративным изменениям суставного хряща по краю сочлененной поверхности. Это находит подтверждение не только на нашем материале, но и в работах других авторов [1, 120, 206, 377]. На запас суставной поверхности и ее роль в оценке величины движений у животных указывал В. И. Табин (1966).

Выявленная разница дуг суставных поверхностей соответствует амплитуде движений при беге, ходьбе по лестнице, по пересеченной местности и т. д.

Все это, с одной стороны, указывает на взаимосвязь объема суставных поверхностей с характером движения в суставах, а с другой — свидетельствует о том, что суставные поверхности оказывают лишь косвенное влияние, не характеризуюя движение количественно.

¹ Эти данные касаются свежего трупного материала с сохраненным суставным хрящом. Следовательно, уже из этого можно заключить, что суставной хрящ распространяется несколько дальше соответствующей поверхности кости.

Изучение рентгенограмм пассивных движений убеждает в том, что остановка движения происходит вследствие соприкосновения переднего края суставной поверхности большеберцовой кости с шейкой таранной (при разгибании) и заднего края большеберцовой кости с задним отростком таранной (при сгибании).

Дальнейшее скольжение суставных поверхностей по продолжению дуги движения становится невозможным. Следовательно, кости в данном случае выступают как ограничители движения. При насильственном продолжении движения, когда соприкосновение костей носит характер удара, возникают переломы шейки и заднего отростка таранной кости, составляющие 17,7 и 32% всех переломов голеностопного сустава [230], или чешуйчатый перелом переднего и заднего краев суставной поверхности большеберцовой кости [56, 112, 226].

Мнение, что форма блока таранной кости может быть ограничителем пассивного движения, таким образом, не подтвердилось. Измерения расстояния между лодыжками во время движения показали, что межберцовый синдесмоз допускает расхождение лодыжек на величину, соответствующую расширению переднего отдела блока таранной кости. Но если форма блока не является ограничителем, то ее вполне можно считать известным тормозом в суставе, соответствующим силе, потребной для растягивания межберцового синдесмоза в пределах до 2,31 мм.

Если форма суставных поверхностей не является ограничителем движения, то все же она позволяет судить о характере движений в суставе. На рис. 51 приведены три типа формы суставных поверхностей таранной кости: а) сгибательный, б) разгибательный и в) средний. Чтобы определить указанные типы, необходимо провести прямые через передне-задние концы суставных поверхностей блока таранной кости и ямки большеберцовой (на рентгенограммах). При сгибательном типе образуется угол, открытый назад; при разгибательном — вперед, а при среднем типе обе линии остаются параллельными. Это дало основание Ф. Л. Доленко выделить три типа функциональной специализации сустава: сгибательный, разгибательный и средний. Указанные типы вполне могут быть определены рентгенологически на основе типологических особенностей костей, участвующих в образовании голеностопного сустава.



Рис. 51. Радиус кривизны блока таранной кости в суставе сгиба-
тельного (а), разгибательного (б) и среднего (в) типов (препарат
Ф. Л. Доленко).

К типологическим особенностям голеностопного сустава следует отнести форму заднего отростка и шейки таранной кости. В большинстве случаев задний отросток выражен четко и его верхняя граница составляет по отношению к поверхности блока значительный угол. В другом варианте костей он оказывается сглаженным и едва возвышается над телом таранной кости.

Типичные особенности характеризуют и шейку таранной кости. В одном случае место перехода тела кости в шейку представляет собой глубокую впадину, а вся головка составляет с телом прямой или даже острый угол. В другом случае головка расположена к телу под тупым углом и впадины у начала шейки не наблюдается.

Большинство же исследованных таранных костей имеет промежуточную форму заднего отростка и шейки.

Сопоставление рентгенограмм с величиной сгибания и разгибания стопы обследуемых показало, что резко выраженному сгибательному типу всегда соответствует сглаженный задний отросток, тупой угол между шейкой и телом таранной кости, а также уменьшение радиуса дуги блока в его задней части. При разгибательном типе сустава задний отросток четко контурируется, шейка и тело таранной кости расположены друг к другу под углом, близким к прямому. Дуга блока представляет собой гиперболическую кривую, радиус которой уменьшается уже по направлению сзади наперед.

Промежуточные варианты строения таранной кости характерны для субъектов с приблизительно равным объемом сгибания и разгибания. Понятие о специализации суставов было известно и раньше, но не было объективных критериев характеристики каждого типа.

Увеличение амплитуды пассивных движений, следовательно, возможно в результате длительных и упорных

тренировок, приводящих к изменению формы и величины суставных поверхностей, которые могут наступить, по данным А. И. Кураченкова (1958), не раньше, как через 3—5 лет систематических упражнений. Через 10 лет эти изменения могут стать разительными. Об этом же свидетельствует и трудовая специализация сустава. Изменение объема пассивных или активных движений особенно большое значение имеет в клинике [375, 496, 497] и спорте [486, 487].

Прирост объема пассивных движений возможен также за счет растяжения мышечно-связочного аппарата, в результате чего суставные поверхности на стороне, противоположной движению, расходятся.

Для выявления роли других компонентов сустава в объеме движения были проделаны опыты с поочередным удалением кожи с подкожной клетчаткой, мышц, а затем капсулы сустава и получены интересные данные (табл. 5).

Таблица 5

Влияние удаления мягких тканей на увеличение амплитуды движений в голеностопном суставе человека в зависимости от возраста

Возрастная группа	Характер движения	Суммарный прирост амплитуды (в градусах)	Прирост амплитуды к суммарному приросту (в процентах)		
			при удалении кожи	при удалении мышц	при удалении суставной сумки
Новорожденные	Сгибание	11,20	26,70	55,30	10,70
	Разгибание	10,60	33,90	45,20	11,30
3—4 года	Сгибание	7,75	38,60	67,70	—
	Разгибание	8,75	22,80	71,40	—
10—12 лет	Сгибание	8,00	27,20	65,90	—
	Разгибание	7,80	11,30	72,70	—
25—30 »	Сгибание	5,50	7,20	89,00	—
	Разгибание	6,30	6,30	92,00	—
60—72 года	Сгибание	5,57	—	100,0	—
	Разгибание	5,71	—	100,0	—

Из табл. 5 видно, что кожа с подкожной клетчаткой оказывает влияние на амплитуду движения в раннем детском возрасте. В среднем возрасте влияние ее резко падает, а в старческом она практически никакого воз-

действия на движения в суставе не оказывает. Что же касается сумки сустава, то ее влияние на объем движения можно уловить только у новорожденных. В последующих возрастных группах сумка сустава не оказывает влияния на амплитуду сгибания и разгибания.

В отличие от других компонентов тормозное влияние мышц с возрастом увеличивается. По-видимому, это связано с уменьшением амплитуды движения стопы при локомоции и тем самым с уменьшением эластичности мышц.

Возрастающая роль мышц в ограничении движения в голеностопном суставе проверена при «выключении» икроножной мышцы в эксперименте на людях. В возрасте от 3 до 17 лет амплитуда движения колебалась в пределах 22—23°. В более позднем возрасте «выключение» икроножных мышц изменяет амплитуду движения до 38° и более.

Данный пример указывает на увеличение тормозного действия икроножной мышцы с возрастом.

Немалую роль в торможении движения играют связки, о чем уже было сказано выше. В среднем возрасте полного растяжения связок не бывает, даже если движение совершается до костных упоров. Однако у лиц в возрасте 60—72 лет только в 3 случаях из 7 удалось произвести движение до костных упоров. В остальных 4 случаях этому моменту предшествовало нарушение связочного аппарата. При этом отрыв задних связок наблюдался в суставах сгибательного типа, а отрыв передних связок — в суставах разгибательного типа.

Таким образом, с возрастом не только костные элементы, но и связочно-мышечный аппарат могут быть ограничителями движения, но в отличие от костного ограничителя в данном случае остановка движения происходит в результате нарастания тормозных процессов и болевого синдрома.

На примере голеностопного сустава мы наблюдаем, как сложна роль его компонентов в активных и пассивных движениях. И все же в каждом случае вполне очевидно место каждого из них в тех или иных движениях, а также в укреплении сустава.

Под укреплением сустава следует понимать степень развития мышечно-связочного аппарата, который обеспечивает целостность его при различных статических и динамических нагрузках на сустав.

Величина возможного прироста объема активного движения
в суставах у лиц женского пола (в градусах)

Наименование движений	Возраст (в годах)												
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	21—30	
Сгибание ноги	п	84	85	86	87	93	94	87	87	84	83	79	79
	а	63	64	64	65	70	70	67	67	66	65	63	63
А		21	21	22	22	23	24	20	20	18	18	16	16
Отведение ноги	п	67	68	72	76	78	79	76	74	72	63	68	61
	а	47	48	52	55	56	57	55	54	53	51	51	49
А		20	20	20	21	22	22	21	20	19	12	17	12
Общая ротация голеней	п	177	179	176	169	151	145	146	148	151	150	151	138
	а	107	117	118	113	107	105	109	109	110	109	107	83
А		70	62	58	56	44	40	37	39	41	41	44	55
Сгибание стопы	п	49	47	43	42	41	41	41	41	41	41	41	41
	а	38	38	35	34	35	33	34	33	33	33	33	33
А		11	9	8	8	6	8	7	8	8	8	8	8
Разгибание стопы	п	47	47	43	42	41	41	41	40	40	39	39	39
	а	33	32	32	32	31	31	31	31	30	30	30	30
А		14	15	11	10	10	10	9	10	9	9	9	9
Сгибание руки	п	196	203	203	204	203	204	202	202	200	199	194	191
	а	183	192	192	193	194	194	194	191	189	190	186	184
А		13	11	11	11	9	10	8	11	11	9	8	7
Разгибание руки	п	80	80	83	83	86	86	84	82	79	78	75	75
	а	69	69	69	69	71	72	70	67	66	66	63	63
А		11	11	14	14	15	14	14	15	13	12	12	12
Вращение предплечья	п	148	149	165	162	161	163	166	169	165	182	164	189
	а	134	134	148	148	148	147	151	160	149	169	145	158
А		14	15	17	14	13	16	15	9	16	13	19	31

Условные обозначения: п — объем пассивного движения; а — объем активного движения; А — величина возможного прироста.

Объемы активных и пассивных движений в суставах находятся в определенной зависимости друг от друга. При этом всегда объем пассивных движений превосходит амплитуду активных.

На основании многочисленных анатомических и физиологических экспериментальных исследований мы убедились в возможности по ряду признаков заранее определить прирост объема активного движения и коэффициент подвижности, по которому можно судить о потенциальной возможности изучаемого субъекта.

Практически объем активного движения может приблизиться к уровню пассивного объема движения на данный момент. Для этого необходимо «устранить» или

Таблица 7

Величина возможного прироста объема активного движения
в суставах у лиц мужского пола (в градусах)

Наименование движений		Возраст (в годах)											
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	20—30
Сгибание ноги	п	71	78	79	82	85	82	84	83	84	81	79	79
	а	54	61	61	63	65	66	68	68	71	67	65	63
	А	17	17	18	19	20	16	16	15	13	14	14	16
Отведение ноги	п	71	73	77	80	81	80	76	72	78	71	71	61
	а	52	54	57	58	59	60	59	57	62	57	57	49
	А	19	19	20	22	22	20	17	15	16	14	14	12
Общая ротация голеней	п	179	174	189	171	157	156	157	149	153	162	155	136
	а	114	110	114	110	118	116	116	111	112	117	114	110
	А	65	64	75	61	39	40	41	38	41	45	41	26
Сгибание стопы	п	51	47	41	39	39	39	38	38	38	37	38	37
	а	40	38	35	33	33	32	31	30	30	30	30	30
	А	11	9	6	6	6	7	7	8	8	7	8	7
Разгибание стопы	п	45	44	42	42	42	41	41	40	40	40	40	40
	а	34	33	32	34	33	32	32	32	32	33	32	32
	А	11	11	10	8	9	9	9	8	8	7	8	8
Сгибание руки	п	181	182	186	186	190	192	189	189	188	189	187	186
	а	168	171	176	179	181	183	181	181	181	181	180	180
	А	13	11	10	7	9	9	8	8	7	8	7	6
Разгибание руки	п	72	68	72	73	75	74	74	72	72	68	67	65
	а	52	51	53	55	57	57	57	57	57	56	51	51
	А	20	17	19	18	18	17	17	15	15	12	16	14
Вращение предплечья	п		144	162	162	173	158	169	157	159	180	181	167
	а		138	145	148	160	146	157	147	141	172	158	134
	А		6	17	14	13	12	12	10	18	8	25	33

ослабить действие тормозов и увеличить силу мышц-агонистов. В связи с этим можно предложить следующую формулу:

$$A = Пп - Па,$$

где А — прирост активного объема движения; Пп — объем пассивного движения; Па — объем активного движения.

Для характеристики потенциальной возможности развития сустава следует пользоваться еще коэффициентом подвижности:

$$K = \frac{Па}{Пп} \cdot 100.$$

Исследования величины спортивных и трудовых движений в суставах убедили нас в том, что человек с по-

мощью собственных мышц практически никогда не использует полный объем пассивного движения в суставах. Резервная возможность всегда имеется в пределах 10% и более. Кроме того, по мере увеличения объема активного движения растет предел пассивного движения. Поэтому объем активного движения никогда не может достичь уровня пассивного объема движения.

Небезынтересны в этом отношении данные Б. В. Сермеева и его сотрудников по объему активных и пассивных движений, полученные при изучении различных суставов (табл. 6 и 7).

Данные, приведенные в табл. 6 и 7, показывают резервную подвижность, которую можно развить в относительно короткий срок. Однако если упорно разрабатывать сустав, то резервная подвижность может значительно возрасти не только за счет увеличения активного, но главным образом за счет объема пассивного движения.

Знание указанных закономерностей строения суставов позволит целенаправленно воздействовать в процессе практики как на объем движения, так и на укрепление сустава.

В предыдущих главах мы выделили то общее, что объединяет все опорные ткани между собой, и те различия, по которым их можно разграничивать друг от друга.

До сих пор морфологи больше уделяли внимания изучению сходных черт в строении изучаемых объектов и недостаточно их различиям. Но без установления конкретных отличительных черт невозможно создать достаточно полное представление о предмете. В связи с этим в проведенных исследованиях соединительнотканых образований опорно-двигательного аппарата мы отмечали наряду с чертами сходства и черты различия.

Опорные ткани в организме человека издавна делят на две большие группы: твердый остов (костный скелет) и мягкий остов (все виды соединительной ткани, выполняющие функцию опоры).

Общим для всех элементов мягкого остова являются его происхождение и входящие в него компоненты, а в связи с разными причинами и условиями формирования в соответствии со специализацией отдельных элементов имеются не только количественные, но и качественные различия между элементами мягкого остова.

Учение о «мягком остове» тела человека возникло и складывалось исторически в связи с выявившейся большой ролью опорных тканей в организме.

Впервые понятие «мягкий остов» встречается у И. Быстрова (1842). Но только у И. П. Матюшенкова (1848) мы находим подробную характеристику элементов мягкого остова и его назначения.

В своей неопубликованной работе «Мягкий остов тела человеческого, или общая система волокнисто-клетчатых тканей»¹ автор подробно раскрывает, что он понимает под «мягким остовом» и какие органы в него входят: «...под именем волокнисто-клетчатых тканей разумеет-

¹ Рукопись. Архив МГУ, дело медицинского факультета № 24 за 1848 г. «Об экзамене на степень доктора медицины и хирургии медико-хирурга Матюшенкова».

ся общая, непрерывная анатомическая система тела человеческого, связующая, окружающая и поддерживающая собой все прочие части и системы организма, или, другими словами, это есть общая анатомическая система тканей, составляющих собой мягкий остов тела человеческого». В эту систему автор объединяет: связки, надкостницу, сухожилия, сухожильные растяжения (аропнегosis), рыхлую клетчатку, соединяющую органы между собой, и рыхлую клетчатку, входящую в состав самих органов.

Разбирая микроскопическое строение указанных тканей, И. П. Матюшенков обращает внимание только на волокнистые структуры и не описывает подробно ни клетки, ни межклеточное аморфное вещество. По его мнению, элементы «мягкого остова» отличаются друг от друга только различной толщиной и направлением «волоконца». Объединяют их в одну систему не только общие черты строения, но и их функциональное значение в организме: соединять, разграничивать и поддерживать все другие анатомические системы тела, «другими словами, служить вторым, или мягким, остовом организма» (И. П. Матюшенков). При этом собственную, частную жизнь «волоконисто-клетчатых» тканей автор ограничивает только проявлениями растительной жизни — питанием и всасыванием. «Других физиологических назначений ткани эти не имеют».

Из всего этого видно, что И. П. Матюшенков объединял различные виды плотной оформленной соединительной ткани в одну систему под названием «мягкий остов тела человеческого» на основе их устройства и выполняемой ими функции. Для своего времени это было прогрессивное направление. Приходится только сожалеть, что работа не была напечатана, а ее основные идеи, диалектические по смыслу, более чем на столетие забыты.

Изучение всех видов опорной соединительной ткани в большинстве случаев велось обособленно. Рыхлая соединительная ткань изучалась преимущественно гистологами (главным образом с позиций ее биологической роли в организме). В работах, раскрывающих строение, функциональное назначение и практическую ценность плотной оформленной соединительной ткани и органов, из нее построенных, обращалось внимание не только на структурные особенности фасций, связок, сухожилий,

оболочек органов, но и на их клиническое, практическое значение.

При этом можно отметить определенную последовательность изучения, например в изучении фасций можно выделить два периода.

Первый — от А. Везалия до Н. И. Пирогова. Его можно назвать периодом общего знакомства с фасциями. В это время фасции изучались преимущественно анатомами [35, 164, 165, 166, 167, 207, 350, 355, 402, 464, 467].

В работах указанных авторов отмечается стремление дать общетеоретическое обоснование строения фасций, разобраться в их структуре и строении фасциально-клетчаточных образований.

Большинство исследователей при изучении фасций пользовались в основном препарированием, но наряду с макроскопическим описанием появляются и элементы микроскопической характеристики фасций. Именно в это время дано название фасциям, указана роль их в организме и в общей системе соединительной ткани, сделана попытка раскрыть их происхождение и строение. Все, что возможно было в период расцвета описательной анатомии в условиях элементарной морфологической техники исследований и в самом начале развития морфологической науки, выполнено обстоятельно. Но это именно начало учения о фасциях, и поэтому многие вопросы скорее были поставлены перед наукой, чем разрешены.

Второй период связан с именем Н. И. Пирогова и характеризуется более тщательным и всесторонним изучением практической ценности фасций. Н. И. Пирогов и его многочисленные последователи [2, 5, 6, 54, 111, 124, 125, 129, 133, 288, 307] показали роль фасций в развитии и течении воспалительных процессов, в лечении ран и применении фасций в восстановительной хирургии. Фасции изучались больше с практических позиций. Отдельные попытки выяснения генеза фасций, выявления их роли в организме не получили своего полного завершения [301, 330].

Примерно так же обстояло дело с изучением связок и сухожилий. Упоминание о связках и сухожилиях мы находим у Гиппократата. Однако он не указывал на различия между нервами и сухожилиями. Это же повторил и на много веков утвердил Гален.

А. Везалий (1543) впервые в своем труде «О строении тела человека в семи книгах» показал место сухожилий и их роль в прикреплении мышц к костям. С него и начинается изучение сухожилий и связок: характерной особенностью этого периода является соби́рание общих сведений о сухожилиях и связках, а также попытка прощукнуть в их структурные особенности [21, 201, 274, 432, 493].

В последующий период большинство работ по сухожилиям и связкам рассматривает практические аспекты этих образований. Одни изучают сухожилия и связки с целью практического использования знания о них в клинике [10, 41, 64, 67, 69, 77, 122, 144, 163, 172, 221, 250, 426, 473, 499], а другие [4, 25, 28, 30, 44, 60, 70, 72, 86, 87, 108, 121, 161, 209, 218, 270, 271, 299, 326, 421] интересуются структурами сухожилий и связок с функциональных позиций, рассматривают вопросы регенерации, кровоснабжения, иннервации и частично возрастных изменений.

Эти примеры подчеркивают общую тенденцию исследователей выявить практическую ценность изучаемого органа. Вопросы структурной организации органов, их происхождения, законов формообразования разрабатывались в меньшей степени. Особенно мало конкретных исследований структуры предпринято в пограничной макро-микроскопической области в аспекте функциональных отправления органов. Поэтому в научной литературе накоплен значительный, иногда с недостаточно обоснованными выводами, но разрозненный материал по всем этим вопросам.

Тщательный анализ данных литературы убедил нас в том, что необходимы: во-первых обобщение фактов, накопленных за многие годы изучения элементов мягкого остова; во-вторых, постановка хотя бы рабочих гипотез в качестве организующего начала для анализа литературы и проведения исследований; в-третьих, создание общих методологических положений, которые сделали бы последующее изучение целенаправленным, более экономным и плодотворным, с проведением новых исследований на более высоком научном уровне.

Плодотворной рабочей гипотезой мы считаем положение о структурно-функциональной единице элементов мягкого остова [286]. Сущность ее заключается во взаимосвязи между клеточными и волокнистыми элементами,

имеющей место во всех опорных тканях, какую бы структуру они ни имели. Эта связь, выражаясь как в структурном, так и в функциональном отношении, представляет собой проявление адаптационных (функциональных и возрастных) изменений. При этом в разных условиях компоненты структурной единицы изменяются в разной степени и, как правило, гетерохронно.

При изучении фасций, апоневрозов, сухожилий, связок, надкостницы установлено, что специфичность ткани определяется клеточными и волокнистыми элементами. О межклеточном веществе мы еще мало знаем, но имеющиеся собственные наблюдения и данные литературы свидетельствуют о том, что оно, являясь продуктом клеток, тесно с ними связано и чутко реагирует своим составом на изменение клеточной деятельности. Волокнистые элементы в этом отношении являются более самостоятельными и устойчивыми. В связи с этим специфичность ткани больше всего определяется или клеточным составом в сочетании с продуцируемым им межклеточным веществом, или волокнистыми элементами.

При наличии большого количества молодых фибробластов волокнистые структуры нежные, расположены рыхло и выполняют преимущественно служебную роль.

Количественный и качественный состав клеточных элементов в свою очередь определяется условиями их существования. Безусловно, адвентициальные клетки мало дифференцированы не только потому, что они являются остатком мезенхимы, а в силу их малой функциональной активности. Сохранению их в стадии малой дифференцировки способствует и то, что они получают достаточное количество питательных веществ для поддержания обменных процессов на существующем уровне. Все это способствует тому, что адвентициальные клетки остаются в продолжение всей их жизни или до включения их в активную функцию молодыми.

