

ЯНОВА Э.У., МАРДИЕВА Г.М.



**ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОВРЕМЕННЫХ  
ЛУЧЕВЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ В  
ДИАГНОСТИКЕ НАРУШЕНИЙ КРОВООБРАЩЕНИЯ В  
ВЕРТЕБРОБАЗИЛЯРНОЙ ЗОНЕ ПРИ АНОМАЛИИ КИММЕРЛЕ**

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

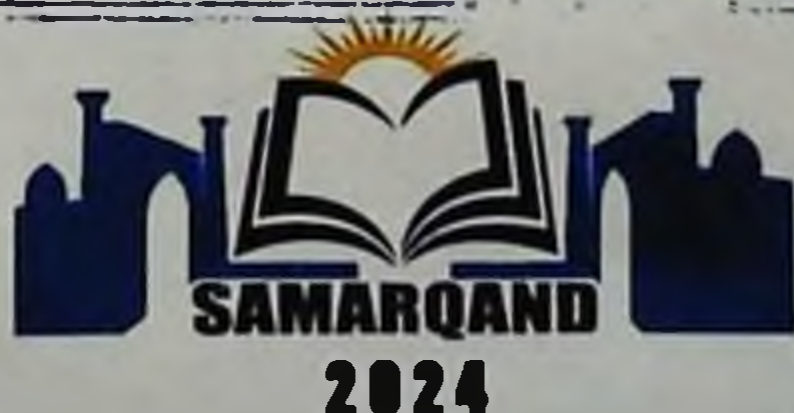
**ЯНОВА Э.У., МАРДИЕВА Г.М.**



**ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОВРЕМЕННЫХ  
ЛУЧЕВЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ В  
ДИАГНОСТИКЕ НАРУШЕНИЙ КРОВООБРАЩЕНИЯ  
В ВЕРТЕБРОБАЗИЛЯРНОЙ ЗОНЕ ПРИ АНОМАЛИИ  
КИММЕРЛЕ**

*Монография*

**SamDTU  
axborot-resurs markazi**



УДК 616.831-005-073.7

КВК 54.10

Я 60

Янова, Э.У., Мардиева Г.М.

Оценка возможностей современных лучевых методов исследования в диагностике нарушений кровообращения в вертебробазиллярной зоне при аномалии Киммерле [Текст] / Э.У. Янова, Г.М. Мардиева .- Самарканд: Samarqand 2024.-96 с.

**Составители:**

*Янова Э.У.*

-PhD, ассистент кафедры Лучевой диагностики и терапии Самаркандского государственного медицинского университета

*Мардиева Г.М.*

-к.м.н., доцент кафедры Лучевой диагностики и терапии Самаркандского государственного медицинского университета

**Рецензенты:**

*Кадирова А.И.*

-Заведующая кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии Кыргызской государственной медицинской академии имени И.К. Ахунбаева к.м.н., доцент

*Мансуров Д.Ш.*

-Заведующий кафедрой лучевой диагностики и терапии Самаркандского государственного медицинского университета к.м.н., доцент

*Аннотация. В патогенезе головной боли значимость сосудистых изменений подтверждают обзор литературных источников и проведенное наше исследование, которое определяет тактику ведения пациентов с наличием аномалией Киммерле, когда обязательно необходимо проведение компьютерной томографии и траскраниальной томографии, а также магнитно-резонансной ангиографии для уточнения изменения тока крови по позвоночной артерии.*

*Всё возрастающие способности лучевых методов исследования для получения подробной анатомической информации о строении позвоночника и краниовертебрального отдела, предоставляют уникальную возможность возобновить внимание к этой сложной области скелета. Оптимальность разработанного алгоритма исследования в диагностике нарушений кровообращения в вертебробазиллярной зоне при аномалии Киммерле заключается в использовании доступных, неинвазивных методов визуализации, с минимальной лучевой нагрузкой для пациента с аномалией Киммерле.*

ISBN 978-9910-771-15-6

© Янова Э.У., Мардиева Г.М.

© Самарканд 2024 г

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, ЕДИНИЦ, СИМВОЛОВ И ТЕРМИНОВ.....</b>	<b>5</b>
<b>ПРЕДИСЛОВИЕ .....</b>	<b>7</b>
<b>ГЛАВА I. СОСТОЯНИЕ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ НАРУШЕНИЙ КРОВООБРАЩЕНИЯ В ВЕРТЕБРОБАЗИЛЯРНОЙ ЗОНЕ ПРИ АНОМАЛИИ КИММЕРЛЕ.....</b>	<b>11</b>
Степень изученности проблемы .....	11
Анатомические особенности краниовертебрального перехода ....	13
Терминология и формирование аномалии Киммерле.....	16
Роль аномалии Киммерле в клинике .....	20
Лучевая семиотика при аномалии Киммерле.....	25
<b>ГЛАВА II. КЛИНИКО-ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБСЛЕДОВАННЫХ ПАЦИЕНТОВ.....</b>	<b>31</b>
Методы лучевой визуализации .....	34
Рентгенографическая характеристика вертебробазилярной зоны позвоночника .....	34
Компьютерно-томографическое исследование краниовертебрального отдела позвоночника .....	35
Транскраниальная доплерография сосудов краниовертебральной зоны .....	36
Магнитно-резонансная ангиография сосудов краниовертебральной зоны .....	39
<b>ГЛАВА III. ЛУЧЕВЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В ДИАГНОСТИКЕ НАРУШЕНИЙ КРОВООБРАЩЕНИЯ В ВЕРТЕБРОБАЗИЛЯРНОЙ ЗОНЕ ПРИ АНОМАЛИИ КИММЕРЛЕ.....</b>	<b>41</b>
Рентгенологические особенности шейного отдела позвоночника при аномалии Киммерле.....	41
Компьютерная томография в визуализации атланта.....	45

Характеристика кровотока методом транскраниальной доплерографии аномалии Киммерле.....	54
Оценка сосудов вертебробазилярной зоны методом магнитно-резонансной ангиографии .....	67
<b>ГЛАВА IV. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЛУЧЕВЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ В ДИАГНОСТИКЕ НАРУШЕНИЙ КРОВООБРАЩЕНИЯ В ВЕРТЕБРОБАЗИЛЯРНОЙ ЗОНЕ ПРИ АНОМАЛИИ КИММЕРЛЕ .....</b>	<b>76</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>86</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>90</b>

## СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, ЕДИНИЦ, СИМВОЛОВ И ТЕРМИНОВ

**A3** – атлантозатылочный

**ВББ** - вертебральнобазиллярный бассейн

**ВБН** - вертебральнобазиллярная недостаточность

**ВБС** - вертебральнобазиллярная система

**ВСА** - внутренняя сонная артерия

**ЗАОМ** - задняя атланто-окципитальная мембрана

**ЗСА** - задняя соединительная артерия

**КВО** - краниовертебральная область

**КР** - коэффициент реактивности

**КТ** - компьютерная томография

**ЛСК** – линейная скорость кровотока

**МГц** – мега герц

**МКБ-10** - Международная классификация болезней X

пересмотра

**МРТ** – магнитно-резонансная томография

**ПА** - позвоночная артерия

**СКО** - средне-квадратичное отклонение

**СПА** - синдром позвоночной артерии

**ТКДГ** - транскраниальная доплерография

**УЗДГ** - ультразвуковая доплерография

**УЗИ** - ультразвуковое исследование

**dx** – протяженность интервалов

**К**- количество интервалов

**М** - среднее арифметическое

**m** - стандартная ошибка

**max**– максимальное значение

**Me** - медиана

**min**– минимальное значение

**Mo** - мода

**N**–количество элементов исследуемой совокупности параметра,

**p** - критерий достоверности

**PI** - индекс пульсации

**RI** - индекс кругового сопротивления

**r**-параметр взаимосвязи корреляции

**V<sub>max</sub>** – максимальная скорость тока крови

**V<sub>mean</sub>** – средняя скорость тока крови

**V<sub>min</sub>** – минимальная скорость тока крови

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Вертебробазилярный отдел занимает особое положение, так как больше, чем 50% амплитуды вращения головы происходит в атлантакснальном суставе, где находится самый уязвимый тракт позвоночной артерии, на этом уровне происходит её сдавливание и растяжение во время вращательных движений. Ограничение этих действий может привести к развитию вертебрально-базилярной недостаточности. Наибольший процент данной патологии наблюдается у людей молодого, а также среднего возраста - 47,8% случаев [11]. Экстравазальная компрессия позвоночной артерии из-за сдавления их остеофитами, грыжей диска и спазмированными мышцами шейного отдела приводит к синдрому позвоночной артерии. Наличие дополнительного костного канала для позвоночной артерии, такого как сводчатое отверстие, может представлять дополнительное ограничение для подвижности сосуда, посредством сжатия сегмента V3, и это может привести к его травме [23].