Относительно малая дифференцировка и большое количество соединительнотканых клеток сохраняются во всех тканях, на которые действует множество малых сил с разным направлением по растяжению и смещению. Малые силы не предъявляют большой функциональной «ответственности» клеточным элементам, и поэтому в них не наступает ответной перестройки структур, а часто меняющееся направление их деятельности приводит к интенсивному перемещению межтканевой жидкости, спо-

собствующему поддержанию высокого метаболизма в малодифференцированных клетках.

В условиях повышения нагрузки и более постоянного действия сил происходит уменьшение количества клеток и специализация их с образованием фиброцитов, которые в основном поддерживают жизненные свойства как межклеточного вещества, так и волокнистых структур данного органа. Уменьшение клеток, по-видимому, происходит за счет гибели некоторых из них, а главное, в связи с увеличением количества волокнистых элементов. Они расслаивают клетки, упорядочивают их расположение и моделируют форму. Силы, воздействующие непосредственно на клетку, приводят к соответствующей реакции и изменению внутреннего ее строения. О том, что это возможно, свидетельствуют многие экспериментальные исследования. Особенно показательны в том отношении опыты П. Вейсс (1961). Он брал фибробласт, помещал его на стекло с неровной поверхностью и наблюдал постепенное превращение фибробласта в гистиоцит. Не менее убедительны данные А. Г. Кочеткова (1968) и А. К. Макарова (1968), которые на сухожильных клетках показали локальное распределение нейтральных полисахаридов на стороне, противоположной давлению (см. рис. 42).

Если направленность дифференцировки определяется главным образом характером функциональной нагрузки, то скорость ее в немалой степени будет зависеть также от интенсивности этой нагрузки, что непременно отразится на характере и интенсивности обмена веществ. Вполне возможно, что именно изменение интенсивности обмена веществ в данной ткани приводит к изменению ее качественного состава, что в свою очередь создает благоприятные условия для волокнообразования. В настоящее время все признают основной функцией опорной соединительной ткани способность ее «вырабатывать», «создавать» структуры, противостоящие механическим нагрузкам. Механическая сила, воздействующая на организм извне, возникающая внутри самого организма или являющаяся результатом других видов энергии, обуславливает специфическое раздражение соединительной ткани. На это раздражение прежде всего реагирует локально соединительная ткань всеми своими компонентами. Наряду с ней в ответную реакцию вовлекаются все системы организма (сосудистая, нервная, эндокринная).

и, наконец, если раздражение достаточное по характеру и величине, в процесс вовлекается весь организм. В результате этой ответной реакции каждая клетка, ткань, система в организме реагируют в соответствии с их функциональной специализацией. Для внутренних органов — это усиление их функциональной активности. Подобную реакцию М. Р. Могендович (1966) назвал моторно-висцеральным рефлексом. Для клеток и межклеточных образований соединительной ткани характерна структурная перестройка в соответствии с силой и характером механического воздействия.

Если эта сила значительна по величине и сравнительно однородна по характеру, то развиваются упругие коллагеновые волокна, эффективно противостоящие данной силе. Величина коллагеновых пучков, степень их развития всегда адекватны соответствующей величине силы. Однородность силы приводит к формированию более однородных по характеру и величине волокнистых структур. Первоначально они разделяются на пучки первого порядка, что, вероятно, связано с их происхождением. В последующем граница между пучками может стираться. С трудом различаются пучки второго, а затем третьего порядка. Этот феномен постепенного слияния коллагеновых пучков в более крупные выявляет собой общее свойство соединительной ткани, состоящее в том, что в местах относительного покоя соприкасающиеся ткани срастаются, а в условиях постоянного смещения формируются легко смещающиеся структуры. Это общее свойство прослеживается во всех видах соединительной ткани, в том числе и костной. Как только действующие силы становятся неоднородными, естественное разделение коллагеновых волокон усиливается. Между пучками первого и второго порядка появляются большие щели, становятся заметными межпучковые анастомозы, которые в фасциях, связках и сухожилиях были названы солитарными пучками. Последние представляют собой один из видов связи пучков. Они сохраняются только потому, что смещения между пучками незначительны, а более мелкие пучки коллагеновых волокон идут не строго параллельно, а по косым направлениям.

Постоянное и все большее смещение коллагеновых пучков относительно друг друга приводит не только к их морфологическому разнообразию, но и к усиленному развитию эластических волокон.

Эластические волокна существуют в соединительной ткани вместе с коллагеновыми и попеременно с ними. Эластические волокна в пучках первого порядка нами обнаружены в фасциях, А. Г. Кочетковым (1968) и А. К. Макаровым (1968) — в сухожилиях, а Ф. Л. Доленко (1969) — в связках.

По мере увеличения смещения коллагеновых пучков относительно друг друга усиленно развиваются эластические волокна на границе смещающихся слоев. Это особенно четко проявляется в стенках сосудов. Внутренняя оболочка сосуда при расширении его не столько растягивается, сколько расправляется, а средняя оболочка растягивается. Между ними происходит смещение, но оно осуществляется плавно и в относительно небольших пределах. Именно в этих условиях усиливается формирование эластических волокон. Примерно то же наблюдается между средней и наружной оболочками сосуда. Сходные условия мы находим в апоневротических сухожилиях широких мышц, некоторых фасциях, связках и во многих других местах. Во всех случаях на границе смещающихся тканей усиленно развиваются эластические волокна, которые способны растягиваться в больших пределах, чем коллагеновые, и неизменно возвращаться к исходному состоянию. Это приводит к тому, что значительные смещения структур не сопровождаются их разделением. Они связаны воедино эластическими волокнами.

Степень развития эластических волокон, направление их и взаимосвязь в свою очередь определяются разнообразием сил смещения. В отдельных случаях, если смещение совершается в одной плоскости, мы находим богатую сеть эластических волокон, строго ориентированных вдоль сил растяжения и локально сконцентрированных. В результате образуются слои эластических волокон вплоть до мембран, например, в сосудистой стенке.

В других условиях, если смещение возможно в двух или трех плоскостях одновременно, то образуются двух- и трехмерные сети и сплетения. Однако во всех случаях легко увидеть рядом с эластическими волокнами и коллагеновые. Оба вида волокон сопутствуют друг другу и как бы перемешиваются. Но всегда имеется преимущественное развитие каких-либо из них и при невнимательном изучении может показаться, что они располагаются слоями и разграничены друг от друга.

Преимущественная реакция клеток или волокнистых структур опорных тканей отчетливо прослеживается в период становления функции органа. Так, сухожилия сгибателей и разгибателей пальцев кисти у новорожденных имеют почти одинаковое строение на всем их протяжении. В последующем в связи с развитием выявляются разные условия функционирования, идет неодинаковая дифференцировка структурных компонентов сухожилия. В одних условиях интенсивно развиваются волокнистые элементы (внутримышечная часть сухожилия, межсухожильные перемычки, участки сухожилия, подверженные растяжению, и т. д.). Коллагеновые волокна достигают значительного развития, формируются в пучки первого, второго и третьего порядка. Эластические волокна особенно хорошо развиты в местах смещения. Клеточные элементы представлены в основном фиброцитами.

В зонах сухожилий, испытывающих боковое давление костных блоков, клетки сильно видоизменяются, превращаясь местами в хрящевые. Продуцируемое ими межуточное вещество «цементирует» сухожилие настолько, что стираются границы между пучками первого и второго порядка. Отдельные коллагеновые волокна на таком препарате выявить трудно и не удастся определить эластические волокна. Подобная избирательность в реакции на функциональную нагрузку имеется и в других видах опорной соединительной ткани.

Так, давление в сочетании со смещением чаще всего приводит к появлению качественно других клеток (хрящевых), которые отличаются не только формой, но и характером обмена веществ, продукцией межуточного вещества.

В зависимости от соотношения сил давления и степени смещения характер и структура ткани заметно разнятся. В условиях более стабильного давления формируется так много аморфного межуточного вещества или, правильнее сказать, форма его такова, что оно кажется гомогенным, маскирует слабо развитые волокнистые структуры и перед нами выступает ткань, которая издавна получила название гиалинового хряща.

Когда наряду с давлением действуют значительные растягивающие силы, волокнистые структуры выявляются более четко, имеют преимущественное направление и хрящ выглядит более волокнистым.

По мере усиления часто меняющихся по величине и направлению растяжений в волокнистом хряще соотношение коллагеновых и эластических волокон изменяется в сторону последних и тогда формируется эластический хрящ. Он способен растягиваться в значительных пределах и возвращаться в исходное состояние без нарушения целостности.

Изменение длины возможно и в волокнистом хряще преимущественно за счет упругой извитости коллагеновых волокон. Что же касается гиалинового хряща, то изменение его размеров осуществляется в незначительных пределах и главным образом в результате перераспределения жидкости в нем.

Если на соединительную ткань действует преимущественно давление, превращающееся в сжатие, а смещение почти отсутствует, то клетки трансформируются в остеоциты, характер межучного вещества изменяется настолько, что оно в состоянии удерживать соли кальция, которые увеличивают прочность ткани на сжатие. В результате сложной перестройки клеточных элементов и межучного вещества мы получаем качественно другую ткань — костную.

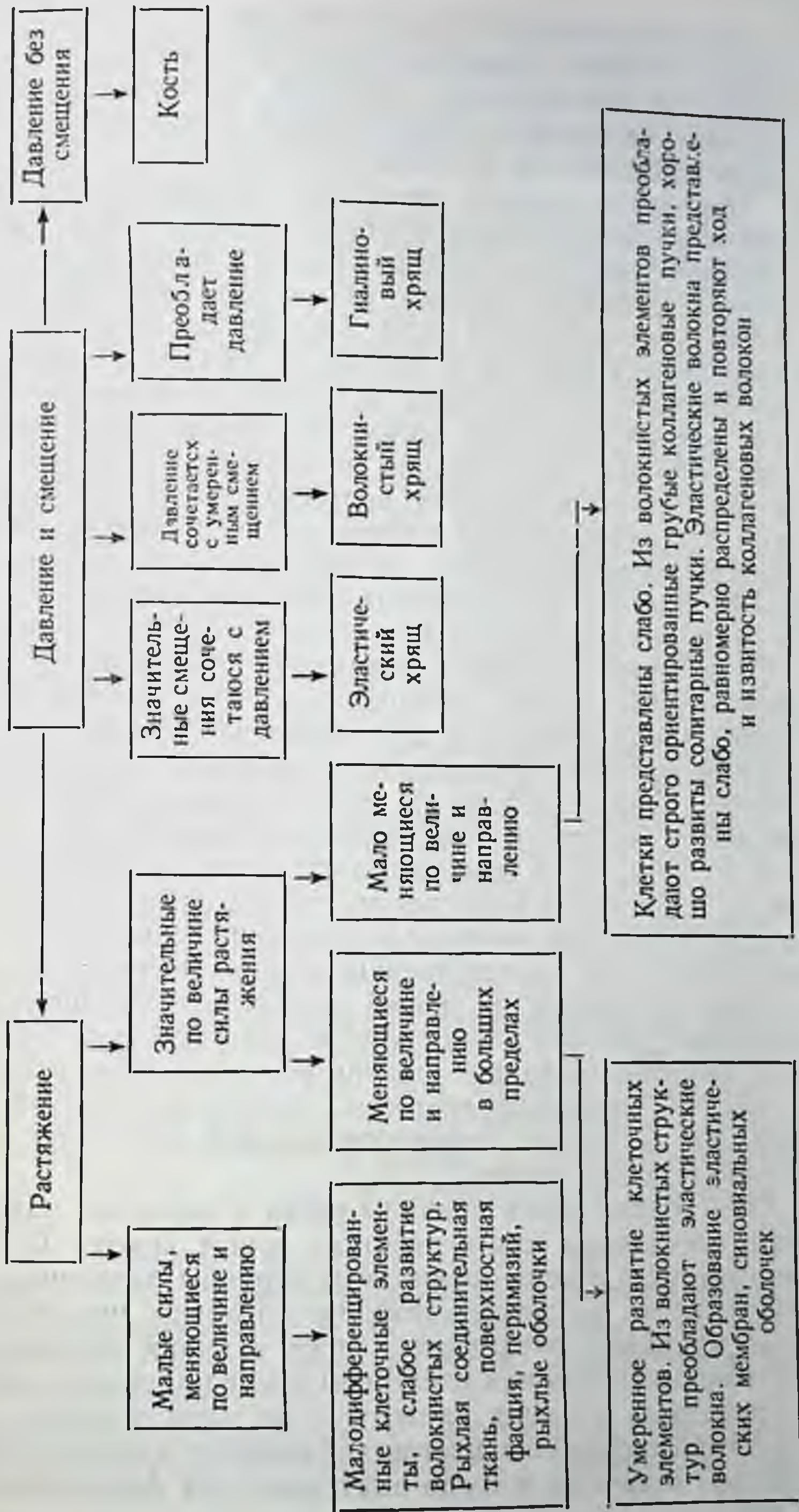
Несмотря на то что костная ткань возникает под действием сил давления, она оказывается безучастной и к силам растяжения, разрастаясь в сторону последних, что послужило основанием для П. Ф. Лесгафта высказать несколько положений о росте костей в сторону меньшего давления и замедленном костеобразовании со стороны большего давления. И все же это никак не противоречит основной причине костеобразования — фактору давления. Дело в том, что кость формируется не как самостоятельное образование, а на основе своей соединительнотканной модели, которая постепенно замещается хрящевой, а затем костной тканью. Мы уже знаем, что соединительнотканые волокнистые элементы растут в сторону сил натяжения или растяжения. В последующем в результате ряда причин происходит отложение в них извести и они превращаются в такую же костную ткань, как и первоначальная. Возможно, что механизм роста кости в сторону меньшего давления иной и что он различен в разных условиях. Так, эксперименты Л. И. Авдюничевой (1964), С. И. Рыбаковой (1970) и др. убедительно показывают дезорганизацию клеток в метафизарной хрящевой пластинке при увеличении механиче-

ской нагрузки на них. С. И. Тимофеев (1951) нашел уменьшение функциональной активности клеток перноста на стороне постоянного давления. В местах же прикрепления сухожилий к костям действуют более сложные причины, побуждающие к повышению функциональной активности клеток надкостницы. В этих участках действуют силы давления и растяжения, что обуславливает благоприятные условия кровоснабжения [242].

Изменение клеток в разных функциональных условиях приводит к существенной перестройке и межучного аморфного вещества. Так, в условиях частых смещений (перитеноний, надкостница, фасция) в межучном веществе содержится относительно много гиалуроновой кислоты. При постоянном растяжении или давлении межучное вещество вместе с клетками играет меньшую роль, чем волокна, и его назначение сводится в основном к опорной, механической функции. В соответствии с этим происходит изменение мукополисахаридов в сторону повышения хондроитин-сульфатов и уменьшения гиалуроновой кислоты. В зоне давления, например, сухожилия отмечается дальнейшее увеличение хондроитин-сульфатов, при этом больше увеличиваются хондроитин-сульфаты «В», которые, осаждавая на себе белковые структуры, образуют грубые волокна. Межучное вещество обволакивает волокнистые структуры и тем самым формируется амортизационный аппарат. В этих же зонах накапливается значительное количество нейтральных мукополисахаридов, при этом они хорошо выявляются как в клетках, так и в межклеточном веществе, что, по-видимому, свидетельствует о повышении продукции их клетками. Примечательно и то, что нейтральные мукополисахариды концентрируются на стороне, противоположной давлению. Возможно, что это является еще одним подтверждением того, что кость растет в сторону пониженного давления. Интересно и то, что при недостаточном кровоснабжении ткани (бессосудистые зоны) вторично растет содержание в них гиалуроновой кислоты.

Приняв условно механические силы за первопричину образования различных форм опорной ткани и за основу функциональной дифференцировки в последующем, можно на схеме представить следующим образом взаимосвязь между видами опорных тканей и характером действия механических сил (схема 1).

МЕХАНИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ



Такое выделение механических сил из системы факторов, влияющих на формирование опорных тканей, оправдано, так как позволяет частично понять весь сложный процесс формообразования опорных тканей, а также роль механической причины в ряду других.

Параллели между реакцией клеток, волокнистых структур, межклеточного вещества и характером действия механических сил указывают на пути, по которым развивается ответная реакция организма при воздействии на него механической силы. В одних случаях более ярко проявляется реакция в клетках, в других — наблюдается усиленная перестройка волокнистых структур. Изучение органа с позиции преимущественной ответной реакции его на раздражение приближает исследователя к пониманию механизма процесса биологической реакции на специфический раздражитель. Изучение опорной соединительной ткани на конкретных реакциях структурно-функциональной единицы дало уже свои результаты и окажется полезным в будущем.

Для более глубокого понимания особенностей строения опорных тканей необходимо проводить анализ с позиции эволюционных и адаптационных изменений, которые определяют формообразование в филогенезе и онтогенезе. Эволюционные и адаптационные перестройки осуществляются во взаимодействии организма с внешней средой. Для конкретизации этих взаимодействий на каждом этапе развития организма следует проводить анализ с учетом: во-первых, инерции развития тканей, обусловленной наследственными свойствами и взаимодействием клеток и тканей между собой; во-вторых, функции, которая может усиливаться или ослабеваться под действием внешних агентов (механические силы, термические, звуковые, световые, химические воздействия и т. д.); в-третьих, нейро-гуморальной регуляции роста и развития организма.

Отмеченные здесь причины роста и развития находятся в постоянном взаимодействии друг с другом. Степень их участия в разные возрастные периоды различна и эффективность их воздействия на организм неодинакова. Так, в раннем онтогенезе клетки и ткани развиваются преимущественно под действием наследственных свойств, заложенных в самих клетках, а по мере деления и нарастания количества клеток добавляется взаимодействие их друг с другом, и тогда выступают как формообразую-

ший фактор межклеточные взаимодействия, регулирующие дифференцировку наряду с наследственными свойствами клеток. Межклеточные взаимодействия могут быть контактными и на расстоянии, причем в последнем случае уже появляется гуморальная регуляция роста и развития.

В последние годы все шире стали проводиться исследования по вопросам межклеточных взаимодействий. На третьем симпозиуме по вопросам межклеточных взаимодействий в дифференцировке и росте Г. Д. Тумановичи (1970) в своем докладе о перспективах исследования и роли межклеточных взаимодействий в дифференцировке и росте указывал: «Пожалуй, лишь немногие станут отрицать, что постоянное и закономерное взаимодействие клеток представляет один из обязательных компонентов нормального образа их жизни». Г. В. Лопашев (1970) считает, что дифференцировку нельзя свести к следствиям одной генетической информации.

Зарубежными [412] и отечественными [23] учеными было установлено, что мембрана клетки на стороне контакта с другой имеет проницаемость выше других участков. При этом целостность мембран не нарушена. Кроме того, была найдена разность проницаемости мембран клеток слюнной железы в зависимости от дифференцировки и функциональной активности. Таким образом, для многих исследователей факт участия межклеточных взаимодействий в дифференцировке, росте и функциональной активности не вызывает сомнений. Однако остаются невыясненными вопросы результатов взаимодействия, доли их влияния на развитие, а также механизм взаимодействия. И все же нет сомнения в том, что через 10—15 лет мы будем лучше знать пути и механизмы взаимодействия клеток друг с другом; убедимся в том, что судьба клетки зависит не только от наследственного кода, но и от того, как она взаимодействует с другими клетками.

По мере появления функционирующих органов и систем еще в эмбриональном периоде все с большей силой как моделирующий фактор выступает функция органа или системы, стимулируемая внешним воздействием и внутренними взаимосвязями.

Параллельно со становлением систем и по мере увеличения количества клеток появляется первоначально

в малой степени регулирующая роль гуморальной среды. Затем, по мере созревания, к регуляторной и интегративной функции подключается нервная система. Нервная система в регуляции и интеграции на уровне целостного организма в состоянии проявить свою функцию в тесной связи с межтканевой жидкостью, которая включает в себя не только продукты метаболизма, но и медиаторы. Основываясь на том, что межтканевая жидкость и нервные окончания локализуются большей частью в зоне внутриорганной или межорганной соединительной ткани, В. В. Куприянов (1964) выдвинул идею о взаимном сотрудничестве нервных и соединительнотканых структур, о своеобразном нервно-соединительнотканном «симбиозе». Впоследствии он подтвердил свою точку зрения (В. В. Куприянов и Б. З. Перлин, 1971) и указал не только на функциональное единство, но также и на генетически и морфологически интимные их взаимоотношения.

Однако нервная регуляция существенно отличается от гуморальной хотя бы тем, что нервные окончания (это хорошо известно из литературных данных) не охватывают каждую клетку, а собирают информацию или передают сигналы тканям, органам или участкам, наиболее отличающимся от соседних как по функции, так и по строению. А. Г. Кочетков (1968), А. К. Макаров (1968) отмечают отсутствие нервных окончаний на обширных участках сухожилий (до 4—5 см по длине сухожилия), подвергающихся боковому сдавливанию. Эти зоны характеризуются уплотнением, гомогенизацией пучков сухожилия, повышенным содержанием кислых и нейтральных мукополисахаридов, полным отсутствием сосудов. Однако в зоне, переходной от локального давления к растяжению, нервные окончания появляются, а в зоне растяжения (сухожильные перемычки разгибателей пальцев) нервные окончания обильны и разветвляются в соответствии с направлением сухожильных пучков.

На увеличение и многообразие нервных окончаний в функционально активных структурах указывали многие как отечественные, так и зарубежные ученые. Все это свидетельствует об избирательности иннервации органов и тканей, о тесной функциональной связи нервной и гуморальной регуляции и интеграции в организме. Роль нейро-гуморального влияния с возрастом увеличивается и достигает своей совершенной формы к периоду поло-

вого созревания. Можно полагать, что моделирующая роль функции несколько ослабевает после прекращения роста. Это еще больше стабилизирует нейро-гуморальную регуляцию в зрелом и старческом возрасте, в то время как за функцией остается возможность поддержания тканей и систем в деятельном состоянии.

Таким образом, к наследственному фактору добавляется интеграция и управление или то, что мы сейчас называем регулированием с помощью жидкостей организма и нервной системы. Теперь уже бывшая первопричина выступает несколько в иной роли. На определенных этапах она уступает свое первенство другим и в онтогенезе не всегда сохраняет за собой роль первопричины.

Однако все эти причины (наследственные и регуляторные) как бы подготавливают ткани и органы к жизни в сложных условиях. Сама жизнь протекает в результате постоянного взаимодействия исторически сложившейся первопричины (в данном случае механического фактора) с живыми тканями органов, которые соответствующим образом реагируют на нее, но уже благодаря тонким регуляторным механизмам более дифференцированно. Эта тонкая дифференцированная реакция на действие механического фактора является стимулирующей не только для их усовершенствования, постоянного обновления опорных тканей, но также, и это очень важно, для усовершенствования регуляторных механизмов организма в целом, приобретения организмом новых потенциальных возможностей, которые способны закрепляться наследственно.