Нарушения гемодинамики, особенно в вертебробазилярной системе не теряет своей значимости, являясь центральной темой дискуссии различных специалистов. Указанная проблема причисляется к тяжелым, а также часто обнаруживаемым вариантам цереброваскулярных нарушений. По заключению отдела эпидемиологии и демографии ВОЗ, нарушение кровообращения в сосудах вертебробазилярной зоны составляют примерно третью часть всех сосудистых патологий головного мозга. Приблизительно 70 процентов временно или постоянно возникающих изменений церебрального кровообращения приходится на циркуляторные расстройства в вертебробазилярной системе [8]. По сути, сосудистые патологии головного мозга являются медицинской и общественной проблемой. Вышеуказанное является необратимой физиологической особенностью дегенеративных изменений мозга и сердечно-сосудистой системы [9].

Известно, что официально на сегодняшний день зарегистрировано более 30 млн жителей планеты с сосудистыми заболеваниями центральной нервной системы. Анализируя причины смертности населения в экономически развитых странах, выясняется, что болезни сердечно-сосудистой системы занимают



лидирующую позицию и составляют 45,6% всех случаев [4]. Как показывает статистика, в Узбекистане основными причинами смерти более половины всех умерших являются болезни системы кровообращения, на которые приходится 54,7% (против 41,7% в 1991 году) [18].

Ряд научных исследований направлены на совершенствование повышения эффективности лучевой диагностики краниовертебральной зоны. Особое значение имеет сравнение лучевых методов для оценки количественных и качественных параметров диагностической информативности различных способов визуализации. В связи с этим оценка изменений костных структур и кровотока в сосудах вертебробазиллярного отдела основана на критериях оценки и сопоставления ионизирующих и неионизирующих методов исследования.

Клиническое значение аномалии Киммерле связано с анатомо-физиологической взаимосвязью с позвоночными артериями и симпатическим нервом и проявлением синдрома позвоночной артерии, возможно, за счет вегетативно-ирритантных периваскулярных симпатических и ишемических механизмов, обусловленных снижением притока крови к мозгу.

Совокупность указанных данных может давать прогноз о возможных причинных факторах, которые могут вызвать снижение мозгового кровотока, что, в свою очередь, приводит к ранней инвалидизации и утрате работоспособности. Подчеркнута значимость роли спондилогенного фактора, который может являться причиной или способствовать развитию нарушений тока крови в вертебробазиллярной системе [19].

Вертебробазиллярные аномалии – деформации структур и образований, ограниченных затылочной костью, атлантом и аксисом, возникающие под влиянием различных патологических состояний. Данные литературы о встречаемости Вертебробазиллярные аномалии противоречивы [14]. Разработка новых методов визуализации центральной нервной системы позволила значительно увеличить частоту выявления аномалий краниовертебральной области (КВО), переведя их из разряда редких в частые [10]. Если нет сдавления мозговых нервных структур, а также изменения ликвородинамики по данным нейровизуализации, оперативных манипуляций и патологоанатомических исследований

предполагают сосудистые механизмы поражения нервной системы. Одним из таких механизмов, оказывающих экстравазальное воздействие может являться костная перемычка атланта или аномалия Киммерле.

Аномалия Киммерле (АК) проявляется клиническими и рентгенологическими признаками. Клинически данное изменение может проявляться симптомами, схожими с остеохондрозом шейного отдела позвоночника: болезненностью в области шейного отдела, краниалгией, головокружением, шумом в ушах. Позвоночные артерии при проведении классической рентгенографии не дифференцируются и об изменениях кровотока в них можно судить по косвенным признакам, например, по определяемым рентгенологическими методами костного кольца при аномалии Киммерле, его разновидности и диаметре, что косвенно указывает на возможное снижение кровотока. Есть утверждения, что это изменение может приводить к возникновению экстравазальной компрессии ПА, инициирующее нарушение ламинарный вертебробазилярный ток крови [13]. Также известно, что проявленность степени сужения в сосудах не всегда соответственна частоте инсультов, так как во многом зависит от состояния приспособительных механизмов кровотока центральной нервной системы.

Существуют также определенные трудности при ультразвуковом исследовании кровотока в 3-м и 4-м сегментах позвоночной артерии (V3, V4), обусловленные расположением её вблизи основания черепа. Изменения костных структур при аномалии Киммерле хорошо отражаются на компьютерной томографии, особенно при 3D реконструкции, поэтому данная методика считается предпочтительным методом при визуализации костной перемычки первого шейного позвонка. На данный момент не установлен порядок эффективной оценки лучевой диагностики аномалии Киммерле и кровообращения при её наличии.

В Узбекистане ведутся работы по изучению нарушения кровообращения в вертебробазилярном бассейне [9], разработан порядок оценки методом ультразвука сосудов шейного отдела, но этого недостаточно для оценки кровотока в сосудах краниовертебрального отдела из-за сложности доступа и

визуализации, особенно при наличии препятствия в виде костного мостика первого шейного позвонка.

Мультимодальные наблюдения могут быть более перспективным решением этих задач. Ультразвуковое исследование в данном случае используется в качестве дополнительного инструмента для уточнения диагноза в дополнение к рентгеновским исследованиям. Однако данное направление требует исследований, поскольку научные работы, проведенные с обобщенной оценкой значимости комплексного применения лучевых видов визуализации в диагностике нарушения кровообращения при АК, практически отсутствуют. Это определяет теоретическую и практическую актуальность поставленной цели, требуя всесторонней разработки данного научного направления, то есть оценки возможностей современных лучевых методов исследования в диагностике нарушений кровообращения в вертебробазилярной зоне при аномалии Киммерле.

## **ГЛАВА I. СОСТОЯНИЕ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ НАРУШЕНИЙ КРОВООБРАЩЕНИЯ В ВЕРТЕБРОБАЗИЛЯРНОЙ ЗОНЕ ПРИ АНОМАЛИИ КИММЕРЛЕ**

### **Степень изученности проблемы**

Нарушения гемодинамики центральной нервной системы актуальны в сегодняшней медицине, при этом зачастую этиологией этих процессов могут являться изменения тока крови в атланто-окципитальной зоне [3, 4, 8, 12, 32].

Изменения патологического характера в выше указанной зоне постепенно становятся злободневной темой для многих специалистов. Данный вариант изменений относится к часто встречающимся патологиям сосудов головного мозга. Согласно опубликованным отчётам Департамента эпидемиологии и демографии ВОЗ, нарушения гемодинамики в сосудах вертебробазилярного отдела составляют свыше 30% патологий сосудов головы, а в 2/3 - транзиторных нарушений [15]. Патологии сосудов центральной нервной системы необходимо учитывать как медицинскую, а также общесоциальную и биологическую проблему, поскольку являются естественной формой возрастных изменений головного мозга, сердечно-сосудистой системы, в том числе процессов старения. [7].

Известно, что официально на сегодняшний день зарегистрировано более 30 млн жителей планеты с сосудистыми заболеваниями центральной нервной системы. Анализируя причины смертности населения в экономически развитых странах, выясняется, что болезни сердечно-сосудистой системы занимают первое место, на их долю приходится 45,6% всех летальных исходов [7]. Как показывает статистика, в Узбекистане основными причинами смерти более половины всех умерших являются болезни системы кровообращения, на которые приходится 54,7% (против 41,7% в 1991 году) [18].

Причиной снижения кровотока в вертебробазилярной зоне в половине обследований у молодых людей является синдром позвоночной артерии, обусловленное сдавлением артерии остеофитами, выпячиванием позвоночного диска, спазмом мышц

шейного отдела [34]. Хроническая недостаточность кровообращения мозга в ВБС если ранее рассматривалась в разделе дисциркуляторной энцефалопатии, то на данный момент, в МКБ-10 [42] употребляется понятие «хроническая ишемия мозга» [15].

Ишемические инфаркты центральной нервной системы (головного мозга - 7-11% от общего количества, спинного - 1-2%) [8], относятся к осложнениям нарушений тока крови в зоне ВБС. Среди всех патологий церебрального кровотока ишемический инсульт в вертебробазилярном сосудистом русле приходится на 25–30% случаев, а транзиторные снижения мозгового кровотока – 70% [39], и зачастую определяют наступление ишемического инсульта, в контексте чего рассматриваются как прединсультные состояния. У 40% пациентов возникают повторные острые нарушения церебрального кровотока при наличии в анамнезе ишемического инсульта в вертебробазилярной системе [5, 11].

Ежегодно диагностированная хроническая ишемия головного мозга возрастает (около 700 на 100 тыс. популяции) [42]. Инсульт на данное время одна из лидирующих злободневных причин потери трудоспособности, всего треть возвращаются к нормальной жизни. Из этого числа, основная часть - лица молодого возраста, что составляет основу трудоспособного населения [19, 42].

Зачастую причинами, приводящими к ишемическому инсульту, могут быть стенозирующие, а также окклюзирующие поражения магистральных шейных артерий. Многочисленные исследования показывают, что остро возникающие нарушения церебрального кровотока в вертебробазилярном бассейне (ВББ) протекают в динамике тяжелее, чем в каротидном. Летальность при инсульте в ВББ вдвое превышает такую же патологию в каротидной зоне [32]. Так же нужно учитывать, что маршрут ПА в области краниовертебрального перехода сложен, потому что артерия обычно образует пять изгибов с частыми вариациями. Таким образом, аномалии костей, а также артериальные аномалии могут, отдельно или в комбинации, вызвать уменьшение мозгового кровотока [12, 29].

Экстравазальное сдавление доминантной ПА при слабой компенсации гемодинамики в ВББ занимает лидирующую позицию как причина для развития инсульта [8, 27]. Компрессия ПА способствует развитию периодически возникающего или

постоянного снижения кровоснабжения основных отделов мозга. Необходимо учитывать, что легче провести профилактику инсульта ствола головного мозга, чем лечить его осложнения [29].

### Анатомические особенности краниовертебрального перехода

Атлanto-окципитальная зона - мобильное соединение затылочной кости и атланта, она считается наиболее хрупким участком шейного отдела позвоночника, также сюда входят: затылочная кость, первый и второй шейные позвонки (атлант и аксис), мозжечок и продолговатый мозг [21]. Также между задним отделом большого затылочного отверстия, к задней части атланта располагается задняя атлanto-окципитальная мембрана (ЗАОМ), разделяя весь горизонтальный отдел ПА на наружную и внутреннюю части. Пульсация ПА на данном участке влияет и на динамику венозной крови в атлantoзатылочном синусе [14]. Анализ структурных изменений ЗАОМ аналогично имеет весомое клиническое значение.

Атлант, или первый шейный позвонок, является уникальным среди позвонков в том, что он не имеет тела позвонка, а состоит из двух боковых масс, соединенных передней и задней арками. Каждая боковая масса состоит из верхней суставной фасетоподобной структуры медиально и поперечного отростка сбоку, с поперечным отверстием между ними. Вариации костной анатомии в этой области могут изменить ход ПА [8]. С<sub>1</sub>, состоящий из передней и задней арки, включая два верхних суставных поверхности и поперечные отростки является кольцеобразной структурой. Две боковые массы удерживают почковидную форму, а суставные грани сочленяются с затылочными мышелками для формирования атлantoзатылочного сустава.

Эмбриология атланта широко описана в литературе [2, 10], в то время как этиология дугообразного отверстия до сих пор обсуждается [5, 17, 22]. Окостенение задней дуги и боковых масс атланта начинается на 7-й неделе внутриутробной жизни с центров окостенения в каждой боковой массе и прогрессирует дорсально [43]. Окончательное слияние происходит на 4 году жизни.

Верхние шейные суставы обеспечивают мобильность головы. Позвонки краниовертебрального отдела обеспечивают вращение

головой, сохранность спинного мозга и являются мощным рефлексогенным участком [15].

Атлантозатылочный сустав - комбинированный, что обеспечивает движения вокруг сагиттальной (боковые наклоны) и фронтальной (наклоны вперед и назад) осей [15]. Располагающийся между затылочной костью и атлантом шейный сустав осуществляет наклоны головы вперед и назад с возможностью раскачивания или кивания, а также незначительный наклон головы на бок. Движения головой в виде сгибания и разгибания имеют амплитуду в пределах 22-24 градусов. Наклон головы вбок составляет 5-10 градусов. Вращение и наклон в сторону в атлантозатылочном суставе могут происходить в контрлатеральных направлениях. Объем резервного движения при исследовании сегментарной ротации мобильных сегмента по данным учёных составляет 3-5° [15].

Больше, чем 50% амплитуды вращения головы происходит в атлантоаксиальном суставе и самый уязвимый тракт позвоночной артерии находится на уровне атлантоципитального сегмента и, в частности, в поперечном направлении от *foramina* и *sulcus arteriae vertebralis*, где ПА фактически сдавливается и растягивается во время экстремальных вращательных движений. Наличие дополнительного костного канала для ПА, такого как сводчатое отверстие, может представлять дополнительное ограничение для подвижности сосуда, посредством сжатия сегмента V3, и это может привести к его травме [23, 27]. Дугообразное отверстие (АК) является костным отверстием, присутствующим в месте классической канавки для ПА (*sulcus arteriae vertebralis*) на задней арке атланта [23, 24, 36].

Ложе для прохождения позвоночной артерии расположено за боковыми массами атланта и выдвигались различные теории, объясняющие возникновение полного/ неполного отверстия. Предполагается, что причиной окостенения соединительной ткани может быть сама ПА, а также оссификация задней атлантозатылочной мембраны. Другие авторы выдвигают гипотезу о том, что сводчатое отверстие формируется в результате аномального окостенения тонкого костистого спикулума (остатка проатланта), изгибаясь назад от задней части верхнего суставного отростка с формированием сводчатого отверстия [31]. Некоторые учёные предполагают, что окостенение свода костного отверстия

происходит постепенно, но чаще склоняются к тому, что это происходит у каждого обследованного индивидуально, как и степень оссификации [41].

ВБС состоит из правой ПА и левой и, в конечном счёте сливающиеся основную артерию. ПА являются основными сосудами для питания структур мозга в инфратенториальной части, таких как мозжечок и ствол мозга. Диаметр ПА меньше, чем внутренних сонных артерий, калибром 3 - 5 мм [39].

В ПА отмечают 4 части (см. рис. 1):

- предпозвоночная (V1) - расположена между передней лестничной и длинной мышцами шеи до поперечного отростка C<sub>6</sub>,

- поперечная часть (V2) - залегает в канале позвоночной артерии C<sub>6</sub>-C<sub>2</sub> позвонков,

- область атланта (V3) - от поперечного отростка C<sub>2</sub>, через поперечный отросток атланта, позади верхней суставной ямки, прободает ЗАОМ, твердую мозговую оболочку залегая в позвоночном канале,

- *pars intracranialis* (V4) - от входа в «большое затылочное отверстие» до их слияния [15].