Итак, несмотря на то что механический фактор в онтогенезе периодами уступает более мощным факторам самоорганизации живой ткани, в конечном счете он остается чрезвычайно важной побудительной причиной в жизни, условием самоусовершенствования всякого живого организма и прежде всего его опорных тканей. Конкретные механические силы — не только физиологическое условие поддержания функции опорных органов и тканей на оптимальном уровне и более продолжительной жизни субъекта, но и основная причина самоусовершенствования регуляторных механизмов организма, создания оптимальных условий для растущих организмов, возможного закрепления и передачи лучших качеств по наследству.

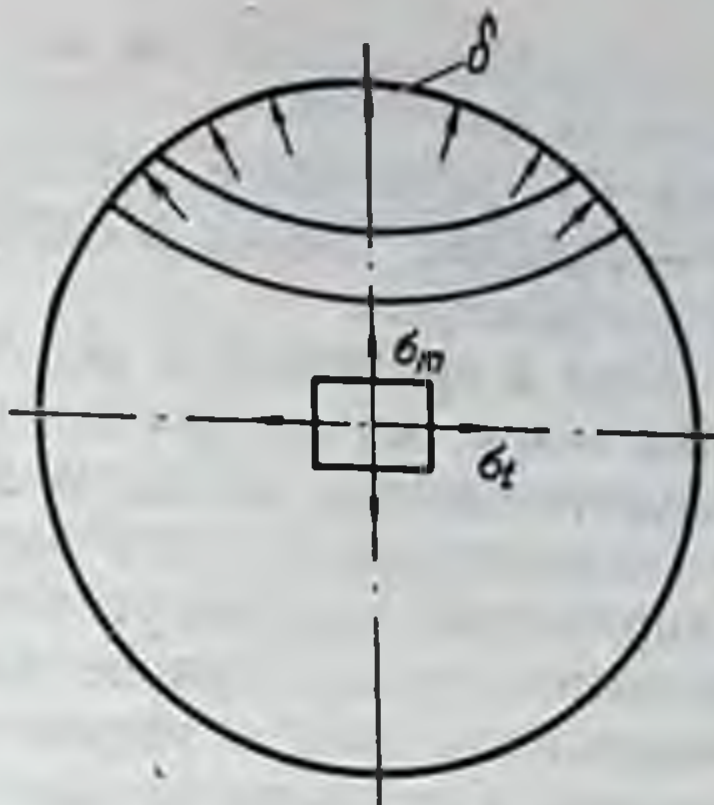
Следует всесторонне изучать действие механических факторов на опорные ткани и организм во всем их разнообразии и в разные возрастные периоды еще и потому, что в наш век замены физического труда умственным проблема борьбы с гипокинезией, которая пагубно сказывается на всем организме, становится весьма острой.

При изучении различных видов опорных тканей нас поражает разнообразие структур. Больше того, структура конкретного органа многократно меняется в разных его участках. Изменения структуры, особенно локальные, не всегда удается объяснить характером действия механического фактора как побудительной причины для ответной реакции организма. Уже одно это обязывает нас искать в каждом случае наряду с механической и другие причины изменения структуры, устанавливать совокупность причин, среди которых, конечно, будут главные и второстепенные, действующие в определенных, локальных зонах и в известной степени внешние и внутренние. Изучение строения фасций, сухожилий, связок и других элементов мягкого остова с позиции структурно-функциональной единицы и соответствующего методического подхода помогло нам в каждом случае установить наличие как главных, так и второстепенных факторов формообразования.

Для примера разберем влияние главных и второстепенных факторов на формирование фасций, сухожилий и связок. Так, для фасции основным фактором их формирования является сила бокового давления мышцы или любого другого органа. В понимании фасции и трактовке их функциональных структур мы исходим из того положения, что все органы окружены первоначально рыхлой соединительной тканью. В результате жизнедеятельности орган активно или пассивно воздействует на окружающую ткань, оказывая давление на нее изнутри. Это давление органа на окружающую соединительную ткань возникает при увеличении его в объеме (сокращение мышц, пульсация сосудов, секреция органов, меняющаяся степень кровенаполнения), изменении его первоначального положения (под влиянием сокращения мышц, под тяжестью самого органа, под действием внешних сил и т. д.). В результате такого давления в соединительной ткани возникают силы внутреннего напряжения. Если давление равномерно по всей плоскости окружающей соединительной ткани, то силы внутреннего напряжения

Рис. 52. Схема направления сил давления, действующих на стенку сферической оболочки (в идеальных условиях).

σ_m — меридиональное напряжение; σ_t — окружное напряжение; δ — толщина стенки.



согласно законам механики будут направлены взаимно перпендикулярно и иметь равную величину в любом направлении. При неравномерном давлении органа на соединительную ткань одна из сил будет преобладать.

К сожалению, теоретической биологии, которая должна заниматься не только клетками, но и тканями, органами, наконец, целостным организмом, еще не существует. Недавно возникшие и успешно развивающиеся бионика и биофизика не выходят за пределы клеток. Поэтому нам ничего не остается, как провести хотя бы отдаленную параллель между реакцией организма на механические воздействия согласно законам науки о сопротивлении материалов неживой природы. Такое сопоставление позволит нам лучше представить влияние сил давления органов на окружающую их рыхлую соединительнотканную клетчатку.

Представим себе шаровидный орган правильной формы, который способен производить равномерное давление во все стороны подобно газам на тонкостенную окружающую его оболочку. Согласно законам сопротивления материалов, давление газа будет вызывать возникновение напряжений в оболочке в двух взаимно перпендикулярных направлениях — меридиональном и окружном (рис. 52).

При этом меридиональное напряжение (δ_m) будет равно окружному напряжению (δ_t). Зная внутреннее давление, диаметр сферы и толщину стенки, можно высчитать величину напряжения, возникающего в стенке сферической оболочки, по формуле:

$$\sigma_t = \sigma_m = P \frac{D}{4\delta}.$$

где P — внутреннее давление в килограммах на 1 см^2 ; δ — толщина стенки в сантиметрах; D — диаметр сферы в сантиметрах.

Хотя в организме и нет органов, строго соответствующих шару, но по форме и действию на окружающую соединительную ткань многие органы можно сравнить с сектором шара, а по вызываемым силам внутреннего напряжения они могут быть приравнены к идеальным условиям, рассматриваемым наукой о сопротивлении материалов. Это — широкие мышцы, секторы отдельных органов и др. При изучении фасций или оболочек этих органов мы без труда улавливаем преимущественно взаимно перпендикулярное направление коллагеновых волокон. При этом коллагеновые пучки обоих направлений одинаково хорошо развиты.

Если шаровидных органов мало и они частично напоминают секторы шара, то гораздо чаще можно встретить цилиндрические органы или похожие на цилиндры. К ним можно отнести пищевод, кишечник, некоторые мышцы и сосуды. Известно, что в стенках цилиндра так же, как в стенке сферической оболочки, под действием внутреннего давления возникают напряжения, которые можно подсчитать по соответствующим формулам (рис. 53).

Формула напряжения в цилиндрической оболочке имеет следующий вид:

$$\sigma_t = P \frac{D}{2\delta}; \quad \sigma_m = P \frac{D}{4\delta}.$$

Таким образом, окружное напряжение δ_t в стенке цилиндра будет в 2 раза больше меридионального δ_m . В соответствии с этим в фасциях цилиндрических органов мы находим, что поперечно идущие волокнистые структуры гораздо сильнее развиты по сравнению со структурами, направленными вдоль оси органа.

Обращает на себя внимание, что наряду с этим основным слоем обязательно имеются дополнительные слои, расположенные по бокам от основного. Во всех случаях они развиты значительно слабее. Данный факт, как нам кажется, легко может быть объяснен тем, что в организме мы не имеем идеальных условий, для которых были выведены приведенные выше формулы. И прежде всего стенка сферы или цилиндра δ не абсолютно тонкая и

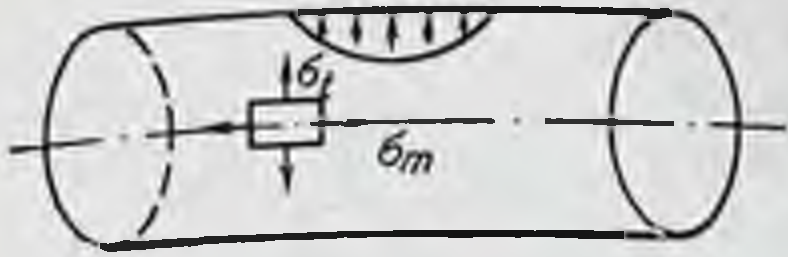


Рис. 53. Схема направления сил давления, действующих на стенку цилиндра (в идеальных условиях). σ_t — меридиональное напряжение; σ_r — окружное напряжение.

даже не однородна по своему материалу; если эта стенка была бы построена из однородного материала, то можно было бы вполне применить соответствующую формулу при известной ее толщине (рис. 54).

Обратимся опять к расчетам сопротивления материалов. Возьмем расчет толстостенной трубы, находящейся под внутренним давлением P . В этом случае окружное напряжение (σ_t) на расстоянии r от оси будет убывать по мере приближения к поверхности трубы, что видно из следующей формулы:

$$\sigma_t = \frac{Pa^2}{b^2 - a^2} \left(1 + \frac{b^2}{r^2} \right).$$

Значение радиального напряжения σ_r будет тоже уменьшаться по абсолютной величине до 0. Его можно рассчитать по формуле:

$$\sigma_r = \frac{Pa^2}{b^2 - a^2} \left(1 - \frac{b^2}{r^2} \right),$$

но оно имеет отрицательный знак.

Допущенная нами аналогия с законами науки о сопротивлении материала доказывает исключительную сложность формирования оболочек вокруг органов и в то же время помогает понять особенности и закономерности реакции организма и его конструктивные построения в ответ на внешние воздействия.

Мы не сделаем грубой ошибки, если при анализе структур будем пользоваться данной аналогией, а силы внутреннего напряжения рассматривать как побудительные причины, на которые соединительная ткань отвечает особой организацией. В основе этой реакции лежат изменения в клетках, а главное, разрастание волокнистых элементов в направлении действия сил напряжения. Следовательно, волокнистые структуры в фасциях должны взаимно перекрещиваться.

Для формирования именно фасций нужны не просто силы давления, а силы, постоянно меняющиеся по вели-

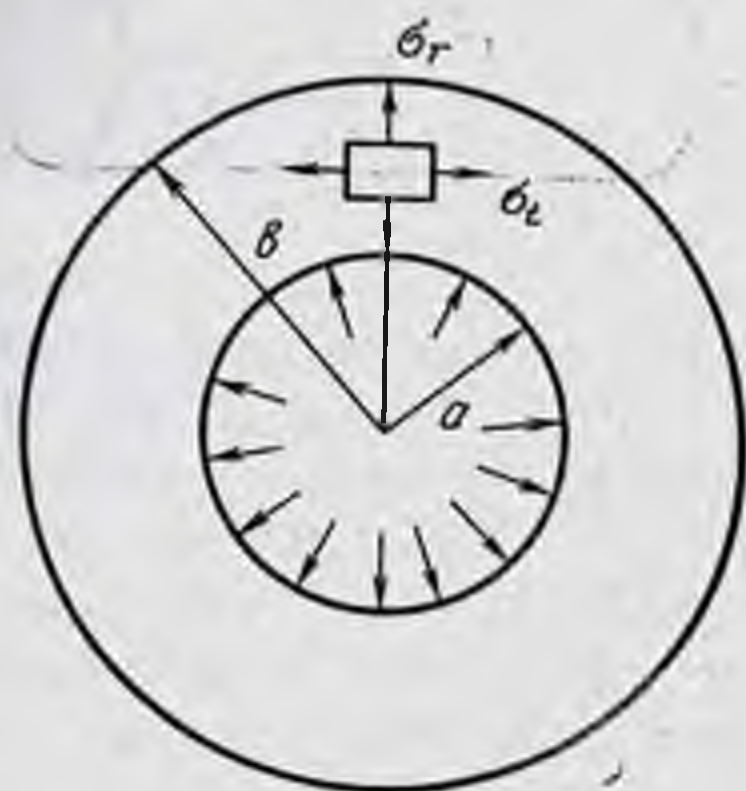


Рис. 54. Схема действия сил на толстую однородную стенку цилиндра.

σ_r — радиальное напряжение; σ_t — окружное напряжение; a — внутренний радиус; b — наружный радиус.

чине и направлению. Только они формируют эластические структуры, способные изменять свой объем в значительных пределах.

Чем больше сила давления на клетчатку со стороны мышц или другого органа, тем более плотная и прочная фасция формируется; чем чаще меняются величина и характер действия сил (главным образом направление), тем сложнее конструкция фасции, а ее элементы более подвижны. В связи с этим мы различаем рыхлые, плотные фасции и апоневрозы. Для формирования поверхностной фасции, подкожных соединительнотканых тяжей основное значение имеет также боковое давление, но исходящее преимущественно со стороны кожи и подкожной жировой клетчатки, а не от глубоких частей тела.

Степень развития подкожных соединительнотканых тяжей и поверхностной фасции зависит от давления на них кожи, подкожной жировой клетчатки и ряда других дополнительных факторов.

Там, где давление на кожу небольшое и оно мало меняется, обычно хорошо развита подкожная жировая клетчатка и поверхностная фасция. Последняя рыхло сращена с собственной и между ними всегда выявляется прослойка жировой клетчатки. К таким местам мы отнесли область большой грудной мышцы, плечо, предплечье, бедро, голень, живот, область спины и др. По функциональному состоянию и структурным особенностям им близки области сгибов: подколенная, локтевая, подкрыльцовая, паховая.

В области повышенного давления на кожу и подкожные соединительнотканые образования особенно силь-

ного развития достигают тяжи первого порядка, а поверхностная фасция так прочно срастается с собственной, что ее нельзя выделить как самостоятельный листок. Подобные отношения мы находим на подошве, ладони, седалищной части ягодичной области, над костными выступами локтевого, коленного, лучезапястного и голеностопного суставов, в области плечевого пояса и др.

Большое и более постоянное давление приводит не только к усилению соединительнотканых тяжей в подкожном слое, но и к развитию в нем жировой клетчатки. Она растягивает тяжи и кожу, чем обеспечивается упругость последней.

В местах, где давление менее постоянное, хотя и большое, т. е. где оно сочетается со значительными движениями, жировая клетчатка почти отсутствует, а в областях костных выступов в подкожной клетчатке образуются слизистые сумки.

Наши наблюдения позволили нам не только выявить основные факторы формирования поверхностной фасции, подкожных соединительнотканых тяжей, но и обосновать выделение их вместе с кожей в единый функционально-морфологический комплекс, причислив его к элементам мягкого остова.

Наряду с основными факторами формирования фасций и фасциальных образований имеются и дополнительные, не главные, действующие только в известных условиях, на ограниченных участках и т. д. Все их перечислить невозможно, но на некоторых необходимо остановиться.

Так, например, фасция в области большой грудной мышцы развита значительно слабее фасции дельтовидной мышцы, хотя по характеру своего воздействия на фасцию и силе обе мышцы стоят близко друг к другу. Такое различие объясняется наличием «гасящих моментов», под которыми мы понимаем подвижность фасции за счет соседних податливых участков тканей и органов. В результате фасция над увеличивающимся в объеме органом смещается вместе с органом и не испытывает в полной мере его давления. Подобные условия создаются там, где на большом протяжении фасция не имеет твердой опоры. И наоборот, если вблизи мышцы имеется сращение фасции с более твердой тканью (хрящом) или элементами костного скелета, то она становится очень прочной и плотной. Так, фасция передней группы мышц

голенн достигает хорошего развития благодаря прежде всего прочному сращению с большеберцовой и малоберцовой костями. Фасция этого участка развита даже лучше фасции бедра.

На степень развития фасции оказывают влияние не только мышцы, но и другие факторы. Например, фасция на разгибательной поверхности конечностей развита лучше, чем на сгибательной. Особенно утолщаются поверхностный или глубокий продольные слои, вследствие чего вся фасция становится толстой, плотной. Подобное утолщение фасции заметно на разгибательной стороне предплечья, в области мышцы, напрягающей широкую фасцию бедра, а также на разгибательной стороне плеча и т. д. Значительно усилен продольный слой широкой фасции бедра вблизи паховой связки. Однако здесь усиление продольного слоя идет не столько за счет растяжения фасции при движении конечности, сколько в силу тяги передней брюшной стенки, фасция и апоневрозы которых имеют тесный контакт с широкой фасцией бедра.

Фасция лучше выражена вблизи тех суставов, где концентрируются длинные сухожилия. При движении конечностей сухожилия сгибающих мышц занимают более короткий путь и поэтому отходят от костей и суставов, в результате чего создается большое боковое давление на фасцию. Данное положение, высказанное нами в 1964 г., было подтверждено экспериментально И. Ф. Солошенко, Э. Э. Шеппом и Г. Я. Фишером (1967) в области суставов передней конечности у собак. Экспериментально был установлен факт отхождения мышц и их сухожилий от костей плеча, предплечья и в области автоподий, высчитаны силы, с которыми указанные образования отходят от костей.

Соответственно величине сил имеются различия в строении фасциальных образований, в том числе и удерживающих связок. Так, над длинной головкой трехглавой мышцы в верхней трети плеча (место наибольшего отхождения мышцы от кости с незначительным смещением вверх) собственная фасция выражена хорошо и имеет крупные поперечные пучки основного слоя.

В нижней трети (место наибольшего смещения вверх и незначительного отхождения сухожилия от кости) собственная фасция рыхлая, слои ее легко смещаются относительно друг друга, а пучки основного слоя развиты

слабее аналогичных слоев в верхней трети плеча и не имеют строгой ориентации.

В области лучезапястного сустава наблюдается наибольшее отхождение сухожилия глубокого сгибателя пальцев от кости, что можно установить по формуле:

$$F_1 = F \cdot \sin \alpha,$$

где F — сила сокращающейся мышцы, которую приближенно можно характеризовать на основе физиологического поперечника.

В соответствии с развиваемой силой бокового давления формируется мощная удерживающая поперечная связка: коллагеновые пучки основного слоя связки достигают 200—250 мк, а толщина самой связки — до 1000 мк и более.

На автоподии наибольшее отхождение сухожилия сгибателей от кости отмечается в области пястнофалангового сустава. Именно в этом месте развивается мощная кольцевидная связка шириной 8—10 мм и толщиной 300—500 мк. Больше того, структура связки не везде одинакова. На участке, где выражено наибольшее действие сухожилия (в среднем отделе со стороны непосредственного контакта сухожилия со связкой), связка имеет плотную гомогенную структуру со слабо контурирующими поперечными пучками. В боковых отделах связка состоит из более рыхло расположенных коллагеновых пучков, вплетающихся в надкостницу.

Во всех этих случаях в противодействие давлению мышцы или сухожилия формируются мощные слои поперечных пучков. Фасция в этих местах приобретает определенную, подчеркнутую структуру и достигает большой прочности. В отдельных местах она настолько утолщается, что можно искусственно выделить участки, подобные связкам. Таковы поперечные и удерживающие связки вблизи суставов. Они локализуются в местах самого большого давления и костных выступов, к которым прикрепляются. Если силы давления действуют в одном направлении, то формируется одна связка. Если же силы давления исходят из разных источников, территориально разделенных, и имеют разное направление, то формируются две связки и более.

Так, например, в области лучезапястного сустава человека все сухожилия при сгибании пальцев и кисти давят на фасцию в одном направлении. В ответ форми-

руется одна удерживающая сухожилие сгибателей связка, которая является разросшимся утолщенным слоем фасции предплечья.

В области голеностопного сустава сухожилия передней большеберцовой мышцы действуют на фасцию в одном направлении, а сухожилия разгибателей пальцев — в другом. В направлении каждой из этих сил идет формирование усиливающих фасцию пучков, которые между собой перекрещиваются. В результате удерживающие связки в области голеностопного сустава имеют сложную структуру.

Формирующее влияние сухожилий на фасцию возможно только при боковом их смещении. Если же сухожилие смещается по оси действия мышцы, то развивается рыхлая ткань, не препятствующая его смещению.

Там, где сухожилия по отношению к фасции мало смещаются, между ними образуется сращение. Например, фасция локтевого сгиба срастается с сухожилием двуглавой мышцы плеча, фасция задней поверхности плеча — с сухожилием трехглавой мышцы, фасция предплечья — с проксимальными сухожилиями разгибателей пальцев и т. д. Чаще всего происходит сращение фасций с проксимальными сухожилиями, над которыми фасция меньше смещается. В этих участках фасция истончается, часто теряет характерную для нее структуру и только потому, что здесь она перестает выполнять свою функцию, так как почти не испытывает бокового давления мышцы. Это давление принимает на себя мощное сухожилие. В отдельных местах фасция вообще не возникает — давление мышцы принимают на себя неподатливые костные стенки.

Все эти примеры далеко не исчерпывают факторов, оказывающих влияние на формирование фасций, но убедительно показывают, что большое многообразие фасций обуславливается не только различным влиянием формирующих органов, но и множеством дополнительных причин.

Связки и сухожилия формируются подобно фасциям из рыхлой соединительной ткани, однако условия их образования несколько иные. Если фасция формируется вокруг каждого органа под влиянием бокового давления, то сухожилия и связки возникают под действием силы тяги или растяжения. В связи с этим для фасции не обязательно наличие внешних точек опоры. Они могут возникать в самих элементах фасции. Сухожилия же фор-

мируются только при наличии одной точки, а связки — двух точек опоры на соседних органах. Это приводит к тому, что силы, формирующие сухожилия и связки, всегда более однородны и имеют почти параллельное (слегка сходящееся или расходящееся) направление. Поэтому все сухожилия и связки состоят из продольных или косо расположенных коллагеновых пучков, более или менее связанных между собой.

Каждый мышечный пучок формирует свое сухожилие. В связи с тем что в разных мышцах составляющие их мышечные пучки многообразны по величине и направлению, первоначальное формирование сухожилий не у всех мышц одинаково. Если мышца состоит из параллельных и одинаковых по длине пучков, то линия перехода мышцы в сухожилие почти прямая и проходит под прямым углом к направлению мышечных пучков. Если же мышца одно- или двуперистая, то сухожилие начинает формироваться в толще мышечного брюшка и слагается первоначально из небольшого количества коллагеновых пучков. Постепенно, по мере нарастания прикрепляющихся к сухожилию мышечных пучков, оно достигает полного формирования.

В связи с этим для удобства описания и характеристики сухожилия мы различаем внутримышечную и внешнюю части сухожилия. Под внутримышечной частью мы понимаем тот отрезок сухожилия, который формируется лишь частью мышечных пучков. В формировании внешней части сухожилия принимают участие все мышечные пучки данной мышцы. Внутримышечное сухожилие не обязательно располагается в толще брюшка. В отдельных случаях оно может находиться на его поверхности, как это часто бывает у одноперистых мышц.