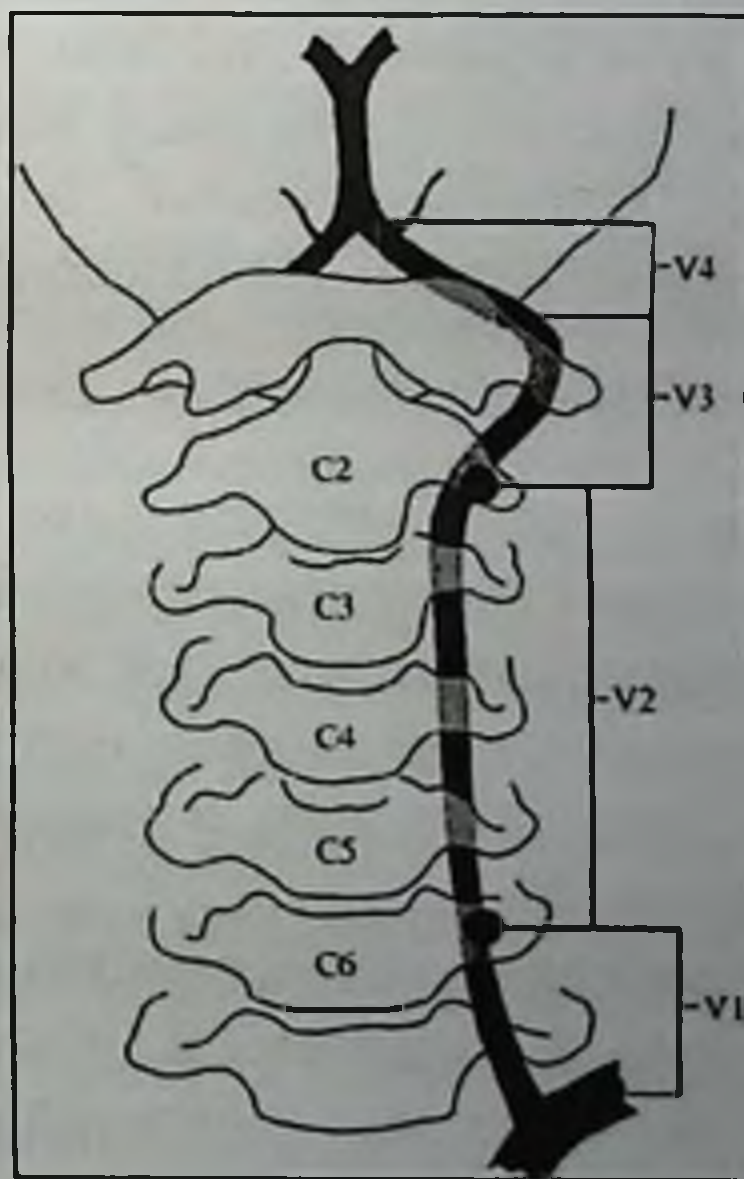


Рис. 1. Скиаграмма сегментов ПА.



Вокруг ПА располагается периаартериальное симпатическое нервное сплетение (пучки, волокна, а также нервные окончания), регулирующее тонус сосуда. Эта область является сильной рефлексогенной зоной [2] в связи с чем патологию в данной зоне необходимо рассматривать в совокупности, учитывая как сосудистую, так и неврологическую составляющую. Ведущими факторами развития нарушений функций КВО являются окклюзия сосуда или повреждения нервного сплетения, провоцирующие понижение кровотока в системе ПА, и около 2/3 из них приходится на экстракраниальные части ПА [14, 15].

Доподлинно известно, что ПА, питающая неврологические структуры задних отделов полушарий мозга, а также задней черепной ямки, проникает в череп в канале поперечных отростков от С<sub>6</sub> до С<sub>1</sub> позвонков. Исходя из этого, различные дегенеративно-дистрофические изменения данного отдела зачастую являются патогенетическим фактором для нарушения кровотока в ВББ во все возрастные периоды – начиная с новорожденности до пожилого и, тем более, старческого возраста [16].

Глубина ложа ПА атланта в норме обычно 3 мм с обеих сторон, при билатеральной симметричной АК оно может углубляться, составляя 6 мм с билатерально [2]. Костный мостик полностью или частично охватывает субокципитальный нерв с позвоночным венозным сплетением и атлантической частью ПА [24, 29].

### **Терминология и формирование аномалии Киммерле**

Среди различных краниовертебральных аномалий особое место занимает «аномалия Киммерле» представляет собой сводчатое отверстие атланта, образованное костным козырьком. Указанное костный выступ локализован от задней поверхности суставного отростка С<sub>1</sub> к задней границе его дуги. В этом канале залегает ПА с соответствующим нервом [8].

Этот анатомический вариант известен как аномалия Киммерле в честь венгерского врача А. Киммерле. В 1930 году учёный, изучая рентгеновский снимок пациента с диагностированным гнойным лимфаденитом в области шейного отдела обнаружил особое

строение атланта, предположив его патологическую роль для кровотока [8, 10].

Многие термины были использованы для описания этого аномального костного моста через бороздку ПА. Термин «вариант Киммерле» или «аномалия Киммерле» является наиболее часто встречающимся термином в литературе. Также встречаются другие синонимы: *foramen retroarticulare superior*, *foramen sagittale*, заднее отверстие [22], *canalis vertebralis*, ретроартикулярное кольцо артерии позвонка [30], а также ретроартикулярный канал и ретромышцелковое кольцо позвоночной артерии [34].

Часто употребляемым термином является латинский «*ponticulus posticus*», что означает «маленький задний мост» или окостеневший мост через ПА [38]. Также использовались названия: *canalis arteriae vertebralis*, *foramen sagittale atlantis*, *pons posticus*, *ponticulus atlantis posterior*, атлантное соединение, верхнее позадисуставное отверстие, верхний позадисуставной мост, дугообразное отверстие, заднее отверстие атланта, заднее отверстие позвоночной артерии, задний косой мост атланта, оксифицированная задняя атлантозатылочная мембрана, перпендикулярное отверстие, позадимыщелковое костное отверстие, позадимыщелковый мост, поперечное отверстие, постгленоидальный мост, ретроартикулярное кольцо позвоночной артерии, ретроартикулярное отверстие, ретроартикулярный мост, ретрогленоидальный мост, сагиттальное отверстие, сводчатое отверстие [23, 38]. В любом случае данное изменение может вызывать компрессионно-стенозирующий СПА, что ведет к изменению вертебробазилярного кровообращения [7].

В литературе сейчас наиболее распространено мнение, что сводчатое отверстие формируется окостенением латеральной атланто-окципитальной связки, или это особая степень дисплазии ложа ПА [10], хотя долгое время считалась анатомической «шуткой природы» [6], другие же - «редкой находкой» [5, 9, 10].

Происхождение этого анатомического варианта первого шейного позвонка остается невыясненным. Многие авторы предполагают, что эти изменения имеют врожденный характер [6], хотя другие думают, что это генетическая черта, передающаяся по

наследству [23]. Также, некоторые авторы утверждают, что АК, может быть, моно- или билатеральной, открытой или закрытой формы. Считают, что образование полного отверстия может нарушить нормальную функцию ПА [39].

Есть мнения, что сложная физическая работа может влиять на формирование этого варианта. Так, встречаемость замкнутого канала для прохождения ПА в работах учёных была выше среди рабочих с тяжёлым физическим трудом, чем у обследованных без тяжёлых физических нагрузок [23]. Из этого вытекает, что сложная физическая работа может влиять на формирование этого варианта, т.е. сводчатое отверстие не может рассматриваться как дегенеративная вариация связанных со старением.

Кроме того, предполагают, что положение головы с наклоном влево является более распространённым среди правшей, поскольку они имеют более сильную правую грудино-ключично-сосцевидную мышцу, следовательно, было предположено, что неравномерный вес и/или асимметричное использование шейного отдела позвоночника может вызвать лево-правую асимметрию суставов верхнего плечевого пояса [23].

Имеются единичные упоминания о семейных случаях АК с аналогичностью формы и размеров костного отверстия как доминантного наследования [25], а также вероятность этнической предрасположенности [23]. В то же время, статистическая распространённость обоих типов понтикулов у детей и подростков предполагает, что оба варианта атланта развиваются в утробе или в младенчестве [26].

Другое возможное объяснение – окостенение задней атлантозатылочной мембраны. В то время, как существует теория, поддерживающая механические факторы развития костного моста через ложе ПА, многие авторы описывают АК как регрессивный и исчезающий морфологический феномен [39].

Некоторые авторы даже выдвигали теорию, что это редкий тип аномалии, связанный с дорсальной дугой  $C_1$ , где костная арка защищала ПА во время движения головы и шеи, а также от ручного давления [5], хотя большинство авторов склоняются к тому, что костные перемычки при АК возможно ограничивают мобильность

ПА, и могут быть фактором развития атланта-аксиального снижения кровотока [18, 23].

При анатомическом анализе различные варианты АК выявляются в среднем у 30% популяции [8]. При рассмотрении во всех его проявлениях (частичные, полные, односторонние и двусторонние), частота заднего понтикула варьирует от 7,6 до 24,7% в разных популяциях [43]. В зависимости от изучаемой популяции средняя частота АК составляет 16,7%, начиная от 4,3 до 52,9% [38]. В статьях также встречается утверждение, что реальная частота *ponticulus posticus* может быть выше, чем ожидается в общей популяции, достигая 22,5%, чаще у мужчин ( $p < 0,01$ ) и у темнокожих американцев ( $p < 0,01$ ) [40]. Самая низкая распространенность, однако сообщалась в Юго-Восточной Азии и в Северной Америке [23, 24].

Проведенный же нами обзор литературы показал, что частота встречаемости данной аномалии варьировал от небольшого процента пациентов с переменной 4% до 20% [23, 41, 43]. Есть также сообщения о распространенности АК от 37 до 80 % обследованных [11].

В отчете метаанализа, проведенный Эллиотом и Танвиром, обобщены данные рентгеновского обследования шейного отдела позвоночника и хирургических вмешательств, где сообщалось, что общая частота дугообразных отверстий составила 16,7%: 18,8% - в исследования трупов, 17,2% - в изучении компьютерной томографии и 16,6% - в рентгеновских исследованиях, похожие данные встречаются в различных источниках [6, 9, 15, 41].

Некоторые авторы диагностировали ее у 6-43% [22], например, среди чешского населения - 14,3% [36]. При обследовании подростков с остеохондрозом шейного отдела позвоночника АК была выявлена в 13,0% случаев [14, 17, 35].

Что касается локализации, то по данным литературы - двусторонняя задняя аномалия отмечалась в 6,7%, левосторонняя - в 3,3%, а правосторонняя - в 4,3%. Есть также данные: в 5,4% случаев полные отверстия присутствовали с двух сторон, а в 7,6% случаев - было односторонним [37]. Эллиот и Танвир утверждают, что стандартные рентгенограммы не всегда могут дифференцировать

двусторонние или одностороннее отверстие. Они сообщили о наличии полного отверстия у 9,3% пациентов, с частичным или неполным отверстием - у 8,7%. Есть данные, что *ponticulus posticus* имеет распространенность 7,7% для полной формы и 9,0% для неполной. В то же время есть, сообщения, в которых говорится, что наличие полного, двустороннего костного мостика колеблется от 0,1 до 6% случаев [43].

При полной форме АК арка окружает ПА и ее вегетативное сплетение, а также спинной стержень первого шейного нерва в костное кольцо [38]. Включение в костный туннель симпатических нервов приводит к клиническим симптомам этого заболевания. Сегмент V3 ПА сдавливается в костном канале вместо того, чтобы быть свободным в *sulcus arteriae vertebralis* [12, 31].

Отдельные авторы отмечают различие встречаемости АК по половому признаку, наблюдая большую встречаемость у женщин. Некоторые авторы затрудняются ответить, так как получали противоречивые результаты в двух исследованиях: в одних исследованиях это изменение чаще встречалось у мужчин, в других – у женщин [23]. Многие исследования показывают, что в определении наличия костной перегородки нет статистически значимых различий в гендерном отношении [24].

На рентгенограммах у мужчин частичная и полная формы наблюдались соответственно в 8,8 и 11,0%, тогда как у женщин они были обнаружены в 6,9 и 7,7% случаев. Что касается различий в частоте возрастных групп, данные литературы показывают, что процент полной формы увеличивается с возрастом, особенно между 16 и 45 годами, чем в остальных возрастных группах.

### Роль аномалии Киммерле в клинике

АК - видоизменение атланта краниовертебральной зоны, характеризующееся разнообразием клиники и сложностью определения специфических признаков в результате особенностей расположения структур, но ограничения мобильности их костным кольцом [10].

Костные, а также артериальные аномалии, иногда в комбинации, могут вызвать снижение мозгового кровотока [19, 23].

Основными патогенными факторами нарушения микроциркуляции и развития клинических симптомов у пациентов с АК являются: экстравазальное сдавление ПА, долговременная травма адвентиции сосуда, а также раздражение паравазальных симпатических нервов и ветвей затылочного нерва [19, 23].

Аномалии краниовертебральной области могут клинически манифестировать в разном возрасте, чаще всего в 20–40 лет. При АК определяют основные неврологические синдромы: радикулярный синдром, эпилептический, а также синдром сосудистой недостаточности. Также существует мнение, что одним из механизмов возникновения синкопального синдрома является сдавление ПА в ее ложе, гипертрофированной атланто-окципитальной мембраной. ЗАОМ в виде анатомического образования изучена недостаточно. Отмечается, что в литературе нет обоснованных данных о её влиянии на развитие патологий, связанных с нарушением кровотока в зоне краниовертебрального перехода [1, 7, 31]. Описаны случаи клинически крайне значимого понижения вертебробазилярного кровотока с визуализацией очаговой ишемии в стволовой части мозга.

Сдавление ПА, а также её обхват с натяжением могут происходить в атланто-окципитальной зоне и проявления, характеризующие СПА, выявляются у большинства исследуемых пациентов с АК [39]. СПА (по МКБ-10: синдром ирритации симпатического сплетения ПА, син.: цервикогенная мигрень, заднешейный симпатический синдром, синдром Бертачи-Роше, синдром Барре-Льеу) во избежание неправильной трактовки в литературе также предлагается именовать заднешейный симпатический синдром или «шейная артериальная дисфункция», которое более наглядно отражает основу патологии без акцента на сосудистой составляющей синдрома [31].

Клиническими признаками и диагностическими критериями СПА являются:

□ боль в шейно-затылочной зоне симпаталгического характера (жгучая, сверлящая разлитая, без точной локализации, зачастую с иррадиацией в лобную и орбитальную области),

□ вертеброгенный симптомокомплекс шейного отдела (раздражительность т.н. точек ПА, болезненность при пальпации паравертебральной зоны шеи, «хруст», «щелчки» при ротации головы, объем движений в шейном отделе позвоночника ограничен, зачастую с односторонним ограничением активной ротации головы и др.),

□ кохлеовестибулярный синдром: тошнота, головокружение, временно возникающие нарушения слуха («звон», «свист» в ушах, ощущение «заложенности ушей»), также может проявляться атаксия походки и непостоянно возникающий горизонтальный нистагм,

□ глазные симптомы («дисконфорт зрения», «утомляемость зрения», непостоянно возникающая потеря чёткости зрения, преходящее двоение в глазах, фосфены и фотопсии), а также могут возникать глоточные симптомы (легкая дисфагия, чувство инородного тела при глотании).