Основными формирующими моментами для сухожилий являются сила тяги мышц или сила смещения костей относительно друг друга (для связок), а также направление этих сил.

Помимо основных факторов в формировании связок и сухожилий, большую роль играют дополнительные факторы. К ним можно отнести влияние костных и фиброзных блоков, боковое давление твердых тканей (соседних сухожилий, хрящей, костей). В области указанных образований сухожилия или связки испытывают влияние дополнительных сил, которые изменяют их строение, характер связи пучков между собой, направление волокон

и форму сухожилия или связки. В этих местах меняется характер кровоснабжения и иннервации указанных образований.

Наряду с круглыми выделяют плоские сухожилия (часто называемые не совсем удачно апоневрозами), которые следует отличать от апоневрозов в истинном значении этого слова. Последние функционируют не только как сухожилия, но и как фасции.

Во всех случаях плоские сухожилия по своему строению существенно отличаются от фасции. Их формирование идет преимущественно в результате направленной тяги мышц и возможно при наличии только одной точки фиксации. В направлении этой тяги от точки фиксации к мышце оформляются коллагеновые пучки. Степень их выраженности, взаимосвязь их друг с другом зависят от силы тяги и характера ее проявления. Чем больше эта сила, тем грубее и толще пучки, а чем однороднее сила по направлению, тем более тесно связаны пучки плоского сухожилия друг с другом.

Если плоское сухожилие широкое и одновременно выполняет еще функции фасции, то наряду с силой тяги мышцы на него действует боковое давление со стороны прилежащих органов. Боковое давление изменяет характерные черты сухожилия, разнообразит его строение, причем структура сухожилия становится более сложной. Вследствие бокового давления продольные коллагеновые пучки уплощаются и удаляются друг от друга. Это в свою очередь приводит к возникновению слоя поперечных пучков, которые противодействуют расхождению пучков сухожилия. Тем самым в сухожилии появляются черты строения, присущие фасции. Таковы подвздошно-большеберцовый тракт, ладонный, подошвенный апоневрозы и др. Но как бы они ни приближались по своей структуре к фасциям, они все же остаются апоневрозами, так как преимущественное направление тяги мышцы во много раз больше бокового давления. Это и определяет специфику их строения; продольные пучки по-прежнему грубые, достигают значительных размеров и направлены соответственно преобладающей силе. Поперечные пучки укрепляющего слоя апоневроза развиты во много раз слабее, а местами совсем отсутствуют. Они чаще всего расположены с противоположной стороны действия боковой силы давления. Эластические волокна в пучках слабо развиты, повторяют их изгибы, но в окру-

жающей рыхлой клетчатке их много и они формируются в причудливые сплетения. На основании этой картины строения их легко отличить от любой фасции.

Таким образом, во всех случаях при анализе структуры фасции, апоневрозов, связок, сухожилий и других элементов мягкого остова убеждаешься в том, что ориентировка основных коллагеновых пучков и эластических волокон строго соответствует направлению действующих сил, а степень их развития — величине этих сил.

Несмотря на то что степень развития элементов мягкого остова в основном соответствует величине силы, его формирующей, проверка абсолютных показателей прочности сухожилий, связок и др. поражает большим запасом прочности [42, 84, 181, 213, 214, 215, 225, 258, 290].

Избыточная прочность имеется не только в элементах мягкого остова, но и в костях, сосудах и во всех других органах и тканях. Надо полагать, что инерция в обмене веществ и пластических свойствах после прекращения действия возбуждающего фактора приводит к созданию таких структур, которые способны вынести нагрузку гораздо значительнее той, которая явилась побудительной для их возникновения. Это условие выполняется, конечно, только в том случае, когда повышающиеся требования не превосходят предела прочности.

Инерция в обмене веществ, а следовательно, возрастание избыточной прочности тем больше, чем менее интенсивно в обычных условиях для данной ткани совершается обменный процесс. Только поэтому в костях и сухожилиях больше избыточной прочности, чем в других тканях. опыты А. К. Макарова с испытанием сухожилия на разрыв показали, что плотные бессосудистые участки сухожилий оказываются более прочными, чем соседние, хорошо кровоснабжаемые.

Изучение устройства элементов мягкого остова, основных и дополнительных факторов в их формировании помогло нам более четко представить не только составляющие компоненты мягкого остова, расширить их круг, но и установить различия и соподчиненность их.

Так, изучая структуру фасции, мы установили общий план их строения. Оказалось, что все фасции, где бы они ни были, состоят всегда из взаимно перекрещивающихся волокон и пучков. Такое их устройство определяется воздействием органа на окружающую его клетчатку. При этом фасция возникает только при боковом воздействии

на клетчатку. Боковое давление на соединительную ткань вызывает в самой соединительной ткани силы внутреннего напряжения. В ответ на эти силы внутреннего напряжения разрастаются волокнистые структуры. В этом единство и различие фасций между собой. С одной стороны, все фасции состоят из взаимно перекрещивающихся волокон и пучков, а с другой — пучки эти, как и силы, вызвавшие их к жизни, не одинаковы в своем развитии и расположении. В одних случаях преобладают силы, направленные поперечно к длинной оси органа. Тогда в покрывающей орган фасции наиболее развитым оказывается один слой. Он вполне может быть принят за основной. Однако имеются силы внутреннего напряжения, идущие и по направлению длинной оси органа. В соответствии с их величиной развиваются другие слои фасции — с продольным расположением коллагеновых пучков. По своему развитию эти слои заметно уступают среднему, основному, и вполне соответствуют силам, их породившим.

Если же силы внутреннего напряжения равны между собой, то в соответствии с этим возникают волокна и пучки, равные по величине, но не одинаковые по направлению.

По структурным особенностям мы выделяем несколько групп фасций:

1) фасции над широкими мышцами с веерным расположением мышечных пучков, основной слой которых состоит из примерно одинаковых коллагеновых пучков, перекрещивающихся под прямым или близким к нему углом;

2) фасции над мышцами с параллельным расположением мышечных пучков, основной слой которых состоит из пучков одного направления;

3) фасции, у которых основной слой состоит из двух слоев коллагеновых пучков, но один из них выражен лучше.

Различия в фасциях определяются не только величиной создающей силы, но и характером ее проявления. Показательны в этом отношении условия формирования поверхностной фасции и вариантов ее строения, а также фасций сгибов, что дало право нам выделить в специальную группу фасции сгибов, а в поверхностной фасции различать пучковую и войлочнообразную формы строения.

Термином «апоневроз» мы обозначаем такие широкие плоские сухожилия мышц, которые одновременно выполняют и функцию фасции, т. е. принимают на себя боковое давление других мышц или органов. Это роднит их по структурной организации с фасциями, но качественно они остаются сухожилиями. Таковы подвздошно-большеберцовый тракт, ладонный и подошвенный апоневрозы и др.

Характерной особенностью фасций является то, что они всегда отделены щелью, заполненной более или менее рыхлой клетчаткой, от органа, который явился причиной возникновения указанной фасции. Наличие указанной щели, обеспечивающей свободу смещения органа по отношению к фасции, говорит о проявлении действия формирующих сил и о характере взаимоотношения органа и фасции. Кроме того, сама фасция способна растягиваться и тем допускает смещение органа в еще больших пределах. Как правило, смещения эти достигают значительного диапазона, благодаря чему плотность фасций зависит не только от диапазона смещения органа и силы его бокового давления, но и от прочности крепления фасции на костях или других твердых опорах. Если такой твердой опоры не будет, то фасция останется рыхлой, но многослойной. Многочисленные слои фасции (до 30—40) берут на себя функцию гашения силы натяжения и функцию опоры соседних слоев.

Эта особенность фасций, раскрывающая их взаимоотношения с покрываемым органом, существенно отличает их от весьма схожих с ними оболочек органов, к которым следует отнести и надкостницу с надхрящницей. Указанные образования, подобно фасциям, формируются воздействием органа на окружающую его клетчатку. Под влиянием бокового давления органа в окружающей соединительной ткани возникают силы внутреннего напряжения, в большинстве своем направленные взаимно перпендикулярно. Под действием подобных сил и создаются оболочки с соответствующим направлением коллагеновых пучков. Однако между фасциями и оболочками имеется существенная разница. Эта разница отражается на структуре и последовательно закрепляется. Она сводится, во-первых, к тому, что большинство органов мало меняет свой объем в процессе функции. Или, если их объем существенно меняется, то нарастание его идет медленно, что не способствует созданию мощных проти-

водействующих структур. В связи с плавностью изменения объема органа оболочка его почти не смещается по отношению к самому органу и вследствие основного закона, характерного для соединительной ткани, начинает интимно срастаться со стромой органа. Это сращение еще в большей степени ограничивает функцию оболочки и делает ее более слабой. Во-вторых, по своему строению, функциональной активности и биологической среде паренхиматозные органы существенно отличаются как друг от друга, так и от окружающей среды. Оболочки органов, не имея преимуществ перед фасцией как механические футляры, являются биологическими мембранами, которые существенно отличаются от фасции и по степени выраженности, и по своей структуре. Таковы, например, оболочки мозга, глаза, яичка, сердца и др.

Изменение направления действия силы приводит к иной реакции клеточных и волокнистых элементов соединительной ткани, что показали в своих исследованиях Glücksmann (1942), Krompacher, Toth (1965).

Сейчас мы уже можем смело сказать, что изменения формообразующей реакции соединительной ткани зависят не только от величины и направления силы, но и от характера ее действия (темпа нарастания силы, прерывистости действия, диапазона изменения величины силы и т. д.). Во всех случаях реакция начинается в клеточных элементах и закрепляется в волокнистых структурах соединительной ткани. Например, в тех случаях, когда на соединительную ткань действует не сила бокового давления, а растягивающая сила, создаются структуры, коренным образом отличающиеся от фасции. Их характерной особенностью является обильное развитие коллагеновых и эластических волокон, группирующихся в крупные пучки, расположенные в направлении действия силы. Ввиду однородности растягивающих усилий соединительнотканые пучки располагаются компактно и параллельно друг другу, иногда в несколько рядов. Так формируются новые виды опорных тканей: связки и сухожилия.

Подобно фасциям и оболочкам органов, связки относятся к плотной соединительной ткани. Они возникают между костями в результате смещения (соскальзывания) их относительно друг друга или удаления друг от друга. Так как всякому смещению костей или их расхождению препятствуют мышцы и сухожилия, то связки, как прави-

ло, формируются на стороне, лишенной мышц, или там, где мышцы не в состоянии воспрепятствовать расхождению сочленений и суставов.

Эксперименты на анатомическом материале, рентгенологические данные о движениях в суставах, изучение объема и характера движения в разных возрастных группах и на спортсменах убедили нас в том, что при активных движениях связки не играют существенной роли в ограничении движения и их нельзя относить к тормозам движения. Активное движение начинается действием сокращающихся мышц и останавливается противодействием другой группы мышц, являющихся в этом случае антагонистами. Участие связок в активных движениях проявляется при смещениях костей относительно друг друга и преимущественно на той стороне, где отсутствуют мышцы. Хорошим примером в этом отношении может служить коленный сустав. Боковые связки коленного сустава ограничивают боковые смещения костей, а крестообразные — передне-задние.

При пассивных движениях в условиях исключения активной функции мышц связки наряду с мягкими тканями сустава и сухожилиями мышц являются пассивным тормозным аппаратом, способствующим остановке движения в пределах суммарной их прочности. Это все определяет собой степень развития связок, их локализацию и устройство.

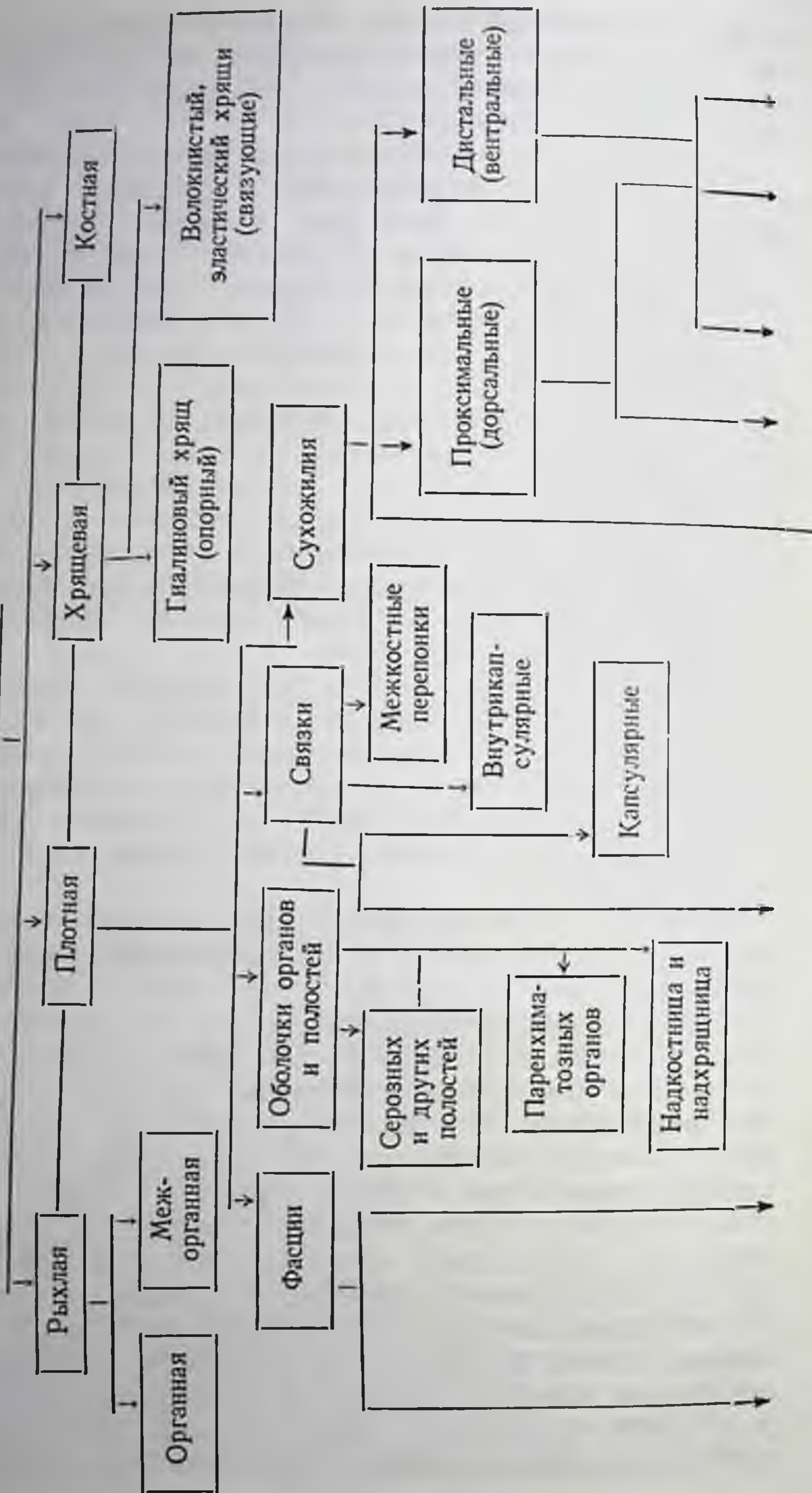
Примерно такую же роль выполняют межкостные перепонки. В зависимости от растягивающей силы и особенностей точек их прикрепления связки и межкостные перепонки могут быть мощными или слабыми, плоскими или круглыми. Изменение формы связок зависит и от локализации. Так, связки, возникшие в результате утолщения фиброзного слоя капсулы, в условиях бокового их придавливания бывают обычно плоскими, а сформированные вдали от нее — более округлой формы.

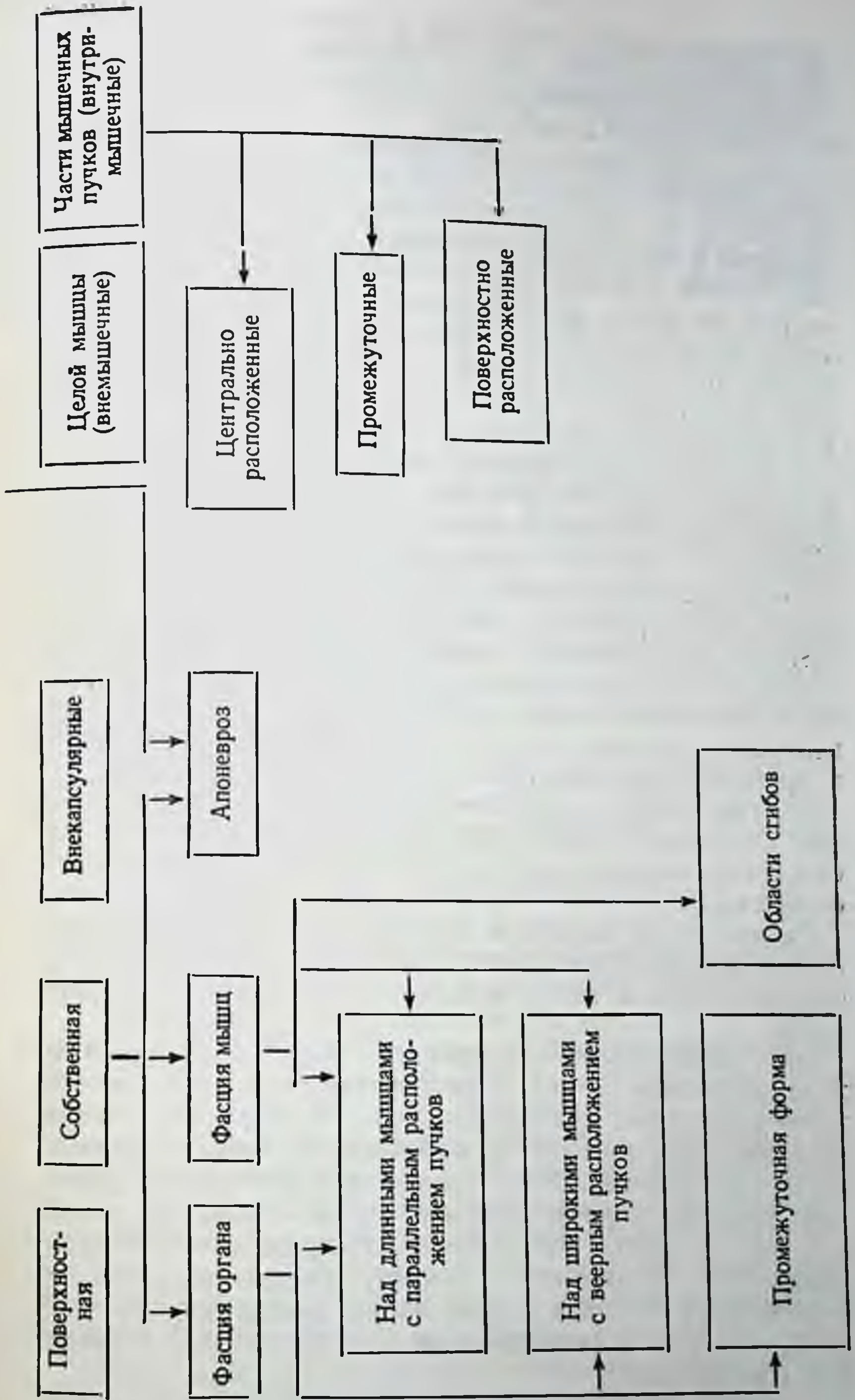
На основании всего сказанного выше мы предлагаем различать межкостные перепонки (куда входят и швы до периода их синостозирования) и связки — внекапсулярные, капсулярные и внутрикапсулярные. Внекапсулярные связки находятся на известном расстоянии от фиброзной капсулы сустава; капсулярные — результат утолщения фиброзной оболочки капсулы сустава, а внутрикапсулярные формируются самостоятельно и рас-

КЛАССИФИКАЦИЯ ОПОРНЫХ ТКАНЕЙ

Схема 2

Соединительная ткань





полагаются между фиброзной и синовиальной оболочками капсулы сустава. Такая градация связок, помимо структурно-функциональных особенностей, подчеркивает их практическую значимость.

Сухожилия мышц весьма разнообразны по своей форме и строению. В связи с этим их классификация сложна (схема 2). Прежде всего следует различать проксимальные и дистальные сухожилия (у некоторых мышц — дорсальные и вентральные). Основываясь на том, что мышца не может функционировать, не имея точек крепления на концах ее мышечных волокон, мы предлагаем выделять сухожилия целой мышцы и части мышечных пучков или мелких мышц, даже таких, как мимические или мышечные элементы внутренних органов.

Сухожилие целой мышцы формируется не сразу, так как даже у широких и плоских мышц длина мышечных пучков и их расположение неодинаковы. Поэтому всегда начальный отрезок сухожилия формируется только частью мышечных пучков. Внутримышечная часть сухожилия имеет разную структуру и выраженность в зависимости от количества мышечных пучков, переходящих в него, и их расположения в пространстве. На этом основании внутримышечное сухожилие мы подразделяем на центрально расположенное, поверхностно расположенное и промежуточное. Центрально расположенное, как правило, округлое, а поверхностно расположенное — плоское. Указание на место расположения внутримышечного сухожилия подчеркивает его структурно-функциональные особенности.

Разнообразие структур связок и сухожилий определяется концентрацией или рассредоточением силы, их формирующей, а также действием дополнительных факторов.

Дальнейшее уплотнение опорных тканей больше связано с давлением на них, в результате чего формируются такие структуры, как хрящ, кость. По мере нарастания давления эластический и волокнистый хрящ уступают место гиалиновому. Если первые два выполняют функцию удержания расходящихся частей (позвонки, кости и т. д.), то третий, гиалиновый хрящ, противодействует сближению тех органов и костей, между которыми он формируется. В связи с этим мы рекомендуем различать хрящ связующий (волокнистый и эластический) и опорный (гиалиновый).

Для структурно-функциональной характеристики костей у нас еще мало данных, хотя безусловно устройство страница будущих исследований.

В этой классификации отсутствует жировая ткань. Мы не считаем целесообразным выделять ее в отдельную группу, так как она представлена почти во всех видах соединительной ткани и имеет несколько иное назначение.