Дополнительное сжатие ПА, вызванное сводчатым отверстием, охватывающий сосуд и корень субокципитального нерва может предрасполагать ПА к травме, и, по-видимому, связан с головокружением, вертебробазилярной недостаточностью, инсультом задней циркуляции и скелетно-мышечными болями [23, 24]. Есть данные о наличии связи сводчатого отверстия с атеросклерозом ПА [38], мышечно-скелетной болью и сенсорно-нервной потерей слуха [40].

Краниалгия является основной жалобой при АК. Выраженную краниалгию отмечали 56-90% обследованных (хронически протекающая силой в 4-5 балла по визуально-аналоговой шкале 0-10, с усилением до 8-9 баллов при обострении). Головную боль подразделяют на боль напряжения, цефалгию сосудистой природы, а также невропатическую [28]. У обследуемых с выявленной АК могут возникать жалобы на цервикальную мигрень нейросенсорного типа, усталость, нарушения сна, преходящие нарушения слуха и зрения, потерю слуха, шум в ушах, боль в шее, боль в плече и руке, онемение рук и судороги, неустойчивую походку, приступы падения, панические атаки, беспокойство или астму и, в некоторых случаях, даже потерю тонуса постуральной мышцы [11, 19]. АК

имеет также связь с многочисленными другими явлениями, такими как эпизодическое головокружение и потеря сознания, вегетативные явления [31, 38, 41].

В то же время, клиническое наблюдение с ангиографией и верификацией во время операции уточнили, что снижение кровотока сопутствует АК лишь в 5,5%, при условии сдавления рубцом в области костного кольца атланта, а в остальных случаях имеет бессимптомное течение.

Позиционирование вертебробазилярной недостаточности (ВБН), в качестве «временного замедления кровотока мозга, не осложненного инфарктом, вследствие чего невозможно обеспечение метаболизма мозга на достаточном уровне», симптомы временно возникающей ишемии в ВББ хорошо описаны в группе пациентов с тромбозом базилярной артерии. Синдром ВБН (шифр G 45.0 по МКБ-10) имеет много причин (артериальная гипертония, атеросклероз, и т. д.) и не учитывается как самостоятельная патология. Спондилогенное воздействие также можно выделить как причину, учитывая, что ПА - единственный сосуд, расположенный в нестабильном костном канале поперечных отростков позвонков [1].

ВБН характеризуется разнообразной клиникой с нарушением функции центральной нервной системы, под воздействием внемозговой локализации экстравазального сдавления на уровне шеи [15].

Некоторые авторы предполагают наличие взаимной связи между дистрофическим характером патологий шейных позвонков (выраженность дистрофического изменения) и степень патологических изменений ПА у обследованных с ВБН [1]. По некоторым данным ВБН имеет связь с понижением или прекращением кровоснабжения заднего отдела головного мозга левой и правой ПА, и основной артерией [31].

Дисфункция краниовертебрального отдела иногда сопровождается головной болью, возникающей при нарушении мобильности позвоночника, нарушению миофасциальной функции с образованием местного мышечного спазма и триггерных участков. Механизм развития цервикогенной головной боли может быть



различен: сосудистый механизм (вазомоторный, ишемический венозный), мышечного напряжения и невралгический.

Во время вращательного и изгибающего движения шейный отдел может быть физиологически растянут и сжат задним костным мостом атланта, и это может привести к ухудшению потока ПА, вызывая вертебробазилярный синдром недостаточности и диссекцию ПА.

Ротационные пробы для диагностики экстравазальной компрессии на ПА, как причины ВБН, применяются в качестве рутинного исследования при обследовании шеи. Доподлинно известно, что вращение в шейном отделе может провоцировать понижение кровотока по ПА и способствует развитию «синдрома лучника» (синдром ротационной позвоночной артерии) – картина, характерная для клиники циркуляционной ишемии, вызванной обратимой обструкцией ПА [21, 37].

Наиболее распространенной причиной СПА является гипертрофированная костная шпора, связанная с дегенерацией унковертебрального сустава. Эта аномалия может вызвать сжатие проходящей ПА, а также привести к её натяжению и перегибу, что также в дальнейшем спровоцирует рассечение сосуда и ишемические изменения, вплоть до инсульта [10, с.139-145].

Отмечается, что симптоматический СПА у пожилых часто вызван сжатием костной аномалией или гипертрофическим остеофитом доминирующей ПА во время вращения головы, в результате чего появляются признаки и симптомы церебральной ишемии. При атеросклерозе сосудов симптомы деградации иногда переходят до инсульта. Кроме того, пожилые пациенты при остеохондрозе реже производят резкие и амплитудные движения головой. С другой стороны, у детей прогнозируется меньшая вероятность развития симптомов клеточного тромбоза и эмболизации. У активных детей вследствие отсутствия возрастной дегенерации позвоночника, больше вероятность диссекции при СПА.

Рефлекторный спазм при тракции нижней косой мышцы головы в комплексе с сильным сгибанием способствует подвывиху атлантоосевого сустава. В следствие чего между слоями фасции

мышцы могут быть компремированы большой затылочный нерв вместе с затылочной артерией. Затылочная артерия оказывается прижата к суставу С<sub>1</sub>-С<sub>2</sub> на контралатеральной стороне при ротации.

Наблюдение за пациентами с инсультом задней циркуляции при АК показало, что движения, растяжение, вращение и изгиб шейного отдела может вызвать чрезмерное внешнее давление с динамическим стенозом и изменениями в нормальном потоке крови на сегмент V3 в отверстии [38]. Есть публикации, описавшие также высокую распространенность *ponticulus posticus* в небольшой группе пациентов с синдромом Горлин-Гольца (50% пациентов), подтверждая тем самым исследования, сообщающие об аномальной кальцификации атлантозатылочной связки при этом заболевании.

Присутствие АК также может играть причинную роль в генезисе расслоения ПА, что было описано как наличие предрасполагающего фактора синдрома внезапной детской смерти [19]. При изучении группы детей с вертебробазилярным инсультом выявили, что повреждение стенки сосуда может быть связано с повторными микротравмами во время движения шеи [43]. Наблюдаемые при этом у детей носовые кровотечения вероятно связаны со стазом в системе сплетения вен позвоночника. Фокусные неврологические симптомы у детей при СПА носили временный характер и отмечены в виде горизонтального нистагма и атаксии [1].

### Лучевая семнотика при аномалии Киммерле

Под понятием «вазотопическая диагностика» в вертебрально-базилярной области понимается определение основной патологической зоны, воздействующей на сосуды КВО и, в силу анатомических особенностей, нуждается в комплексном подходе при применении лучевой визуализации [15, 16]. Наличие дугообразного отверстия в большинстве случаев, можно наблюдать рентгенологически с использованием классической рентгенографии, однако этого не всегда достаточно, так как в большем проценте случаев тонкие костные перемычки могут быть обнаружены только после реконструкции трехмерной КТ.

Преимущества КТ при диагностике возникновения костного мостика атланта нижеследующие: на основе только одной осевой

проекции (реконструктивное изображение) формы поверхностей костных суставов по всем поверхностям полностью восстанавливаются, обеспечивается равномерность изображения атланта по правой и левой сторонам, отсутствуют четкие и проекционные искажения, могут быть измерены высота и ширина сводчатого отверстия и костные перемычки с обеих сторон. Основная недостаточность КТ при сравнении с другими радиологическими методами, это высокая экспозиционная доза облучения и высокая стоимость.

Спиральная компьютерная ангиография – показательный, хотя и несущий большую лучевую нагрузку, способ визуализации сдавления ПА. Цифровая рентгеновская ангиография - более достоверный метод уточнения этиопатогенеза, позволяющий оценить параметры ПА в разных проекциях, но имеются трудности в проведении данного исследования ввиду малой применяемости инжекторов.

Как метод визуализации патологии сосудистой системы, в том числе сонных и позвоночных артерий на различных уровнях ультразвуковая доплерография (УЗДГ) является скрининговым исследованием, и может считаться высокоэффективной альтернативой магнитно-резонансной томографии (МРТ) [9, 13]. Однако, не все виды ультразвуковой диагностики имеют высокую достоверность полученных результатов [21]. В этой области хорошо зарекомендовала себя ТКДГ, которая позволяет оценить кровоток в интракраниальных мозговых сосудах.

Изменения параметров гемодинамики в сосудах даёт возможность зафиксировать ТКДГ. Причём исследования тока крови в ПА в покое и при ротации шеи этим методом единичны [34].

У пациентов с СПА по данным УЗДГ брахиоцефальных сосудов и ТКДГ, обнаружены патологические изменения кровотока в ВББ, хотя многочисленные ультразвуковые исследования, проведенные за последние два десятилетия, при изучении кровотока в различных положениях шеи дали противоречивые результаты [31]. В исследованиях обычно измерялись параметры, связанные со скоростью потока, подвержены значительным колебаниям, особенно если отбираются пробы вблизи стенки сосуда.

Некоторые авторы сообщают, что кровоток был изменен при контралатеральном вращении, а другие, что он был без изменений. Результат сильно зависит от оператора, особенно при измерении параметров кровотока в извилистых сосудах малого диаметра, таких как ПА. С помощью УЗИ было показано, что определенные движения шеи, в частности вращение шейного отдела позвоночника, могут изменять скорости кровотока в краниоцервикальных артериях лишь у некоторых лиц (исследовали молодых людей, в среднем 33 года). В то же время, только около 50% пациентов пожилого возраста с симптоматической ишемической цереброваскулярной болезнью при контралатеральной ротации кровообращение в ПА было уменьшено. Текущее исследование также предполагает, что, когда поток уменьшается в одном сосуде из-за положения шеи, он компенсируется увеличением потока в другом сосуде.

Скорость кровотока не всегда использовалась для сравнения состояния сосудов, потому что она сильно варьирует в зависимости от области отбора проб, что особенно важно для небольших извилистых сосудов. Общий объем потока для всех позиций зачастую анализируют с помощью линейной модели смешанных эффектов. Изменения потока были менее 10%, что считается нормальным изменением притока головного мозга. В области сужения сосуда происходит снижение периферического сосудистого сопротивления под действием рефлекторных механизмов, как ответ на повышение сопротивления току крови, и при этом соответственно регистрируются пониженные на 12,7-14,6% индекс резистентности (RI) и индекс пульсации (PI).

В противовес этому, при проведении МРТ-исследования изучалась характеристика кровотока в краниоцервикальных сосудах в различных положениях шейного отдела и сопоставлялись данные кровотока относительно нейтрального положения, для определения потенциально опасных положений шеи. Исследование показало, что ни одно из положений шеи не влияло на кровоток и что ни одна позиция не оказала значительно большего влияния на кровоток, чем любая другая. Выполнение перфузионной компьютерной томографии у пациентов без заднемозговой ишемии (подтвержденное МРТ) и в контрольной группе (соотношение 1:2)

обнаружило гипоплазию ПА у 15,6% пациентов с подозрением на инсульт, что чаще констатировали на правой стороне (66,1%). В 11,9% отмечен одинаковый размер ПА без признаков гипоплазии.

Также нет единого мнения о величине диаметре среза, который различает нормальную и гипопластическую ПА. По мнению некоторых авторов, этот показатель составляет 2,0 мм, другие утверждают, что это 3,0 мм. Есть данные, при которых гипоплазию ПА определяли при диаметре  $\leq 2$  мм и коэффициентом асимметрии  $\text{ПА} \leq 1:1,7$ . Распространенность гипоплазии ПА, по оценкам некоторых авторов, колеблется от 1,9 до 15,6%, что может способствовать заднемозговым ишемическим изменениям. Более высокая распространенность была продемонстрировано на МРТ шейного отдела, показывающие возникновение гипоплазии ПА в 43,5% [11].

В другом исследовании гипоплазию ПА отметили у 14% обследованных. Причем, диаметр ПА умеренно генетически детерминирован. Асимметрия ПА присутствовала примерно у 75% субъектов, и опять-таки, преимущественно справа выявлялась гипоплазия ПА, что согласуется с предыдущими данными [42]. Следует подчеркнуть, что гипоплазия ПА легко формирует низкоскоростные и высокоомные сигналы вдоль всего сосуда. Это отличает врожденное уменьшение диаметра от приобретенных, в которых изменения чаще всего сегментарные [43]. Также отмечается, что гипоплазия позвоночной артерии является независимым фактором, связанным с окклюзией ПА, и вероятно, играет роль в ишемии задней циркуляции.

По литературным данным распространенность ПА диаметром  $< 2$  мм составляет 5,6% слева и 9,0% на правой стороне, в то время как возникновение диаметра ПА  $< 3$  мм - 40,5% слева и 44,4% справа, а распространенность ПА диаметром  $< 2,5$  мм составляет 19,0% слева и 19,2% на правой стороне. Указано, что пациенты с гипоплазией ПА более восприимчивы к стенозу дистального отдела ПА. Считается, что это связано с медленным потоком крови в ПА, который может увеличить восприимчивость к тромбозу и плохому клиренсу тромбов, приводящий к стенозу дистальной части артерии.

Что касается терапии, несколько работ описывают хирургическое лечение АК: срединный задний доступ для декомпрессии V3 сегмента ПА. При этом регресс клинических признаков вертебробазилярного конфликта наблюдался у 90% оперированных пациентов. Есть сообщения о ремиссии симптомов после процедуры, которое включало рассечение костного моста и пернартерально-симпатическую симпатэктомию [31].

Хорошие результаты наблюдали у пациентов с АК, которые подверглись декомпрессионным операциям ПА и симпатэктомии в пределах отверстия при дифференциации рецидивирующего головокружения. Кроме того, есть несколько исследований, указывающих, что знание о наличии или отсутствии этого анатомического изменения атланта может быть важным при планировании нейрохирургических операций для охраны краниовертебральной области. То есть, ПА подвержена травматизации во время заднего подхода к краниовертебральному соединению при боковом рассечении и разложении прессламинэктомии C<sub>1</sub> или других стабилизационных процедурах, такие как вставка винтов в боковые массы атланта.

Травма сосуда во время операции может быть причиной чрезмерного кровотечения и может привести к сокращению церебрального артериального кровотока. Своевременное учитывание специфической анатомии региона, включая наличие дугообразного отверстия может уменьшить риск травмы ПА во время операций в краниовертебральном переходе.

Ятрогенная травма ПА может легко возникнуть при расчете точки входа для винтов при проведении C<sub>1</sub>-ламинэктомии если есть наличие АК [24, 36]. Эта конкретная аномалия имеет значение в ортопедической хирургии, особенно для уровня C<sub>0</sub>-C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>. В этих случаях наличие *ponticulus posticus* может привести к серьезным осложнениям хирургической операции, так как она может дать ложное интраоперационное впечатление широкой задней дуги, с последующим прободением через ПА.

Хотя такие отклонения могут быть клинически незаметными, но они могут быть сложными и опасными в контексте травмы. Они могут даже осложнить проведение специфических диагностических

или хирургических процедур. Кроме того, они могут вызвать большое количество симптомов, начиная от головной боли и боли в шее до возникновения сложных изменений связей костных структур с нервами, кровеносными сосудами, мышцами и связками. Как результат этого, радиологи, невропатологи, хирурги и мануальные терапевты должны в своих клинических дебатах рассматривать возможности возникновения дисморфизмов атланта (должны осознавать их различные морфологические проявления, а также коррелированные клинические проявления) [43].