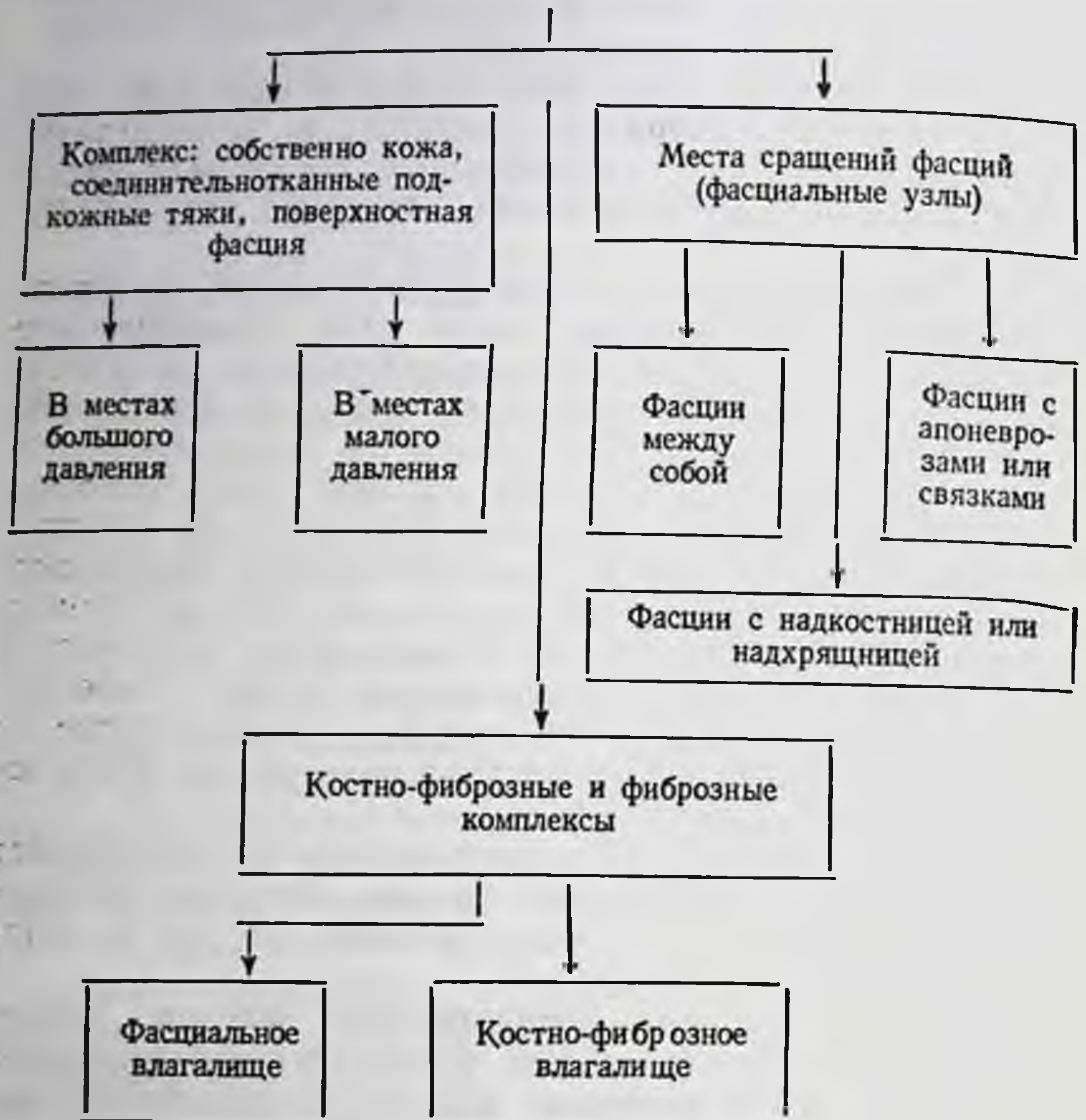
Все многообразие элементов мягкого остова, представленное в классификации, имеет свои специфические структурные и функциональные особенности, на основании которых их легко отличить от других и выявить только им присущие черты. В свою очередь такое четкое разделение указанных элементов мягкого остова помогает установить конкретные причины формирования каждого из них и изменимость их в течение жизни. Безусловно, это также поможет разобраться во всей сложности устройства опорных тканей. Только четко разграничив и разделив элементы мягкого остова, можно установить связь между ними, выявить главные, объединяющие их черты, установить общие морфологические и функциональные особенности.

И все же приведенная классификация не исчерпывает всего разнообразия опорных тканей, особенно образуемых ею функционально единых комплексов, два из которых представлены на схеме 3.

Особая конструкция поверхностной фасции, тесная связь ее с собственно кожей и подкожными образованиями послужили причиной выделения соединительно-тканного комплекса: кожа — подкожные соединительно-тканые тяжи — поверхностная фасция. В зависимости от условий внешнего давления на кожу существенно меняется структура и выраженность всего комплекса: кожа — подкожные соединительно-тканые тяжи — поверхностная фасция. В местах повышенного давления и незначительного смещения сильно развиты соединительно-тканые тяжи, а поверхностная фасция срастается с собственной и практически не существует как самостоятельная единица. В местах малого давления поверхностная фасция выражена хорошо и связана с собственно кожей умеренно развитыми тяжами.

В отдельную группу опорного комплекса следует выделить места сращения фасции (фасциальные узлы). Сра-

ОПОРНЫЙ СОЕДИНИТЕЛЬНОТКАННЫЙ КОМПЛЕКС



щение фасций, как всякой соединительной ткани, происходит в условиях соприкосновения и относительного покоя. Различают сращение фасций между собой, фасций с апоневрозами или связками, фасций с надкостницей или надхрящницей. Во всех случаях одно из образований выполняет опорную функцию для другого и в этом отношении правомерно такие участки называть фасциальными узлами.

Фасции всегда образуют футляры вокруг органов. Однако в тех случаях, когда орган прилежит к твердой стенке, фасция дополняет твердую опору. На этом основании следует различать фиброзные и костно-фиброзные

комплексы. Такие комплексы возникают в результате сращения фасций между собой и надкостницей. Обязательным компонентом подобных комплексов является клетчатка, заключенная внутри комплекса. В связи с этим целесообразно отдельно рассматривать фасциальное влагалище, костно-фиброзное влагалище.

Различия существуют не только между отдельными видами опорных тканей и их комплексами, но и внутри однородных групп.

Всякие изменения структур в онтогенезе (функциональные или возрастные) суть адаптационные перестройки данного организма.

Поэтому для того чтобы приблизиться к пониманию механизмов формообразования, необходимо прежде всего выявить структурно-функциональные параллели как в филогенезе, так и, что особенно важно, в онтогенезе.

До сих пор мы обращали внимание на причины формообразования опорных структур, различая главные и второстепенные факторы этих преобразований. Однако адаптационные изменения этим не исчерпываются. Они протекают всю жизнь и не только в связи с меняющейся функцией (нагрузкой), а также в соответствии с возможностями самого организма качественно отвечать перестройкой морфологических структур на то или иное воздействие. Именно в этом и проявляются возрастные изменения. Иначе говоря, возрастные изменения характеризуются широким диапазоном реакции организма на одно и то же воздействие, характерной только для данного индивидуума в конкретном возрастном периоде. Именно в этом кроется сложность для морфолога получить в чистом виде возрастные изменения для данного вида ткани в конкретных условиях одного целостного организма. Как правило, мы располагаем результатами как возрастных изменений, так и индивидуальных отклонений и функциональных изменений. Это, безусловно, осложняет анализ и получение достоверных данных. И тем не менее в известных пределах можно дифференцировать возрастные и функциональные изменения, что легче удастся делать на разных видах опорной соединительной ткани одного возраста. Так, у новорожденного в более плотных фасциях, сухожилиях, связках отмечается большая морфологическая зрелость клеток, коллагеновых и эластических волокон. Можно полагать, что ускоренное созревание указанных компонентов в какой-то степени

связано с началом функциональной активности еще в эмбриональном периоде, так как сокращение мышц наблюдается задолго до рождения. Однако слабо выраженные различия в организации и зрелости компонентов фасций, сухожилий на протяжении органа указывают, с одной стороны, на незначительность формообразующего влияния функции в раннем периоде, а с другой — на дифференцировку клеток и созревание волокнистых структур в результате наследственных свойств ткани и межклеточного взаимодействия. Наоборот, в старческом возрасте в связи с угасанием функции в большей степени проявляются возрастные изменения, выражающиеся в дегенеративных процессах как в клетках, так и в межклеточном веществе. Нормальное функционирование в этих условиях приводит к разрастанию структур вследствие недостаточной их полноценности.

Таким образом, мы никогда не находим ни возрастные, ни функциональные изменения в чистом виде.

Выявленные общие закономерности в строении опорных тканей, в том числе и костной, а также установление причин, влияющих на их изменчивость, открывают пути воздействия на опорную ткань. Однако многие попытки в экспериментах получить желаемые изменения в опорной соединительной ткани кончаются или неудачами, или регистрацией таких общих изменений, которые меньше всего адекватны характеру эксперимента.

Так, мы производили ампутацию конечности, денервировали мышцы, снимали опорную функцию иммобилизацией конечности у половозрелых и растущих животных на короткие и длинные сроки (до года) и не могли отметить значительных изменений в фасциях, возможно, в силу ограниченных возможностей приводимых методов.

Но, по-видимому, избранные экспериментальные модели не полностью выключают функцию фасции или устойчивость фасции как органа так велика, что нужно применять более сильное и продолжительное нарушение функции изучаемого органа. Для проверки этого положения мы провели изучение суставов, связок и окружающей соединительной ткани и поставили ряд экспериментов по влиянию индивидуально дозированной физической нагрузки на организм и отдельно на сустав.

Изучение суставов, связок, изменений объема движений в суставах показало пути возможного воздействия на них. Однако гораздо легче добиться функционального

эффекта, чем структурной реорганизации соединительной ткани и других компонентов суставов. И все же как данные литературы, так и эксперименты, проводимые нами по влиянию индивидуально дозированной физической нагрузки, убеждают нас в перспективности и необходимости дальнейшего поиска путей и оптимальных методов воздействия для получения нужных результатов.

Изучение соединительной ткани, особенно опорной, является делом очень трудоемким. Еще сложнее найти эффективные пути воздействия на нее. Многие исследователи безуспешно пытались проследить ее изменения в условиях разнообразных и иногда остроумных экспериментов. И если в эксперименте можно воздействовать на мышечную, сердечно-сосудистую, эндокринную и даже нервную систему и уловить современными методами исследования проявляющиеся в них изменения, то соединительная ткань остается «невозмутимой». Может быть, поэтому многие приобретенные в результате целенаправленного воздействия на организм свойства через некоторое время угасают и организм возвращается к своему исходному состоянию. Трудно изменять соединительную ткань, среду, в которой живут и функционируют органы, но когда мы научимся это делать, то многие вопросы воздействия на здоровый и больной организм могут быть решены. Уверенность в этом — источник сил и настойчивости исследователей, занимающихся изучением соединительной ткани.

ЛЮБЕРГ
И. П. Д.
и другие
уже и другие
.08 .1

1. *Авдюничева Л. И.* Экспериментально-морфологическое исследование влияния функции мышц на рост и строение костей передней конечности. АГЭ, 1964, 46, 3, 54.
2. *Айзенштейн И. М., Хайкина Б. Г.* О барьерной функции оформленных листков соединительной ткани. Тезисы докладов I-й научной конференции морфологов республик Средней Азии и Казахстана. Сталинабад, 1960, 26.
3. *Алексеева Г. В.* Кислые мукополисахариды соединительной ткани куриного эмбриона в норме, при введении 6-метилтиоурацила и тиреоидина. Автореф. дисс. канд. Новосибирск, 1963.
4. *Амосова Н. Р.* Регенерация сухожилий при различных экспериментальных условиях. АГЭ, 1958, 35, 6, 90.
5. *Аникина Т. И.* О топографии фасций и клетчаточных пространств лица. Труды I Московского медицинского института им. И. М. Сеченова, 1959, IX, 124.
6. *Аникина Т. И.* Классификация фасций и клетчаточных пространств глазничной области. В кн.: Фасции и клетчаточные пространства человека (макро- и микроскопические исследования). Труды I Московского медицинского института им. И. М. Сеченова, 1964, 20, 73.
7. *Аничков Н. Н.* Ретикулоэндотелиальная система и тканевой обмен в свете гистофизиологических исследований (по исследованиям, проведенным в СССР за 20 лет). Арх. пат. анатомии, пат. физиологии, 1937, 3, 6, 20.
8. *Анохин П. К.* Системогенез как общая закономерность эволюции функции. Тезисы докладов 2-го научного совещания по проблемам эволюции физиологии. Л., 1959, 8.
9. *Ансеров Н.* О сравнительном значении мышц и связок как тормозов суставов. Азербайджанск. мед. ж., 1935, 1 (37), 65.
10. *Артамонова А. И.* Гистологическое исследование результатов замещения дефектов сухожилия кролика различными пластическими материалами. Бюлл. exper. биол. и мед., 1959, 47, 1, 79.
11. *Астанин Л. П.* Возрастные изменения микроструктуры коротких трубчатых костей кисти человека. Изв. Акад. пед. наук РСФСР, 1951, 35, 117.
12. *Ахундова А. А.* Средние и крайние формы индивидуальной изменчивости менисков и крестообразных связок коленного сустава, их кровоснабжение у новорожденных. Сборник работ Казахского республиканского научного общества анатомов, гистологов и эмбриологов. Алма-Ата, 1960, 2, 14.
13. *Баланин Ф. С.* Некоторые морфологические данные изменений строения соматических мышц млекопитающих при экспериментальном воздействии. АГЭ, 1955, 32, 1, 36.

14. *Баланчук О. В.* Материалы по гистологии углеводов и белков в тканях плаценты человека. Автореф. дисс. канд. Новосибирск, 1967.
15. *Барон М. А.* Макро-микроскопия висцеральной брюшины кишечника человека. Труды III Московского медицинского института. М., 1939, 1, 3.
16. *Белокуренок С. П.* Нервы фиброзной капсулы почки человека и некоторых млекопитающих животных. Автореф. дисс. канд. Донецк, 1965.
17. *Беленький В. Е.* Распределение нагрузки и напряжений по структурным элементам верхнего эпифиза бедра. В кн.: Актуальные вопросы клиники и лечения ортопедо-травматологических больных. Киев, 1965, с. 159.
18. *Берлин Л. Б.* Гистохимическое изучение гликогена в коже человека при регенерации и трансплантации. Докл. АН СССР, 1958, 123, 1, 179.
19. *Берг Л. Г.* Введение в термографию. Изд. АН СССР, 1961.
20. *Боброва Г. Е., Кузнецова Н. М., Ломакина Л. И., Миронова А. А., Морозова Т. Д.* Материалы к архитектонике соединительнотканых образований. Тезисы докладов 6-го Всесоюзного съезда анатомов, гистологов и эмбриологов. Киев, 1958, с. 557.
21. *Богдановский С. Т.* О непосредственном сращении сухожилий. Дисс. докт. СПб., 1868.
22. *Богомолец А. А.* Физиология соединительной ткани. Киев, 1941.
23. *Божкова В. П., Бойцова Л. Ю., Ковалев С. А., Миттельман Л. А., Чайлахян Л. М., Шаровская Ю. Ю., Шильянская Э. Н.* Высокая проницаемость контактных мембран — возможный механизм межклеточного взаимодействия. В кн.: Г. В. Лопашова «Межклеточные взаимодействия в дифференцировании и росте». М., 1970, с. 183.
24. *Бокий Г. Б., Порай-Кошиц М. А.* Рентгеноструктурный анализ. М., 1964, с. 1.
25. *Борисевич А. И.* К морфологии передней продольной связки позвоночного столба человека. В кн.: Материалы 4-й научной конференции по возрастной морфологии, физиологии, биохимии. М., 1963, с. 20.
26. *Борисов И. Н.* К методике окраски метиловым зеленым — пикропином. Арх. пат., 1966, 25, 3, 81.
27. *Бороздина А. А.* Биомеханическая характеристика ходьбы больных после восстановления связочного аппарата коленного сустава. Тезисы докладов (Объединенная научная сессия по вопросам профилактики травматизма в нефтяной промышленности, клиники и лечения заболеваний и повреждений суставов). Казань, 1967, с. 145.
28. *Братцев Н. Ф.* Экспериментально-гистологические исследования сухожилий млекопитающих в обычных условиях и после радиационного поражения. Дисс. канд. Воронеж, 1962.
29. *Брудницкая М. А.* К вопросу о химическом составе костей позвоночного столба человека. Труды Волгоградского медицинского института, 1951, с. 329.
30. *Булатников В. И., Жупан В. Ф.* Кровоснабжение сухожилий при различных видах сухожильного шва. Труды Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова, 1957, с. 134.

31. *Бунак В. В.* Значение механического фактора для дифференцировки строения органов в постнатальном онтогенезе. Тезисы V Всесоюзного съезда анатомов, гистологов и эмбриологов. Л., 1951, с. 15.
32. *Бунак В. В.* Особенности строения связок позвоночника и их значение для гибкости тел. Изв. Естественно-научного института им. П. Ф. Лесгафта. Л., 1954, 26, 7.
33. *Бунак В. В.* О механизме приспособительных изменений трубчатых костей. В кн.: Проблемы функциональной морфологии двигательного аппарата. Л., 1956, с. 20.
34. *Буриченко А. В.* Динамика восстановления функциональных посттравматических изменений в мышце конечности. В кн.: Сборник рефератов научных работ Украинского научно-исследовательского института ортопедии и травматологии. Киев, 1957, с. 69.
35. *Быстров И.* Общая анатомия. М., 1842.
36. *Бычков С. М.* Мукополисахариды и мукопротеины и их роль в физиологии и патологии животного организма. Успехи биол. химии, 1950, 1, 456.
37. *Бычков С. М., Фомина В. А.* Взаимодействие хондромуконда с проколлагеном. Вопросы мед. химии, 1958, 4, 1, 59.
38. *Бычков С. М.* Хондроитин-серная кислота и гепарин. Успехи совр. биол., 1949, XXVII, 2, 297.
39. *Бычков С. М.* Новые данные о гиалуроновой кислоте и гиалуронидазе. Успехи совр. биол., 1950, 27, 3, 479.
40. *Вайль С. С.* Руководство по патологоанатомической технике. Л., 1949.
41. *Вайнштейн В. Г.* Первичный шов сухожилий. Труды Центрального травматологического института им. Р. Р. Вредена. Л., 1936, 2, 231.
42. *Валуева В. П.* Возрастные особенности эластодинамических свойств крупных связок локтевого, коленного и голеностопного суставов человека. В кн.: Материалы 7-й научной конференции по возрастной морфологии, биохимии Научного института возрастной физиологии и физического воспитания от 19—23 апреля. М., 1965, с. 32.
43. *Везалий А.* О строении тела человека в семи книгах 1543. Пер. В. Н. Терновского и С. П. Шестакова. М., 1950, I, II.
44. *Верещагина Н. П.* Строение и нервный аппарат ладонного апоневроза и поперечной связки запястья. Труды VI Всесоюзного съезда анатомов, гистологов и эмбриологов. Харьков, 1961, I, 191.
45. *Виленсон Б. А.* Метод ускоренной декальцинации в кислотно-формалино-солевом растворе. Арх. пат., 1950, 5, 93.
46. *Виноградов В. В., Черемных Л. П.* К методике гистохимического выявления кислых мукополисахаридов. Бюлл. exper. биол. и мед., 1957, 1, 124.
47. *Виноградов В. В.* Гистохимия мукополисахаридов при заживлении кожных ран. Арх. пат., 1966, 28, I, 49.
48. *Виноградов В. В.* Динамика мукополисахаридов в процессе формирования соединительной ткани. В кн.: Механизмы склеротических процессов и рубцевания. Сибир. отделение АН СССР. Новосибирск. 1964, с. 102.
49. *Виноградов В. В., Фукс Б. Б.* Дифференциальное гистохимическое выявление мукополисахаридов. Арх. пат., 1961, 29, 2, 74.

50. Винтергальтер С. Ф. Рентгенодиагностика и дифференциальная диагностика новообразований подкожной жировой клетчатки. В кн.: Научные труды Ленинградского ГИДУВ им. С. М. Кирова. Л., 1962, 33, с. 52.
51. Винтергальтер С. Ф. Рентгенографическое исследование контрастированных мышц и сухожилий (в эксперименте). В кн.: Научные труды ГИДУВ им. С. М. Кирова. Л., 1959, 19, с. 65.
52. Винтергальтер С. Ф. Мягкие ткани области голеностопного сустава в рентгеновском изображении (в норме). Труды кафедры рентгенологии ГИДУВ им. С. М. Кирова. Л., 1962, 33, с. 30.
53. Винченко Г. В. Иннервация связочно-сумочного аппарата голеностопного сустава. Дисс. канд. Кишинев, 1961.
54. Вишневский А. В. Местное обезболивание по методу ползучего инфильтрата. Сборник трудов. М., 1951, 4.
55. Витюгов Н. А. Пластика менисков в эксперименте. Сборник материалов к годичной научной сессии института. Новокузнецк. 1967, с. 63.
56. Волкович М. М. Повреждения костей и суставов. Киев, 1928.
57. Володина З. С. О возрастных особенностях рыхлой соединительной ткани человека. Тезисы докладов в научной конференции по проблеме «Реактивность соединительной ткани». Оренбург, 1960, с. 17.
58. Володина З. С. Сравнительная морфология и гистохимия подкожной соединительной ткани человека в различные периоды онтогенеза. В кн.: Материалы 8-й научной конференции по возрастной морфологии, физиологии и биохимии. М., 1967, 1, 52.
59. Волинский Ф. А. Морфогенез суставных хрящевых пластов конечностей собак в норме и при экспериментальном нарушении их функции. Арх. АГЭ, 1968, 54, 5, 3.
60. Воробьев В. П. Иннервация сухожилий у человека. Избранные труды. М., 1958, с. 135.
61. Воробьев В. П. Анатомия человека. М., 1932.
62. Воробьев В. П. Пограничная область видения, методика ее исследования и результаты ее применения. Труды первой гистологической конференции. М., 1934, с. 288.
63. Воробьев Н. А. Различия в строении и топографии области тазобедренного сустава и их значение в оперативной ортопедии. Автореф. дисс. докт. Львов, 1962.
64. Воронин Г. Н. Особенности регенерации ткани сухожилий. Арх. АГЭ, 1954, 31, 2, 18.
65. Воронин В. В. Строение и функция волокнистой и ретикулярной соединительной ткани. В кн.: Физиологическая система соединительной ткани. М., 1941, с. 63.
66. Герштейн Л. М., Цветкова И. В. К вопросу о методике выявления α -ациламидокарбокисильных групп. Цитология, 1960, 2, 2, 201.
67. Гессе Э. Р. Несколько замечаний по поводу свободной пересадке сухожилий при дефектах их после гнойного тендовагинита. Ж. совр. хир., 1927, 2, 5, 11, 785.
68. Глимчер М. Молекулярная биология минерализованных тканей, в частности кости. В кн.: Современные проблемы биофизики. М., 1961, с. 92.

69. Гранстрем Н. Э. Пересадка сухожилий сгибателей на тыл кисти при «непоправимом» параличе лучевого нерва. Дисс. канд. Л., 1946.
70. Грацианская А. М. Экспериментальное гистологическое исследование сухожильной ткани. Дисс. канд. М., 1950.
71. Гречишкин С. В. Лучи Букки в медицине. Природа, 1939, 9, 68.
72. Гурченков А. П. Строение и лимфатическая система сухожилий. Томск, 1962, 3.
73. Гурбаналиев И. Г. Материалы по топографической анатомии плечевого сустава. Дисс. канд. М., 1958.
74. Данини Е. С. О факторах окостенения. Успехи совр. биол., 1946, 21, 2, 235.
75. Данини Е. С. Понятия тканевой камбиальности в современной патологии. Успехи совр. биол., 1950, 29, 3, 379.
76. Дашкевич М. С., Кирилочкина Р. А., Мазонко Э. А. Соединительнотканые структуры, окружающие крупные кровеносные сосуды плеча и бедра. В кн.: Вопросы морфологии сосудов и околососудистых соединительнотканых образований. Научные труды Омского медицинского института, 1964, в. 58, с. 9.
77. Джанелидзе Ю. Ю. Ранение сухожилий кисти и их лечение. Нов. хир. арх. Днепропетровск, 1936, 36, 497.
78. Деев Л. А. Внутриорганные кровеносные сосуды надкостницы бедренной кости человека. Арх. АГЭ, 1966, 50, 1, 9.
79. Долго-Сабуров Б. А. Анастомозы и пути окольного кровообращения у человека. Л., 1956.
80. Долго-Сабуров Б. А. Роль мышц в морфогенезе скелета. Известия Научного института им. П. Ф. Лесгафата, 1930, с. 123.
81. Долго-Сабуров Б. А. Анализ функционального взаимоотношения между мышцей и костью. Труды IV Всесоюзного съезда зоологов, анатомов, гистологов. Харьков, 1931, с. 231.
82. Доленко Ф. Л. Уровень развития физических качеств у детей школьного возраста. Труды Горьковского научно-исследовательского института педиатрии. В. 6. Горький, 1969, с. 20.
83. Доленко Ф. Л. Возрастная динамика функциональной специализации голеностопного сустава человека. В кн.: Материалы 9-й Всесоюзной научной конференции по возрастной морфологии, физиологии, биохимии. М., 1969, 1, 133.
84. Доленко Ф. Л. Исследование подвижности в голеностопном суставе человека и обоснование средств и методов ее развития. Дисс. канд. М., 1969.
85. Дронзик Н. А. Материалы для изучения причин, влияющих на форму черепа. Дисс. СПб., 1883.
86. Дыхно А. М. Артериальное кровоснабжение сухожилий и сухожильных влагалищ предплечья, кисти и пальцев. Дисс. канд. Ростов-на-Дону, 1935.
87. Дьяконов О. Б. Артериальные сосуды сухожилий мышц, действующих на пальцы задних конечностей домашних животных. Автореф. дисс. канд. М., 1958.
88. Елисеев В. Г. Мезенхима, мезенхимальный резерв и ретикуло-эндотелиальная система. Труды Омского медицинского института. В. 12. Омск, 1948, с. 7.
89. Елисеев В. Г. О гистофизиологических изменениях в некоторых органах собак под влиянием однократных поперечно направленных перегрузок. В кн.: Влияние некоторых физических и биологических факторов на организм. М., 1965, с. 20.

90. *Елисеев В. Г., Субботин М. Я.* Основы гистологической техники. М., 1967.
91. *Емельяшников А. И.* Фасции и клетчаточные пространства плечевого пояса. Дисс. канд. М., 1958.
92. *Емец Г. Л.* Иннервация крупных суставов конечностей. В кн.: Материалы Республиканской конференции по детской ортопедии и травматологии. Киев, 1961, с. 249.
93. *Ермилова Е. В.* К вопросу о сравнительной морфологии сосудов фасций предплечья и голени у кошки. В кн.: Материалы юбилейной научной конференции Казанского медицинского института. Казань, 1964, 14, 171.
94. *Ефман М. Н.* Материалы к анатомии волокнистых соединительнотканых образований стопы. Дисс. канд. Свердловск, 1951.
95. *Ефимов В. В.* Процессы регенерации кости с биофизической точки зрения. Тезисы докладов 11-го пленума Ученого совета Министерства здравоохранения СССР. М., 1952, с. 3.
96. *Ещанов Т.* К анатомии крестообразных связок и менисков коленного сустава у плодов человека. Труды Самаркандского университета. Вопросы морфологии. 1964, 137, 174.
97. *Жданов Д. А.* К прогнозу развития главных направлений морфологии на ближайшие 10—15 лет. Арх. АГЭ, 1971, 60, 5, 5.
98. *Жданов Д. А.* Функционально-морфологические основы формирования скелета. Ортопед., травматол. и протезир., 1965, 1, 3.
99. *Заварзин А. А.* Очерки эволюционной гистологии крови и соединительной ткани. В. 2. М., 1947.
100. *Заварзин А. А.* Очерки эволюционной гистологии крови и соединительной ткани. В. 1. М., 1945.
101. *Заморский Л. Д.* Спиральное движение тел. Природа, 1965, 6, 78.
102. *Замятин М. К.* Анатомические факторы, способствующие укреплению плечевого сустава человека. Сибирский архив теоретической клинической медицины. Томск, 1929, 4, 5—6, 371.
103. *Зайцев Г. П.* Острая гнойная инфекция кисти и пальцев руки. М.—Л., 1938.
104. *Злотников Д. М.* Ход фасций таза и их значение в распространении нагноений при некоторых урологических операциях. Труды урологической клиники II Ленинградского медицинского института. Л., 1939, с. 223.
105. *Иванова Л. Н., Виноградов В. В.* Гистохимические особенности мукополисахаридов интерстициальной ткани мозгового вещества почки. Арх. АГЭ, 1962, 43, 2, 18.
106. *Иверонова В. И.* Физический практикум. М., 1951.
107. *Изосимова Ш. С.* О микроморфологии рецепторной иннервации надкостницы костей верхней конечности человека. Дисс. канд. Казань, 1958.
108. *Ильина Е. И.* Кровоснабжение сухожилий сгибателей пальцев кисти у человека. Дисс. канд. Омск, 1958.
109. *Ишаков С. В.* Морфология сосудов и вместилищ трубчатых костей в норме и при патологии. В кн.: Вопросы анатомии сосудистой системы ребенка и взрослого. Л., 1958, с. 21.
110. *Кадников А. И.* Об отношении мышцы к сухожилию и о морфологическом значении некоторых элементов сухожилия. М., 1869.
111. *Казанцев А. И.* О синовиальных влагалищах и межфасциальных пространствах стопы. Труды Новосибирского института усовершен-

- шенствования врачей и Новосибирского медицинского института. 1945, 24, 19.
112. *Каплан А. В.* Закрытые повреждения костей и суставов. Изд. 2-е. М., 1967.
 113. *Кариев Т. М.* Фасции и клетчаточные пространства плеча и предплечья. Дисс. канд. М., 1957.
 114. *Касавина Б. С., Лирцман В. М., Музыкант Л. И.* Мукополисахариды в процессе регенерации ткани. Экспер. хир., 1954, 4, 12.
 115. *Касьяненко В. Г.* О путях и факторах формирования суставного рельефа конечностей млекопитающих. Тезисы докладов объединенной конференции областного общества анатомов, гистологов и эмбриологов и топографических анатомов УССР. Харьков, 1956, с. 124.
 116. *Ким-Цон-Сик.* Фасции и клетчаточные пространства передней брюшной стенки. Дисс. канд. М., 1960.
 117. *Кирпатовский И. Д.* Фасции и клетчаточные пространства стопы. Дисс. канд. М., 1954.
 118. *Клебанова Е. А.* Влияние усиленной мышечной деятельности на кости конечностей молодых животных. Изв. Естественно-научного института им. П. Ф. Лесгафта. Л., 1954, 26, 103.
 119. *Клепиков В. А.* Фасции и клетчаточные пространства кисти. Дисс. канд. М., 1956.
 120. *Клионер И. Л.* Старческие и дегенеративные изменения в суставе и позвоночнике. М., 1962.
 121. *Коблов Г. А.* Некоторые общие и частные вопросы организации чувствительной иннервации. В кн.: Материалы симпозиумов Всесоюзного научного общества анатомов, гистологов и эмбриологов. Казань, 1964, 13, 87.
 122. *Ковалис Б. И.* Ахиллотомия. Автореф. дисс. канд. Л., 1963.
 123. *Кованов В. В., Аникина Т. И.* Некоторые закономерности строения фасции и клетчаточных пространств человека. Арх. АГЭ, 1960, 39, 10, 14.
 124. *Кованов В. В., Аникина Т. И.* Хирургическая анатомия фасций и клетчаточных пространств человека. Изд. 1-е. М., 1961.
 125. *Кованов В. В., Аникина Т. И.* Хирургическая анатомия фасций и клетчаточных пространств человека. Изд. 2-е. М., 1967.
 126. *Кованов В. В.* Фасции и клетчаточные пространства конечностей и их прикладное значение. Хирургия, 1958, 5, 94.
 127. *Ковешникова А. К.* К вопросу об иннервации статических и динамических мышц. Изв. Естественно-научного института им. П. Ф. Лесгафта. М., 1954, 26, 172.
 128. *Ковешникова А. К.* Приспособительные морфологические изменения органов двигательного аппарата мышц и их иннервация в связи с возрастом и функциональными нагрузками у человека и животных. Труды VI Всесоюзного съезда анатомов, гистологов и эмбриологов. Харьков, 1961, 1, 427.
 129. *Коган И. С.* Пересадка трупной фасции в эксперименте. Хирургия, 1948, 12, 8.
 130. *Колаева С. Г.* Гистохимическое изучение белков соединительной ткани кожи и аорты в норме и при регенерации. Дисс. канд. Новосибирск, 1962.
 131. *Коломнин С. П.* Предисловие к работе Н. И. Пирогова «Хирургическая анатомия артериальных стволов и фасций». СПб., 1881.

132. *Комахидзе М. Э.* Васкуляризация пищевода и желудка в условиях нормы и эксперимента. Труды Института экспериментальной морфологии. Тбилиси, 1953, 4.
133. *Корнев П. Г.* О свободной пересадке фасции. Дисс. докт. М., 1913.
134. *Короткова М. В.* О некоторых особенностях кровоснабжения соединительнотканной оболочки костей таза плода человека. В кн.: Вопросы морфологии сосудисто-нервной системы. Казань, 1962, с. 238.
135. *Костриков В. С.* Экспериментальные данные о васкуляризации и иннервации перноста в норме и при некоторых патологических состояниях. Вестн. хир., 1956, 77, 2, 57.
136. *Котельникова Н. В.* Фасции и клетчаточные пространства голени. Дисс. канд. М., 1952.
137. *Кочетков А. Г.* К вопросу о структуре сухожилий локтевого и лучевого сгибателя кисти человека. Труды 4-й научной сессии. Алма-Ата, 1965, с. 273.
138. *Кочетков А. Г.* О некоторых факторах, влияющих на устройство дистальных сухожилий сгибателей пальцев человека. В кн.: Морфологические закономерности строения, иннервации и кровоснабжения элементов мягкого остова. Алма-Ата, 1965, с. 50.
139. *Кочетков А. Г.* Особенности структуры, иннервации и кровоснабжения сухожилий и сгибателей пальцев кисти человека. В кн.: Современные проблемы оперативной хирургии. М., 1968, с. 76.
140. *Кочетков А. Г.* Структура сухожилий сгибателей пальцев и кисти и их адаптационные свойства. Дисс. канд. Горький, 1968.
142. *Кочетков А. Г., Стельников Г. В.* К методике изучения плотной соединительной ткани. В кн.: Научно-методические вопросы изучения мягкого остова (Материалы симпозиума). Горький, 1970, с. 35.
143. *Краузе Н. И.* К патологической физиологии и хирургии широкой фасции бедра. В кн.: XVII съезд Российских хирургов. Л., 1926, с. 236.
144. *Криворотов И. А.* Экспериментальное исследование о регенерации сухожилий. Труды Военно-медицинской академии рабоче-крестьянской Красной Армии им. С. М. Кирова. Л., 1935, 3, 105.
145. *Кромпехер С.* Значение принципа единства формы и функции в исследовании направленной адаптационной дифференцировки клеток и тканей. Арх. АГЭ, 1964, 46, 1, 38.
146. *Крупко И. Л., Овчинников Ю. И.* Восстановление связок коленного сустава. Тезисы докладов Объединенной научной сессии по вопросам профилактики травматизма в нефтяной промышленности (Клиника и лечение заболеваний и повреждение суставов). Казань, 1967, с. 3.
147. *Кудрин И. С.* Спиральные структуры в организме человека и причины их распространенности. Сборник научных трудов Рязанского медицинского института им. И. П. Павлова. Рязань, 1962, 2, 130.
148. *Кузин А. М.* Биологически активные полисахариды. Успехи биол. химии, 1954, 2, 256.
149. *Кузнецова И. А.* К вопросу о влиянии функции на структуру кости. В кн.: Вопросы изменения костей и сосудистой системы человека. Саратов, 1955, с. 177.

150. *Кузьмина А. В.* Мениски коленного сустава и значение функции сустава для их регенерации. Хирургия, 1940, 7, 103.
151. *Куприянов В. В.* Нервы межкостных мембран. В кн.: Морфологические закономерности периферической иннервации. Кишинев, 1958, 91.
152. *Куприянов В. В.* К морфологии органичного кровеносного русла. Арх. АГЭ, 1961, 40, 4, 87.
153. *Куприянов В. В.* Иннервация соединительнотканых анатомических образований. Труды Кишиневского медицинского института. Кишинев, 1964, 1, 23.
154. *Куприянов В. В.* Морфологические особенности путей микроциркуляции и их становление в пренатальном и постнатальном онтогенезе. Труды II Московского медицинского института. М., 1965, с. 11.
155. *Куприянов В. В.* Биодинамические и топографические параллели в морфогенезе. В кн.: Морфологические основы микроциркуляции. В. 2. М., 1967.
156. *Куприянов В. В.* Пути микроциркуляции. Кишинев, 1969.
157. *Куприянов В. В.* К вопросу о приспособительных механизмах и адаптивных реакциях микроциркуляторного русла. В кн.: Механизмы внесосудистой и нейро-гуморальной регуляции кровотока в патологии и эксперименте. М., 1970, с. 3.
158. *Кураченко А. И.* Дистрофические изменения в скелете конечностей у спортсменов как последствия чрезмерной нагрузки. В кн.: Материалы 3-го юбилейного конгресса спортивной медицины. М., 1958, с. 419.
159. *Лабунский Ю. В.* Мениски коленного сустава. Автореф. дисс. канд. Саратов, 1968.
160. *Лабунский Ю. В.* Связки менисков коленного сустава. Ортопед., травматол. и протезир., 1966, 11, 72.
161. *Лаврентьева А. П.* К анатомии лимфатических сосудов сухожильной нижней конечности человека. Дисс. канд. М., 1947.
162. *Лаврентьева А. П.* Метод макро-микроскопического исследования при изучении соединительнотканых структур органов внутренних систем. Труды Кишиневского медицинского института. Кишинев, 1949, 1, 38.
163. *Ланда А. М.* Повреждение крестообразных связок коленного сустава. Дисс. докт. М., 1944.
164. *Лесгафт П. Ф.* О значении механических условий мышц при изучении отравлений нервной системы. Труды Общества русских врачей. СПб., 1881, с. 233.
165. *Лесгафт П. Ф.* О соединении костей между собой. СПб., 1882.
166. *Лесгафт П. Ф.* О сложных суставах. Тр. Общества русских врачей. СПб., 1883—1884, с. 183.
167. *Лесгафт П. Ф.* Частный отдел суставов и мышц. СПб., 1896, в. 2, с. 295.
168. *Лесгафт П. Ф.* Основы теоретической анатомии. Изд. 2. СПб., 1905, ч. I.
169. *Ли А. Д.* Повреждение связок коленного сустава. Автореф. дисс. докт. Л., 1968.
170. *Лихачев Н. А.* К технике люминесцентной микроскопии гистологических объектов. Арх. пат., 1954, 16, 2, 61.
171. *Логачев Е. Д.* Применение холодного гидролиза срезов при окраске по способу Фельгена. Доклады к годичной научной конференции. Кемерово, 1965, с. 36.

172. Локшина Е. Г. Экспериментальные и клинические наблюдения по пластике дефектов сухожилий. Дисс. докт. Душанбе, 1963.
173. Лопашов Г. В. Заключительное слово. В кн.: Под ред. Г. В. Лопашова, Н. И. Ротт, Г. Д. Туманишвили. Межклеточные взаимодействия в дифференцировке и росте. М., 1970, с. 244.
174. Мажуга П. М. Об особенностях строения коленного сустава и его кровеносной системы у человека в сравнении с другими млекопитающими. Докл. АН СССР, 1956, 107, 6, 903.
175. Мажуга П. М. Функциональная морфология кровеносных сосудов грудных конечностей млекопитающих. Дисс. докт. Киев, 1962.
176. Мазонко Э. А. К вопросу о микроскопическом строении соединительнотканых образований, окружающих главный сосудисто-нервный пучок бедра. Труды Омского медицинского института, 1964, 58, 47.
177. Майкова-Строганова В. С., Рохлин Д. Г. Кости и суставы в рентгеновском изображении. Л., 1957.
178. Макаров П. В. О роли нуклеиновых кислот в синтезе клеточных белков. Арх. АГЭ., 1961, 40, 5, 3.
179. Макаров А. К. Структура проксимальных сухожилий мышц разгибателей кисти и пальцев. В кн.: Морфологические закономерности строения иннервации и кровоснабжения элементов мягкого остова. Алма-Ата, 1965, с. 66.
180. Макаров А. К. Структура дистальных сухожилий мышц разгибателей пальцев руки человека. В кн.: Морфологические закономерности строения иннервации и кровообращения элементов мягкого остова. Алма-Ата, 1965, с. 59.
181. Макаров А. К. Структура сухожилий разгибателей пальцев и кисти и их адаптационные свойства. Дисс. канд. Горький, 1968.
182. Макаров А. К. Структурная зависимость, иннервация и кровоснабжение сухожилий мышц разгибателей кисти и пальцев от условий их деятельности. В кн.: Современные проблемы оперативной хирургии. М., 1968, с. 72.
183. Макаров А. К. Методика изучения формирования и изменчивости некоторых элементов мягкого остова. В кн.: Научно-методические вопросы изучения мягкого остова (Материалы симпозиума). Горький, 1970, с. 32.
184. Мальцев А. И. Опухоли менисков коленного сустава. Материалы 19-й научно-практической конференции врачей (Военно-научное медицинское общество врачей Дальневосточного военного округа), 1967, 16.
185. Мамойко С. Ф. О так называемом физиологическом сколиозе. Труды V Всесоюзного съезда анатомов, гистологов и эмбриологов. Л., 1951, с. 197.
186. Манукян Л. А. Строение сосудистых сетей синовиальных влагалищ сухожилий мышц голени. Арх. АГЭ, 1967, 52, 5, 64.
187. Маркизов Ф. П. Особенности ветвления органных кровеносных сосудов. Арх. АГЭ, 1963, 45, 8, 3.
188. Маркизов Ф. П. О круглой связке бедра. Арх. АГЭ, 1939, 20, 2, 236.
189. Матев И. Хирургическое лечение застарелой двойной контрактуры пальцев Вайнштейна. Acta chirurg. plastica. Прага, VII-1, 1965, 7, 1, 43.

190. *Матюшенков И. П.* Мягкий остов тела человеческого или общая система волокнисто-клетчатых тканей. Архив МГУ (рукопись), 1848.
191. *Машкара К. И.* Динамика влияния рабочей гипертрофии костной системы некоторых рабочих и артистов балета. Арх. АГЭ, 1960, 38, 1, 93.
192. *Мейер К.* Природа и функция мукополисахаридов соединительной ткани. В кн.: Молекулярная биология. М., 1963, с. 78.
193. *Механик Н. С.* Торсия плечевой кости человека в онтогенезе. Арх. АГЭ, 1952, 31, 4, 59.
194. *Механик Н. С.* Торсия и возрастные особенности лучевой кости человека. Арх. АГЭ, 1956, 33, 4, 18.
195. *Мечников И. И.* Лекции по сравнительной патологии воспаления. М., 1947.
196. *Митин К. С.* Гистохимия соединительной ткани сосудов при ревматизме. М., 1966.
197. *Михневич Я.* Топография подколенной ямы и области голени в освещении клинических исследований. Дисс. докт. Юрьев, 1903.
198. *Могендович М. Р.* Физиологические основы взаиморегуляции моторики и вегетатики. Пермь, 1966.
199. *Модяев В. П.* Мукополисахариды и белки формирующегося костного матрикса. Арх. пат., 1970, 9, 63.
200. *Москаленко П. И.* Кровоснабжение широкой фасции бедра у человека. Автореф. дисс. канд. Киев, 1957.
201. *Мухин Е. О.* Курс анатомии. М., 1815.
202. *Мчедlishvili Г. И.* Капиллярное кровообращение. Тбилиси, 1958.
203. *Найнис П. В.* Особенности строения скелета конечностей у неходивших аномальных детей. В кн.: Научные труды высших учебных заведений Литовской ССР. М., 1964, 5, 279.
204. *Никитюк Б. А., Спирин Б. А.* Люминесцентный метод изучения роста костной ткани. Арх. АГЭ, 1961, 40, 2, 84.
205. *Никитюк Б. А.* Экспериментально-морфологическое исследование роли функции жевания в формировании черепа млекопитающих. Дисс. канд. М., 1961.
206. *Никитюк Б. А.* Старение скелета конечностей. В кн.: 8-я научная конференция по возрастной морфологии, физиологии, биохимии, ч. I. М., 1967, с. 217.
207. *Никитин Н.* Апоневрология или наука о клеточно-волокнистых растяжениях. М., 1860.
208. *Никитина Т. Д.* Эмбриогенез фасций средостения. Арх. АГЭ, 1960, 39, 10, 50.
209. *Николаев Г. Ф.* Восстановление поврежденных сухожилий на кисти и пальцах. Дисс. докт. М., 1946.
210. *Новиков И. П.* Фасции и клетчаточные пространства бедра. Дисс. канд. М., 1957.
211. *Ньюман У., Ньюман М.* Минеральный обмен кости. М., 1961.
212. *Нэчин Ч. Ж.* Кровоснабжение сухожильного шлема человека. Автореф. дисс. канд. М., 1963.
213. *Обысов А. С.* О некоторых физико-механических свойствах анатомических элементов опорно-двигательного аппарата человека. В кн.: Материалы конференции по вопросам «Морфология спортсмена». М., 1965, с. 57.

214. *Обысов А. С.* Применение механики в установлении прочности биологических тканей. В кн.: Всесоюзный научно-методический семинар по проблеме «Кибернетика и спорт». Л., 1967, с. 15.
215. *Обысов А. С.* Надежность биологических тканей. М., 1971.
216. *Оганджанян Э. Е.* Микроскопическое строение париетальной брюшины задней стенки живота и забрюшинной клетчатки человека. Дисс. канд. М., 1953.
217. *Огнев Б. В.* Кровеносные сосуды в норме и патологии. М., 1954.
218. *Орлова Б. Л., Морзон М. А.* Об иннервации продольных связок позвоночника. В кн.: Вопросы морфологии периферической нервной системы. Минск, 1955, 4, 46.
219. *Орловская Г. В., Зайдес А. Л., Тустановский А. А.* Микроскопическое и субмикроскопическое строение коллагеновых пучков сухожилий. *Арх. АГЭ*, 1956, 33, 3, 19.
220. *Отелин А. А.* О васкуляризации надкостницы в норме и патологии. *Вестн. хир.*, 1957, 4, 42.
221. *Ошман А. А.* О пересадке мышц и сухожилий, образовании искусственных связок и других операциях при вялых параличах конечностей. *Ортопедия и травматология*, 1929, 3, 24.
222. *Павловский О. М.* О результатах повторного рентгенофотометрического исследования минерализации некоторых участков скелета человека. *Вопр. антропол.*, 1964, 16, 69.
223. *Панушкин В. С.* Возрастные особенности передней брюшной стенки и их значение для клиники грыж. Дисс. канд. Л., 1941.
224. *Петерсон Е. Н.* Артерии связок коленного сустава. *Анатомия внутриорганных сосудов. Сборник научных работ.* Под ред. М. Г. Привеса. Л., 1948, с. 109.
225. *Пименова А. П.* Становление упругих свойств пяточного сухожилия человека в онтогенезе. Дисс. канд. Горький, 1966.
226. *Пирогов Н. И.* Топографическая анатомия распилов, произведенных на замороженных трупах. Пер. Д. Н. Лубоцкого. СПб., 1859.
227. *Пирогов Н. И.* Хирургическая анатомия артериальных стволов и фасций. СПб., 1881.
228. *Пирс Э.* Гистохимия. М., 1962.
229. *Питенко Н. Н.* Морфологические и гистохимические изменения при дисгормональных гиперплазиях и злокачественных новообразованиях молочной железы. Автореф. дисс. канд. Харьков, 1966.
230. *Повельненко А. П.* Повреждения голеностопного сустава (переломы и вывихи). Дисс. канд. Симферополь, 1959.
231. *Подкаминский Н. А.* Ультратонкие рентгеновы лучи в лечении воспалительных заболеваний глаза. М., 1959.
232. *Поликар А., Бесси М.* Элементы патологии клетки. М., 1970.
233. *Попов В. О.* Изменение формы костей под влиянием ненормальных механических условий в окружающей среде. Дисс. СПб., 1880.
234. *Потехин П. П.* Структура подкожных соединительнотканых образований передней брюшной стенки (Предварительное сообщение). Труды Горьковского медицинского института. Горький, 1968, 26, 128.
235. *Потехин П. П.* К структуре сухожилий широких мышц живота. В кн.: Научно-методические вопросы изучения мягкого остова (Материалы симпозиума). Горький, 1970, с. 105.

236. Потехин П. П. Соединительнотканые образования паховой области и их структура. Дисс. канд. Горький, 1972.
237. Предтеченский В. С., Боровская В. М., Марголина Л. Т. Лабораторные методы исследования. М., 1950.
238. Привес М. Г. Кровоснабжения трубчатых длинных костей человека. Анатомическое и рентгенологическое исследование. Л., 1938.
239. Привес М. Г. Итоги исследований влияния труда и физических упражнений на строение тела человека. Тезисы докладов VI Всесоюзного съезда анатомов, гистологов и эмбриологов. Харьков, 1958, с. 89.
240. Привес М. Г. Влияние внешних воздействий на строение костной и лимфатической системы. Труды V Всесоюзн. съезда анатомов, гистологов и эмбриологов. Л., 1951, с. 63.
241. Привес М. Г. Некоторые итоги исследования влияния труда и физических упражнений на строение аппарата движения человека. Арх. АГЭ, 1959, 37, 5, 7.
242. Привес М. Г. К проблеме соотношения социального и биологического в строении костной системы. Арх. АГЭ, 1964, 46, 3, 19.
243. Привес М. Г., Лысенков Н. К., Бушкович В. И. Анатомия человека. Л., 1968.
244. Пузик В. И., Гедымин Л. Е. Возрастная динамика содержания кислых мукополисахаридов и соединительной ткани легкого человека. Материалы 8-й научной конференции по возрастной морфологии, физиологии, биохимии. М., 1967, 1, 253.
245. Пчелин В. А., Николаева С. С. Высокомолекулярные соединения, 1966, 8, 1.
246. Пытель А. Я. О самопроизвольных разрывах мышц и сухожилий и о значении ревматизма в их патогенезе. Клин. мед., 1933, 21, 17, 889.
247. Рапопорт С. М. Медицинская биохимия. Пер. с нем. М., 1966.
248. Раубер А. Руководство анатомии человека. СПб., 1912, т. 1—2, 3—4—5—6.
249. Розов В. И. Функциональные результаты лечения повреждения сухожилий и нервов в пределах нижней трети предплечья, ладони и пальцев. Хирургия, 1958, 2, 58.
250. Розовская Т. П. Васкуляризация и регенерация ауто- и гомо-сухожилий, пересаженных в пределах сухожильных влагалищ пальцев у собак. Дисс. канд. Казань, 1966.
251. Ромейс Б. Микроскопическая техника. М., 1953.
252. Ромодановский А. В. Метод рентгенографии мягких тканей. В кн.: Ученые записки Омского педагогического института им. А. М. Горького. Омск, 1959, в. 12, с. 119.
253. Роскин Г. И. Микроскопическая техника. М., 1951.
254. Рохлин Г. Д. Рентгенодиагностика заболеваний суставов. Л., 1939, I, 1940, II.
255. Румянцев А. В. Опыт исследования эволюции хрящевой и костной ткани. М., 1958.
256. Рыбакова С. И. Особенности компактного вещества диафиза трубчатых костей после ампутации. Арх. АГЭ, 1966, 50, 2, 66.
257. Рыбакова С. И. Полисахариды компактного вещества кости и периоста при изменении функции конечности. Архив АГЭ, 1968, 55, 8, 128.
258. Савельев В. И. Строение связок коленного сустава. Дисс. канд. Актюбинск, 1964.

259. *Савельев В. И.* Структура крестообразных связок коленного сустава человека и факторы, их формирующие. В кн.: Морфологические закономерности строения, иннервации и кровоснабжения элементов мягкого остова. Алма-Ата, 1965, с. 40.
260. *Савич Г. Н.* Макро-микроскопическое исследование стенок и крупных артериальных стволов конечностей человека. В кн.: Ученые записки II Московского медицинского института. М., 1951, 2, 142.
261. *Самарин А.* Исследование фасций и соединительнотканых промежутков шен. Одесса, 1912.
262. *Северцов А. И.* Морфологические закономерности эволюции. М.—Л., 1939.
263. *Сермеев Б. В., Фортунатов М. Н., Вазин А. Н., Лаврова Л. В., Саянова Е. М.* О практическом значении показателей высшей нервной деятельности при проведении начальной спортивной тренировки подвижности суставов у девочек подросткового возраста. В кн.: Высшая нервная деятельность в клиниках здорового и больного ребенка. Горький, 1967, с. 54.
264. *Сермеев Б. В.* Развитие подвижности в суставах у школьников. Горький, 1968.
265. *Сермеев Б. В., Доленко Ф. Л., Пименова А. П., Лаврова Л. В.* Морфологические изменения в элементах суставно-мышечного аппарата при увеличении подвижности в суставах. В кн.: Научно-методические вопросы изучения мягкого остова (Материалы симпозиума). Горький, 1970, с. 94.
266. *Симагин Э. И.* Иннервация пристеночных фасций таза человека. Дисс. канд. М., 1963.
267. *Симакова Р. А.* К методике выявления РНК смесью метилового зеленого и пиронина. Арх. пат., 1960, 6, 81.
268. *Симонова Л. Б.* К вопросу о глубоком клетчаточном пространстве ягодичной области. Арх. АГЭ, 1958, 35, 3, 58.
269. *Синельников Р. Д. В. П. Воробьев* — основоположник макро-микроскопической анатомии, ее результаты и пути дальнейшего развития. Тезисы докладов объединенной конференции областных обществ анатомов, гистологов и эмбриологов и топографо-анатомов УССР, посвященной 80-летию со дня рождения акад. В. П. Воробьева. М., 1956, с. 243.
270. *Синельников Р. Д.* Нервы скелетных мышц. Труды V Всесоюз. съезда анатомов, гистологов и эмбриологов. Л., 1951, с. 249.
271. *Синельников Р. Д.* Макро-микроскопические данные о нервах и артериях скелетных мышц. Арх. АГЭ, 1958, 35, 4, 14.
272. *Сиповский П. В.* Изменения микроархитектоники, как одна из первичных реакций костной ткани. Сборник трудов Ленинградского института травматологии и ортопедии. Л., 1956, 5, 5, 6.
273. *Скрыпник В. Г.* Подвздошно-берцовый тракт и его возрастные изменения. Дисс. канд. М., 1948.
274. *Смирнов А. Е.* О нервах сухожилий СПб., 1893.
275. *Соболев В. С.* Введение в минералогию силикатов. Львов, 1949.
276. *Солошенко И. Ф.* Структура фасций и других соединительно-тканых образований плеча. Дисс. канд. Горький, 1971.
277. *Солошенко И. Ф., Шенн Э. Э., Фишер Г. Я.* Влияние величины и направления силы на формирование некоторых элементов мягкого остова передней конечности животных в эксперименте. Труды VI научной сессии Актюбинского медицинского института. Алма-Ата, 1967, с. 132.

272. *Солошенко И. Ф.* Структура собственной фасции над брюшкойми трехглавой мышцы плеча. Труды VII научной юбилейной сессии Актюбинского медицинского института. Алма-Ата, 1968, с. 376.
279. *Солошенко И. Ф.* Структурно-адаптационные свойства некоторых элементов мягкого остова. В кн.: Научно-методические вопросы изучения мягкого остова (Материалы симпозиума). Горький, 1970, с. 96.
280. *Сорокин А. П.* Фасциально-клетчаточные образования заднего средостения. Хирургия, 1955, 11, 42.
281. *Сорокин А. П.* Добавление к методике распила замороженных трупов по Н. И. Пирогову. Тезисы докладов I-й научной конференции Актюбинского медицинского института, 1959, с. 23.
282. *Сорокин А. П.* Фасции конечностей человека и их структура. Дисс. докт. М., 1964.
283. *Сорокин А. П.* Факторы формирования элементов мягкого остова. В кн.: Морфологические закономерности строения, иннервации и кровоснабжения элементов мягкого остова. Алма-Ата, 1965, 12.
284. *Сорокин А. П., Стельников Г. В., Савельев В. И.* К вопросу о единстве элементов мягкого остова. Труды IV научной сессии. Алма-Ата, 1965, с. 266.
285. *Сорокин А. П., Стельников Г. В., Рыбакова С. И., Кочетков А. Г., Макаров А. К.* Адаптационно-морфологические изменения опорно-двигательного аппарата конечностей человека. В кн.: 8-я научная конференция по возрастной морфологии, физиологии и биохимии. М., 1967, с. 296.
286. *Сорокин А. П.* Структурно-функциональная единица элементов мягкого остова. В кн.: Современные проблемы оперативной хирургии. Труды I Московского медицинского института. М., 1968, 1, 71.
287. *Сорокин А. П.* Морфо-функциональное обоснование терминологии и классификации опорной соединительной ткани. В кн.: Научно-методические вопросы изучения мягкого остова (Материалы симпозиума). Горький, 1970, с. 10.
288. *Старков А. В.* Анатомия фасций и клетчатки малого таза, распространение нагноений. М., 1912, 11.
289. *Старков А. В.* Анатомия прямой кишки и мышц, имеющих к ней отношение. М., 1912, т. I.
290. *Стельников Г. В.* Структура сухожилий трехглавой мышцы плеча человека. Дисс. канд. Актюбинск, 1964.
291. *Стельников Г. В.* Сухожилия разгибателей предплечья у некоторых позвоночных животных. В кн.: Морфологические закономерности строения, иннервации и кровоснабжения элементов мягкого остова. Алма-Ата, 1965, с. 29.
292. *Стельников Г. В.* Сухожилие трехглавой мышцы плеча. В кн.: Морфологические закономерности строения, иннервации и кровоснабжения мягкого остова. Алма-Ата, 1965, с. 22.
293. *Стельников Г. В., Чистяков О. С.* Рентгенография элементов мягкого остова с помощью пограничных лучей. Морфологические закономерности строения, иннервации и кровоснабжения элементов мягкого остова. Алма-Ата, 1965, с. 191.
294. *Степаненко В. Г.* Некоторые особенности внутривлагалищных отделов сухожилий поверхностного и глубокого сгибателей

- пальцев кисти. Бюллетень Читинского отделения Всесоюзного общества анатомов, гистологов и эмбриологов. Чита, 1960, 4, 90.
295. *Степаненко В. Г.* Кровоснабжение фиброзных и синовиальных влагалищ сухожильных сгибателей пальцев кисти человека. Дисс. канд. Л., 1963.
 296. *Стома М. Ф.* Влияние сухожильно-мышечного натяжения разной степени на состояние двигательного аппарата. Дисс. канд. Л., 1955.
 297. *Студицкий А. Н.* Экспериментальные исследования по гистогенезу костной ткани. Труды Научно-исследовательского института морфогенеза. М.—Л., 1935, 7, 57.
 298. *Субботин М. Я., Виноградов В. В.* О некоторых закономерностях формирования внезародышевой соединительной ткани млекопитающих и человека. В кн.: Симпозиум по соединительной ткани. М., 1960, с. 47.
 299. *Судзиловский Ф. В.* Кровоснабжение сухожильных мышц голени человека. Дисс. канд. Л., 1956.
 300. *Табин В. И.* Запас суставной поверхности на движение и его значение в оценке величины движений в суставе. Доповіді АН УССР, 1966, 7, 947.
 301. *Тарханянц Т. Н.* К учению о фасциях шеи. М., 1912.
 302. *Тимофеева Н. В.* Данные по микроморфологии проприорецепторов сухожильных некоторых мышц млекопитающих. В кн.: Проблемы морфологии нейротканевых и сосудистотканевых отношений. Казань, 1963, с. 77.
 303. *Тимофеев С. И.* Гистологическое строение костных систем в эволюционном понимании. Сборник трудов Иркутского медицинского института. Иркутск, 1951, 5.
 304. *Тонков В. Н., Долго-Сабуров Б. А.* Мышцы и их вспомогательные аппараты. БМЭ, 1931, 19, 372.
 305. *Торбенко В. П.* Биохимические процессы обызвествления костной ткани. Ортопедия, травматология и протезирование, 1963, 7, 76.
 306. *Топор Н. Д.* Дифференциально-термический и термовесовой анализ минералов. М., 1964.
 307. *Травин А. А.* Фасции и клетчатка подколенной ямки. Труды I Московского медицинского института им. И. М. Сеченова. М., 1959, IX, 86.
 308. *Туманишвили Г. Д.* Перспективы исследования роли межклеточных взаимодействий в дифференцировке и росте. В кн.: Межклеточные взаимодействия в дифференцировке и росте. М., 1970, с. 7.
 309. *Тустановский А. А., Зайдес А. Л., Орловская Г. В., Мягкая Г. Л.* О развитии компонентов коллагена в эмбриогенезе. Докл. АН СССР, 1961, 138, 4, 962.
 310. *Тустановский А. А.* Мукоидные вещества тканей животных. Успехи совр. биол., 1962, 54, 1/4, 3.
 311. *Украинский В. Г.* Метод топографической послойной микроакропрепаровки при изучении межфасциальных пространств сосудов и нервов на трупах человека и животных. Арх. АГЭ, 1957, 34, 5, 85.
 312. *Украинский В. Г.* Формирование приспособленных структур (перекрестов пучков и волокон) в различных тканях и их функциональное значение у детей различных возрастов. Материалы

- 6-й научной конференции по вопросам возрастной морфологии, физиологии и биохимии. М., 1963, с. 474.
313. *Фалк Н. Г.* Мукополисахариды и белки при регенерации ахиллова сухожилия в эксперименте. Дисс. канд. Новосибирск, 1965.
314. *Федонюк Я. И.* Архитектоника волокнистых структур капсулы селезенки. В кн.: Вопросы экспериментальной хирургии. Горький, 1970, с. 170.
315. *Федонюк Я. И.* Соединительнотканная строма и сосуды селезенки человека в долевым и сегментарном аспекте. Дисс. канд. Тернополь—Горький, 1972.
316. *Фишер Г. Я.* Экспериментальное обоснование структуры retinaculum flexorum. Труды Горьковского медицинского института им. С. М. Кирова. Горький, 1968, с. 118.
317. *Фишер Г. Я.* Структура фасций червеобразных и межкостных мышц. В кн.: Научно-методические вопросы изучения мягкого остова. (Материалы симпозиума). Горький, 1970, с. 102.
318. *Фишер Г. Я.* Структура фасциальных образований кисти человека и их адаптационные свойства. Дисс. канд. Горький, 1970.
319. *Фриденштейн А. Я.* Гетеротропное образование кости. М., 1963.
320. *Фукс Б. Б., Фукс Б. И.* Очерки морфологии и гистохимии соединительной ткани (после повреждения и при регенерации по каркасу). Л., 1968.
321. *Фукс Б. Б., Ястребова И. П.* Материалы гистохимии соединительной ткани при регенерации и трансплантации. В кн.: Вопросы патологии и регенерации органов кровообращения. Сибир. отдел. АН СССР. Новосибирск, 1961, 1, 141.
322. *Харитонов Р. Д.* Поздние посттравматические разрывы сухожилия длинного разгибателя I пальца кисти. Ортопед. травматол., 1966, 7, 19.
323. *Ходос А. Б.* Кровеносное русло поверхностных «скользящих» оболочек нижней конечности человека. Арх. АГЭ, 1966, 51, 9, 32.
324. *Ходос А. Б.* Микроваскуляризация некоторых фасциальных оболочек нижней конечности человека в связи с учением о скользящих системах. Дисс. докт. Краснодар, 1970.
325. *Хрущов Н. Г.* Функциональная цитохимия рыхлой соединительной ткани. М., 1969.
326. *Чураев И. Я.* Иннервация крупных сухожилий нижней конечности человека m. quadriceps, lig. patellae, retinaculum patellae, tendo Achillis с дополнительными данными к анатомии n. femoralis. Анатомо-гистологическое исследование. Самаркандский медицинский институт. Самарканд, 1937.
327. *Чурилов Ю. С.* Кровоснабжение сухожилий мышц предплечья и синовиальных влагалищ кисти человека. Дисс. канд. Кемерово, 1965.
328. *Шабадаш А. Л.* Проблема взаимоотношений части и целого в микроструктуре диафиза трубчатых костей. Труды Горьковского медицинского института. Горький, 1936, с. 19.
329. *Шабадаш А. Л.* Рациональная методика гистохимического обнаружения гликогена и его теоретические обоснования. Изв. АН СССР. Серия биол. М., 1947, 6, 745.
330. *Шевкуненко В. Н.* О забрюшинной клетчатке и фасциях. Нов. хир. арх., 1928, 16, 2, 174.
331. *Шевкуненко В. Н.* Курс оперативной хирургии. М.—Л., 1938. Т. 1, 2, 3.

332. *Шени Э. Э.* Фиброархитектоника собственной фасции мышц переднего ложа предплечья. Труды VII научной юбилейной конференции Актюбинского медицинского института. Алма-Ата, 1968, с. 369.
333. *Шени Э. Э.* К вопросу о структуре и иннервации поверхностной и собственной фасции переднего ложа предплечья. В кн.: Современные проблемы оперативной хирургии. М., 1968, с. 20.
334. *Шени Э. Э.* Структура фасций и фасциальных образований предплечья человека. Дисс. канд. Горький, 1971.
335. *Шехтер А. Б.* Поражение соединительной ткани суставов при ревматизме (гистохимическое и клинико-морфологическое исследование). Автореф. дисс. канд. М., 1964.
336. *Шмитт Ф.* Молекулярная биология и физическая основа жизненных процессов. В кн.: Современные проблемы биофизики, 1961, 1, 13.
337. *Шрикитер В. О.* Биохимическая и физико-химическая характеристика растворимых белков соединительной ткани проколлагенов. Дисс. докт. М., 1962.
338. *Шубич М. Г.* Метод элективной окраски кислых (сульфатированных) мукополисахаридов основным коричневым. Бюлл. exper. биол. и мед., 1961, 2, 116.
339. *Энгельс Ф.* Диалектика природы. М., 1949.
340. *Ястребова Т. А.* О чувствительной иннервации некоторых сухожилий человека. В кн.: Морфологические закономерности периферической иннервации. Кишинев, 1958, с. 49.
341. *Abraham A.* Innervation of the connective tissue. Acta morph., 1954, 4, 1, 125.
342. *Alverdes K.* Grundlagen der Anatomie. Leipzig, 1956.
343. *Alverdes K.* Grundlagen der Anatomie. Leipzig, 1959.
344. *Alverdes K., Rostock P.* Grundlagen der Anatomie. 1959. (Aus dem Buch: König F., Magnus G. Handbuch der gesamten Unfallheilkunde. 1934, 196).
345. *Andrew B. L.* The sensory innervation of the medial ligament of the knee joint. J. Physiol. (Lond.), 1954, 123, 241.
346. *Ascenzi A., Bonucci E.* The ultimate tensile strength of single osteons. Acta Anat., 1964, 59, 1—2, 160.
347. *Ascenzi A., Bonucci E., Bocciarelli D.* An electron microscope study of osteon calcification. J. Ultrastr. Res., 1965, 3—4, 287.
348. *Baker F. J., Silvertown R. E., Luckcock E. D.* An introduction of collagen mucoproteinase. Biochem. J., 1960, 74, 2, 388.
349. *Banga I., Balo J.* Isolation of neutral heteropolysaccharide containing mucoprotein from bovine achilles tendon with the aid of collagen mucoproteinase. Biochem. J., 1960, 74, 2, 388.
350. *Bardeleben K.* a) Lehrbuch der systematischen Anatomie des Menschen für Stud. und Ärzte. Berlin, 1906. b) Muskel und Fascie. Jenan. Zeitschr. f. Naturwis. 15, 1882.
351. *Barnett R. J., Seligmann A. M.* 1952. Цит. по Э. Пирс. Гистология, 1962.
352. *Berkenbusch.* Die Blutversorgung der Beugesehnen der Finger. Nachricht. der Kgl. Gesellschaft Wissensch. Göttingen, 1887.
353. *Biedermann W.* Physiologie der Stütz — und Skelettsbstanzen. Hndb. Vergl. Physiol., 1914, 3, 1, 319.
354. *Benninghoff A.* Spaltlinien an Knochen. Eine Methode zur Ermittlung Architekturplatter. Knochen. Anat. Anzeiger, 1925—1926.

355. *Bichat X.* Anatomie générale. Paris, 1830.
356. *Blechsmidt E.* Zur Anatomie des Subkutangewebes. *Z. Zellforsch.*, 1930, 12, 2, 284.
357. *Boyes J. H., Wilson J. N., Smith J. W.* Flexor-tendon Ruptures in the forearm and hand. *J. Bone Jt Surg.*, 1960, 42a, 4, 637.
358. *Bourne G.* Functional histology. London, 1960.
359. *Braus H.* Anatomie des Menschen. Berlin, 1954, I.
360. *Bjorksten J.* A common molecular basis for the aging syndrome. *J. Am. Geriat. Soc.*, 1958, 6, 7, 740.
361. *Chambers R., Zweifach B. W.* Topography and function of mesenteric capillary circulation. *Am. J. Anat.*, 1944, 173, 75.
362. *Chigot P. L., Djian A., Elbaz J.-S.* Morphologie et lésions des ménisques du genou chez l'enfant. *Rev. chir. orthop.*, 1964, 50, 2, 193.
363. *Chvapil M., Zahradnik R.* A study of the chemical shrinkage and relaxation of collagen fibers. *Biochim. biophys. Acta*, 1960, 40, 329.
364. *Chvapil M.* Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung der Lunge während der Entwicklung der exper. Silikose. *Arch. Gewerb. Gewerbehyg.*, 1961, 18, 5, 556.
365. *Chvapil M.* Physiology of connective tissue. London, 1967.
366. *Cotta H.* Zur Physiologie der Gelenke. *Lengenbecks. Arch. klin. Chir.* 316, Kongressbericht, 1966, 391.
367. *Carey E.* Myogenetic dwarfing of Skeletal length growth by premature muscle work of drawing dogs in the motor driven treadmill. *Anat. Record.*, 1929, 42.
368. *Carlström D.* X-ray crystallographic studies on apatiten and calcif. structures. Diss. Stockholm, 1955.
369. *Cohen J.* The three dimensional anatomy of haversian systems. *J. Bone Jt Surg.*, 1958, 40a, 2, 119, 419.
370. *Cohen J.* Цит. по дисс. канд. Г. В. Алексеевой, 1963 (см. Указатель русской литературы).
371. *Curran R. C.* The histologic. demonstr. of connec. tissue mucopolysaccharides. *Biochem. Soc. Sympos.*, 1961, 20, 24.
372. *Davies D. V.* The anatomy and physiology of joints. *Physiotherap.*, 1963, 49, 1, 3.
373. *Davies D. V.* Specificity of staining methods for mucopolysaccharides of the hyaluronic acid type. *Stain Techn.*, 1952, 27, 2, 65.
374. *Delaunay A., Bazin S.* Mucopolysac., collagen and nonfibrillar proteins in inflammation. *Inter. Rev. Connect. Tiss. Res.*, 1964, 2, 302.
375. *Dintenfass L.* Lubrication in synovial joints. *J. Bone Jt Surg.*, 1963, 45a, 6, 1241.
376. *Dörfl J.* Vaskularisace periostu plochych kosti novorozenca a dospelého loveka. *Českosl. Morfol.*, 1962, 10, 3, 284.
377. *Deák P.* Senile degenerative Gelenkveränderungen. *Radiol.-Diagn.*, 1960, 1, 2, 269.
378. *Dorfman A.* Polysaccharides of connective tissue. *J. Histochem.*, 1963, 11, 1, 2.
379. *Edwards D. A. W.* The blood supply and lymphatic drainage of tendons *J. Anat.*, 1946, 80, 3, 147.
380. *Engfeldt B.* Recent observation on bone structure. *J. Bone Jt Surg.*, 1958, 40a, 3, 698.

381. *Engström A.* Structure of bone from anatomical to the molecular level in bone structure a. metabolism. London, 1956.
382. *Engström A.* Bone structure metabol. sympos., 1955.
383. *Bajusz (Förs).* "Red" skeletal muscle fibers. Relative independence of neural control. *Science*, 1964, 145, 3635, 938.
384. *Edwards E. A.* Organization of the small arteries of the hand and digits. *Am. J. Surg.*, 1960, 99, 6, 837.
385. *Fabianek J., Herp A., Pigman W.* Comparative study of mucopolys. *Endocr.*, 1965, 76, 408.
386. *Fessler J.* A structural function of mucopolysac. in connective tissue. *Biochem. J.*, 1960, 76, 1, 124.
387. *Fischer A. R., Lillie R. D.* Effect of methylation on basophilis. *J. Histochem. Cytochem.*, 1954, 81.
388. *Fick L.* a) Über die Ursachen der Knochenformen. Goettingen 1857. b) Neue Untersuchungen über die Ursachen der Knochenformen. Marburg, 1859.
389. *Fouques Ph.* Terminaison et torsion des fibres du grand pectoral. *Bull. Ass. Anat.*, 1963, 116, 690.
390. *Gaillard I. M.* Les ménisques de l'articulation du genou. Etudes morphol. et fonct. *Arch. anat.*, 1966, 49, 1/4, 327.
391. *Gebhardt W.* a) Über den funktionellen Bau einiger Zähne. *Arch. f. Entwickl. mech. der Organ.* 1901, 10. b) Über funktionelle wichtige Anordnungsweisen der feinen und groberen Bauelemente des Wirbeltierknochens. *Arch. f. Entwickl. der Organ.*, 1905, 20, 2, 187.
392. *Gegenbaur G.* Gegenbaur's morphologisches Jahrbuch. Leipzig, 1876.
393. *Glucksmann A.* The role of mechanical stress bone formation in vitro. *J. Anat.* 76, 1942, 2, 231.
394. *Cajo M., Bentzik M., Nagy S., Nagy I.* Beiträge zur Blutversorgung der Röhrenknochen einiger Versuchstiere. *Anat. Anzeig.*, 1963, 113, 1, 22.
395. *Grodinsky M., Holyoke E. A.* The fasciae and fascial spaces of the head, neck, adjacent regions. *Am. J. Anat.*, 1938, 63, 367.
396. *Hagimasi S.* Die funktionelle Veränderung des Ligamentum acetabule der Forme, dem Lebensalter und der Beanspruchung entsprechend. *Acta morphol.*, 1957, 7, 3, 249.
397. *Hale C. W.* Histochemical demonstration of acid polysaccharides in animal tissues. *Nature*, 1946, 157, 3998, 802.
398. *Halls A. A., Travill A.* Transmission of pressures across the elbow joint. *Anat. Record.*, 1964, 150, 3, 243.
399. *Hamilton-Paterson J. L.* Anatomy and physiology for nurses. London, 1946.
400. *Harris W.* A microscopic method of determining rates of bone growth. *Nature*, 1960, 188, 4755, 1038.
401. *Heller L., Langman J.* The menisco-femoral ligaments of the human knee. *J. Bone Jt Surg.*, 1964, 46, 2, 307.
402. *Henle I.* Handbuch der systematischen Anatomie des Menschen. Braunschweig, Bd I, 1871.
403. *Hevesy G.* The use of radioactive isotopes of the common elements in physiology. *Phys. Rev.*, 1940, 57, 240.
404. *Hlavackova V., Hruza Z.* *Gerontologia*, 1964, 9, 78.
405. *Hofmann S.* Der Bau des Discus articularis articulationis radio-ulnaris distalis. *Anat. Anzeig.*, 1959, 106, 6/10, 173.

406. *Hoffmann P., Linker A., Meyer K.* The Acid mucopolysacchar. of connec. tissue. *Arch. Biochem. Biophys.*, 1957, 69, 435.
407. *Hrůsa Z., Chvapil M., Korbl W.* Receptory torební stavové a některé otvorné záhadně. *Physiol. Bohemosl.*, 1961, 10, 290.
408. *Jackson D. S.* Chondroitin sulphat as factor in the stability of tendon. *Nature and Struc. of collagen.* Edit. Rand. London, 1953, 177.
409. *Jackson D. S., Flickinger D. B., Dunphy J. E.* Biochemical studies of connective tissue repair. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 1960, 86, 4, 943.
410. *Jackson S. F.* Structural problems associated with the formation of collagen fibrils in vivo. *Symp. of connect. tissue.* London, 1957.
411. *Kacerovsky K.* Počátky vývoje funkcionální architektury šlach u člověka. *Českosl. Morfol.*, 1956, 4, 3, 256.
412. *Kanno I., Loewenstein W. R.* Low-resistance coupling between gland cells. *Nature*, 1964, 201, 4915, 194.
413. *Kaplan D., Meyer K.* 1960. Цит. по И. Г. Фалк, 1965.
414. *Kimber D. C., Grey C.* Text-book of anatomy and physiology. New York, 1955.
415. *Knese K., Pitsche J., Voges D.* Quantitative Untersuchung der Osteonverteilung im Extremitatenskelett eines 43 — jährigen Mannes. *Z. Zellforsch.*, 1954, 6, 519.
416. *Kodicek E., Loewi G.* Uptake of 35 SMCS of granulation tissue. *Proc. Roy. Soc.*, 1955, 144, 914, 100.
417. *Kosłowski L.* Biomechanik und Biochemie der Gelenkfrakturen. *Arch. klin. Chir.*, 1965, 3/3 Kongressbericht, 480.
418. *Krahl V. E.* An apparatus for measuring the torsion angle in long bones. *Science*, 1944, 99, 498.
419. *Krompecher St., Tóth L.* Biophysikalischer Faktoren in der chondrogenese. *Anat. Anzeig.*, 1965, 116, 511.
420. *Krompecher St.* Die Knochenbildungen. Jena, Fischer XII, 1937.
421. *Lagier R.* Modifications anatomiques et radiologiques de l'épaule en fonction du vieillissement. *Rhumatol.*, 1962, 6, 14.
422. *Lang J.* Über die Textur und die Vascularisation der Fascien. *Acta Anat.*, 1962, 48, 2, 61.
423. *Last R.* Anatomy regional and applied. London, 1956.
424. *Leutert G.* Über den Bau der Sehne des Musculus fibularis longus im Bereich des äußeren Fussrandes. *Z. mikr. anat. Forsch.*, 1955, 61, 512.
425. *Leutert G.* Über die Entwicklung der Struktur der Sehne des Musculus peroneus longus. *Anat. Anzeig.*, 1960, 108, 5/9, 90.
426. (*Lister*) *Blum.* Partial myotomy in the treatment of divided flexor tendons of the hand. *Ann. Surg.*, 1941, 113, 3, 460.
427. *Lillie R. D.* Histochem acylation of hydroxyl and amino groups. *J. Histochem. Cytochem.*, 1964, 12, 11, 821.
428. *Loetzke H. H.* Über die Achillessehne mit ihren Fascienverhältnissen beim Menschen. *Anat. Anzeig.*, 1956, 103, 287.
429. *Mann R. A., Thaxter T.* Tetracycline (achromycin) labeling of bone: an attempt at quantitative measurement of new bone formation. *J. Am. Geriat. Soc.*, 1966, 14, 12, 1221.
430. *McManus J. F. A.* Histological and histochemical uses of periodic acid. *Stani. Techn.*, 1948, 23, 3, 99.

431. *McMaster P. E.* Tendon and muscle ruptures. *J. Bone, a. Joint Surg.*, 1933, 15, 705.
432. *Maer J. E.* Anatomische Beschreibung Blutgefäße des Menschlichen Körpers. Berlin — Leipzig, 1777.
433. *Mayer L.* The physiological method of tendon transplantation. *Surg. Gynec. Obstet.*, 1916, 22, 1, 182.
434. *Merkel F.* 1925. Цит. по Н. Г. Фалк, 1965 (см. Указатель русской лит.).
435. *Merkel F.* Handbuch der topographischen Anatomie, 1907.
436. *Meiners E. S.* The fasciae of the breast and axilla. *Med. J. Austr.*, 1954, 1, 26, 966.
437. *Meyer K.* Structure and Function of connective and skeletal tissue. London, 1964.
438. *Meyer K.* The mucopolysaccharides of bone. *Sympos. Bone struct. and metabol.*, 1956, 65.
439. *Meyer K., Hoffman P., Linker A.* The acid mucopolysaccharides of connective tissue. *Connect. Tissue Sympos.* Oxford, 1957, 86.
440. *Meyer K., Hoffman P., Linker A.* Chemistry of Ground Substances *Connect. Tissue, Thrombosis and Atherosclerosis.* N. Y. and London, 1959, 181.
441. *McMinn R. M. II., Vrbová Gerta.* Morphological changes in red and pale muscles following tenotomy. *Nature*, 1962, 4840, 509.
442. *Moore R. D., Schoenberg M. D.* The polysaccharides of the human umbilical cord. *Arch. Path.*, 1957, 64, 1, 38.
443. *Movat H., More R., Wolochow D.* Cellular and intercell. change after mechanical, chem. or radiation injur. *Brit. J. exp. Path.*, 1960, 41, 2, 97.
444. *Muir H. I.* The biochemistry of mucopolysaccharides of connective tissue. *Biochem. Soc. Sympos. Cambrige*, 1961, 20, 4.
445. *Neumark T., Marôt J.* The importance of hydrogen linkages playing a role in the fibre formation of acid-soluble collagen, investigated by urea. *Acta Histochem.*, 1966, 23, 5/8, 180.
446. *Novák V.* Uprava cév v periostu dlouhých kosti dospělého člověca. *Českosl. Morf.*, 1960, 8, 2, 103.
447. *Obersteg J. I.* Zur funktionellen Struktüre der Faszien. *Acta Anat.*, 1948, 5, 1/2, 147.
448. *Palmisano M.* Changes de la membrane synoviale à l'immobilisation expérimentale de l'articulation. *Patologia sperimentale*, 1952, 48, 329.
449. *Pap K.* Biologische Beziehungen des Knies. *Beitr. Orthop. und Traum.*, 1964, 12, 850.
450. *Petersen H.* Handb. mikroskop. Anatomie. Leipzig, 1930, 19.
451. *Pétrov J., Pavlov V.* Caractéristique morphom. de l'articulation scapulohumer. chez les nouveaux-nés. *Folia méd.*, 1966, 8, 4, 181.
452. *Poláček P.* Differences in the structure and variability of encapsulated nerve endings in the joints of some species of mammals. *Acta Anat.*, 1961, 47, 1—2, 112.
453. *Poláček P.* Nervy kolenního kloubu u člověka. *Českosl. Morfol.*, 1960, 8, 3, 251.
454. *Radulescu A. L.* Secretari in morfol. intima a teseturioli de origine mezenchimal. *Omag. Trai. sav. 70 ani RARPR.* 1959, 1027.
455. *Randall J.* Nature and structure of collagen. London, 1953.

456. *Rauber-Kopsch F.* Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen. Leipzig. 1947, 1; 1948, 11.
457. *Richardson G.* The Connective tissue. Brit. med. J., 1961, 52, 34, 1187.
458. *Ritter H. P., Oleson J. J.* Combined histochem. staining of acid polysaccharides and 1,2-glycol-groupings in the paraffin section of rat tissue. Am. J. Path., 1950, 26, 4.
459. *Robinson R.* The significance of phosphoric esters in metabolism. New York University Press, 1932.
460. *Robb-Smith A. H. T.* Normal morphology and morphogenesis of connective tissue. Connect. Tissue in Health and Dis. Copenhagen, 1954, 15.
461. *Robb-Smith A. H. T.* What is reticulin? Conn. Tis. Oxford, 1957.
462. *Roseman S.* Mucopolysaccharide Metabolism. Am. J. Med., 1959, 26, 5, 749.
463. *Roux W.* Mécanisme des articulations et des muscles de l'homme. Paris, 1913.
464. *Roux W.* Gesammelte Abhandlungen über Entwicklungsmechanik der Organismen. Leipzig, 1895, Bd I.
465. *Roux W.* Abhandlung zur Theorie der organischen Entwicklung. Roux Vorträge und Aufsätze über Entwicklungsmechanik der Organismen. Neuer Folge Arsg. von H. Spemann (U. A.) Aff., I—II, Berlin, 1926—1927.
466. *Salamon A., Hámory J.* Present state of tendon regeneration. Light and electron microscop. studies of the regenerating tendon of the rat. Acta morph., 1966, 14, 1, 7.
467. *Sappey C.* Traités d'anatomie descriptive, 1852—1855, I.
468. *Sarck D., Frick H.* Repetitorium anatomicum. Thieme, 1962.
469. *Sheldon P.* An analysis of certain chemical constituent is of rabbit bone following deposition of Sr90. Brit. J. exp. Path., 1956, 37, 6, 553.
470. *Schmidt W.* Die Entkalkung von Knochen in neutralen Salzlösungen. Zbl. allg. Path. Anat., 1955, 93, 3—5, 168.
471. *Schmidt-Matthiesen H.* Ein Beitrag zur Bewertung der Histochem. Nachweismethoden für saure Mucopolysacch. Acta Histochem., 1957, 4, 102.
472. *Scott J.* The mechanical basis of bone formation. J. Bone Jt Surg., 1957, 39b, 1, 134.
473. *Seyfarth H.* Die Beugesehnen transplantation an der Hand. Acta chir. plast., 1960, 2, 3, 208.
474. *Singer E.* Fascias of the human body. Baltimore, 1935.
475. *Soule I. D.* Direct staining of reticular fibers with gold chloride. Stain. Techn. 37, 1962, 31.
476. *Smith J. W.* Blood supply of tendons. Am. J. Surg., 1965, 109, 3, 272.
477. *Spalteholz W.* Handatlas und Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Zürich und Stuttgart, 1953.
478. *Spicer S. S., Lillie R. D.* Saponification as a means of selectively reversing the methylation blockade of tissue basophilia. J. Histochem. Cytochem., 1959, 7, 2, 123.
479. *Strandh J.* Microchemical studies on single Haversian systems. Methodological considerations with special reference to variations in mineral content. exp. Cell. Res., 1960, 19, 3, 515.
480. *Summer J. B.* A method for the colorimetric determination of phosphorus. Science, 1944, 100, 2597, 413.

481. *Svatopluk D.* Vazivova kostra ledviny psa a jeje vztah k ceram a nervum. *Česk. Morf.*, 1957, 1, 115.
482. *Tapp E.* Tetracycline labelling methods of measuring the growth of bones in the rat. *J. Bone Jt Surg.*, 1966, 48, 3, 517.
483. *Taylor H., Saunders A.* The fine structure of elastic fibers in the fibrous periosteum of the rat femur. *Am. J. Path.*, 1957, 33, 102, 639.
484. *Tietze H.* Über den architektonischen Aufbau des Bindegewebes in der menschlichen Fusssole. *Bruns Beiträge*, 1929, 123, 3, 493.
485. *Tietze H.* Über den architektonischen Aufbau. *Bruns Beiträge*, 1929, 123, 3, 506.
486. *Tipton C. M., Schild R. J., Flatt A. E.* Measurement of ligamentous strength in rat kness. *J. Bone Jt Surg.*, 1967, 49, 1, 63.
487. *Tkaczuk H.* Tensile properties of human lumbar longitudinal ligaments. *Acta orthop. Scand. Suppl.*, 1968, 115.
488. *Verzár F., Huber K.* The affinity of collagen fibres for radioisotopes. *Gerontol.*, 1958, 2, 11, 113.
489. *Veverka M., Landrgot B., Charvatová B.* Chirurgické četi i ruptur šelachy Achillovy. *Acta chir. orthop. traum. čech.*, 1961, 6, 541.
490. *Wiedenreich J.* Knochenstudien. I, II, *Zschr. f. Anat. u. Entw.* 1923, ex. 69, 558.
491. *Weiss R.* Grundlagenvorschung für die Knochenradiolog. *Radiol. Austriaca*, 1962, 13, 2, 125.
492. *Weszycki S.* Überd die Formfaktoren des menschl. Hüftgelen. unter besonderer Berücksichtigung ihrer gegenseitigen Abhängigkeiten. *Anat. Anzeig.*, 1957, 104, 11/16, 231.
493. *Winslow J. B.* Exposition anatomique de la structure du corps humain. Paris, 1732.
494. *Wislocki G. B., Bunting H., Dempsey E. W.* Metachromasia in mammalian tissues and its relationship to MPS. *Am. J. Anat.*, 1947, 81, 1.
495. *Wolff J.* Das Gesetz der Transformation der Knochen. 22 Gattungsber. Press. Akad. Wiss., 1892.
496. *Wright V., Johns R. J.* Physical factors concerned with the stiffness of normal and diseas. joints. *Bull. Johns Hopkins Hosp.*, 1960, 106, 4, 215.
497. *Wright V., Johns R. J.* Quantitative and qualitative analysis of joint stffness in normal subject. *Ann. Rheum. Diss.*, 1961, 20, 1, 36.
498. *Wruhs O.* Über Muskelhernien. *Sportlär. Praxis*, 1959, 7, 26.
499. *Zucman J.* Studies on the vascular connexions between periosteum bone and muscle. Part one. *Brit. J. Surg.*, 1960, 48, 209, 324.

Предисловие	3
Введение	5
Глава I. Методология и методы изучения опорных тканей человека	10
Глава II. Фасции	22
Структурно-функциональные элементы фасций и их взаимоотношения	23
Классификация фасций по составу клеток, волокон и степени их развития	27
Поверхностная фасция и подкожные соединительно-тканые образования	33
Собственная фасция	41
Фасциальные футляры некоторых органов	63
Места сращений фасций и фасциальные узлы	71
Сосудисто-нервные фасциальные влагалища	76
Возрастные и функциональные изменения фасций	92
Глава III. Апоневрозы	110
Глава IV. Сухожилия мышц	123
Глава V. Некоторые закономерности формирования костного скелета	151
Глава VI. Соединения костей	178
Заключение	200
Литература	240

СОРОКИН АЛЕКСЕЙ ПАВЛОВИЧ

Общие закономерности строения опорного аппарата человека

Редактор *Т. М. Аникина*
 Художественный редактор *Н. И. Синякова*
 Техн. редактор *В. И. Табенская*
 Переплет художника *А. Э. Казаченко*
 Корректор *В. И. Федорова*

Сдано в набор 14/VI 1973 г. Подписано к печати 29/VIII 1973 г. Формат бумаги 84×108¹/₃₂. Печ. л. 8,25+0,25 печ. л. вкл. (условных 14,28 л.). 14,78 уч.-изд. л. Бум. тип. № 1, имп. Тираж 3000 экз. МН-71. Заказ 1976. Цена 1 р. 69 к.

Издательство «Медицина». Москва, Петроверигский пер., 6/8.

Московская типография № 11 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. Москва, 113105, Нагатинская, 1.