Анализируя данные зарубежной и отечественной литературы оценки артериального тока крови в краниовертебральном отделе, в частности при аномалии Киммерле, можно с уверенностью говорить о необходимости разработки обоснованной последовательности проведения лучевых методов визуализации. Научные исследования, посвященные данной патологии малочисленны, и принадлежат исключительно зарубежным авторам. Учитывая перспективность методов визуализации, необходимо проведение дополнительных исследований, по сравнительной оценке, их эффективности в диагностике аномалии Киммерле.

## ГЛАВА II. КЛИНИКО-ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБСЛЕДОВАННЫХ ПАЦИЕНТОВ

Анализированы данные лучевых методов исследования 620 больных, обследованных в отделении рентген-радиологии 1-клиники СамГМУ в 2019-2021 годы. Основной жалобой у пациентов являлась головная боль. Пациентам был проведен комплекс клинико-рентгенологического обследования, КТ, УЗИ, МРА. У 110 больных из обследованных была диагностирована аномалия Киммерле. Из числа пациентов с аномалией Киммерле были отобраны 50 человек, составившие группу контроля, прошедшие данные обследования в произвольном порядке. Остальные 60 пациентов составившие основную группу, прошли поочередно рентгенографию, компьютерную томографию, транскраниальную доплерографию и магнитно-резонансную ангиографию с акцентом на зону интереса в краниовертебральной области.

Гендерное распределение выявленных пациентов с аномалией Киммерле составило 54 мужчин (49,1%), 56 женщин (50,9%). Возраст обследованных пациентов был 12 - 85 лет. В мужской части обследованных средний возраст составлял  $41,22 \pm 17,29$  года, в женской –  $42,36 \pm 15,75$  года.

Табл. 1

Возрастное распределение пациентов с аномалией Киммерле

Группы по возрастам	Возрастной интервал	Пол	
		мужчины	женщины
дети	до 18 лет	4	1
молодые	18-44 года	30	31
среднего возраста	45-59 лет	14	15
пожилые	60-74 года	4	7
старческого возраста	75-89 лет	2	2
Всего:		54	56

В соответствии с возрастной классификацией ВОЗ и по полу, всех пациентов с выявленной аномалией Киммерле разделили на группы, приведенные в табл. 1 [20]. Возрастное распределение показывает, что наибольшую долю пациентов составляют лица молодого возраста [19].

Анализируя гендерное и возрастное распределение пациентов, можно отметить, что во всех возрастных группах практически отсутствовало гендерное преобладание, что замечено и в других



литературных источниках [38]. Как видим, из представленной таблицы, аномалия Киммерле практически равноценно отмечалась у мужчин и женщин, с частотой встречаемости 17,7% [19]. Причем, представители сельской местности преобладали (70 больных, 63,6%), нежели городские (40 больных, 36,4%).

Диагноз аномалия Киммерле у всех пациентов уточнен методом компьютерной томографии.

Клинические симптомы у обследованных пациентов были различными: различной интенсивности боль в голове, гул в ушах, головокружение, преходящие нарушения слуха и зрения, усталость, нарушения сна, неустойчивая походка, приступы падения, панические атаки, беспокойство или астма, онемение рук и судороги [19]. Указанные симптомы, скорее всего, имеют вертеброгенную, т.е. в основном периферическую этиологию [15].

Следует отметить, что по данным литературы существование даже частичного костного моста, то есть неполного дугообразного отверстия (*ponticulus posticus*) на верхней поверхности атланта, с точки зрения, как клинических, так и рентгенологических данных, свидетельствует о возможной связи между аномалией Киммерле и проявлением хронических головных болей напряженного типа и нейросенсорной потери слуха [15].

У части пациентов с АК (27,3%), с сопутствующей ВБН, были жалобы на офтальмологические патологии (см. табл. 2). У трети обследованных проявлялась чувство вялости и утомляемость, снижение работоспособности, патологическая сонливость, а также рассеянное внимание.

Табл. 2

Основные жалобы обследованных пациентов

	Жалобы	Количество больных	
		Абс.	%
1	боль в шейной области	58	52,7
2	боль в затылочной области	90	81,8
3	головокружение	62	56,4
4	снижение слуха	24	21,8
5	шум в ушах	15	13,6
6	снижение памяти	42	38,2
7	фотопсии и помутнение перед глазами	30	27,3
8	кратковременная потеря сознания	3	2,7

У пациентов с диагностированной АК основной жалобой (81,8%) была краниалгия. Говоря о вестибуломозжечковых и кохлеарных нарушениях у обследованных пациентов, в основном наблюдалось головокружение, нистагм, снижение тонуса мышц и помутнение перед глазами, что отмечали и другие авторы [10].

Зачастую, особую роль в возникновении ВБН играет болевой спазм сосуда, в том числе и ПА, вследствие раздражения симпатического нервного сплетения. Основная масса обследованных предъявляла жалобы на боль в цервикальной области, которая, вероятно, была спровоцирована дегенеративно-дистрофическими изменениями связочно-суставного аппарата и способствовала возникновению патологического вегетативного рефлекса. В результате чего, болевое раздражение структур позвоночника приводило к чрезмерному раздражению симпатических нервов околососудистого сплетения ПА, и как результат длительному и устойчивому спазму. Согласно известным данным.

Со слов обследованных приём анестетиков, а также нестероидных противовоспалительных препаратов зачастую не купировал головные боли, или же носил кратковременный характер, что также замечено и некоторыми авторами [10]. Метеозависимость наблюдалась у 55,5% обследованных. Жалобы на цервикалгию предъявляли 58 (52,7%) больных, при этом у них определялся мышечный гипертонус шейного отдела, зачастую асимметрично. Умеренную болезненность верхне-шейных околопозвоночных точек, а также точек в области скальпа отмечали при пальпации 28 (25,5%) пациентов. Больные также жаловались на умеренной выраженности несистемное головокружение - 62 (56,4%), общая слабость отмечена у 64 (58,2%), быстрая утомляемость - 43 (39,1%), выраженное снижение работоспособности - 36 (32,7%), нарушение сна у 30 (27,3%) пациентов.

После диагностирования аномалии Киммерле оказалось, что вышеуказанные симптомы наиболее выражено встречались именно у пациентов с изучаемой аномалией и особенно усиливались при поворотах головы. Жалобы пациентов нередко (15,5%) были связаны с положением головы (поворот или наклон вбок). Появление вышеописанных жалоб, а также их усиление имели связь

с различного рода нагрузками в шейном отделе позвоночного столба.

Клиника и часто выявляемые рентгенологические изменения шейного отдела позвоночника наводят на мысль о возможной связи между аномалией Киммерле и появлением хронических головных болей напряженного типа.

Согласно литературным данным, двусторонняя АК чаще проявляется клиническими симптомами. Как отмечается, соотношение между наличием и отсутствием острой головной боли в несколько раз выше у субъектов с двусторонней АК по сравнению с субъектами без АК и существенно не зависит от половой принадлежности [38].

Для данной выборки пациентов в нашей работе рентгеновскими методами были определены типы аномалий, площади правого и левого сводчатого отверстия атланта, переднезадний и вертикальный размеры отверстия атланта, а также толщина костной перемычки как для правой, так для левой сторон. Методом ТКДГ изучен кровоток V3 и V4 участков ПА для правой и левой стороны до и после ротационной пробы. МР-ангиография дала информацию о морфологии сосудов краниовертебральной области.

### Методы лучевой визуализации

#### Рентгенографическая характеристика вертебробазилярной зоны позвоночника

Все больные (100%) были обследованы на аппарате HF-51-5 (производство КНР) в отделении рентген-радиологии 1-клиники СамГМУ. Придерживались следующих технических условий: напряжение на трубке - 95-115 кВ, сила тока - 100-150 мА, время экспозиции - 0,2-0,4 с. Лучевая нагрузка при проведении рентгенографии шейного отдела позвоночника составляла 0,5 мЗв.

Снимки краниовертебрального перехода в прямой проекции не всегда давали точного представления о наличии костных перемычек атланта из-за наложения структур, поэтому снимки исследуемых для диагностики и сравнения производились в основном в боковых проекциях.

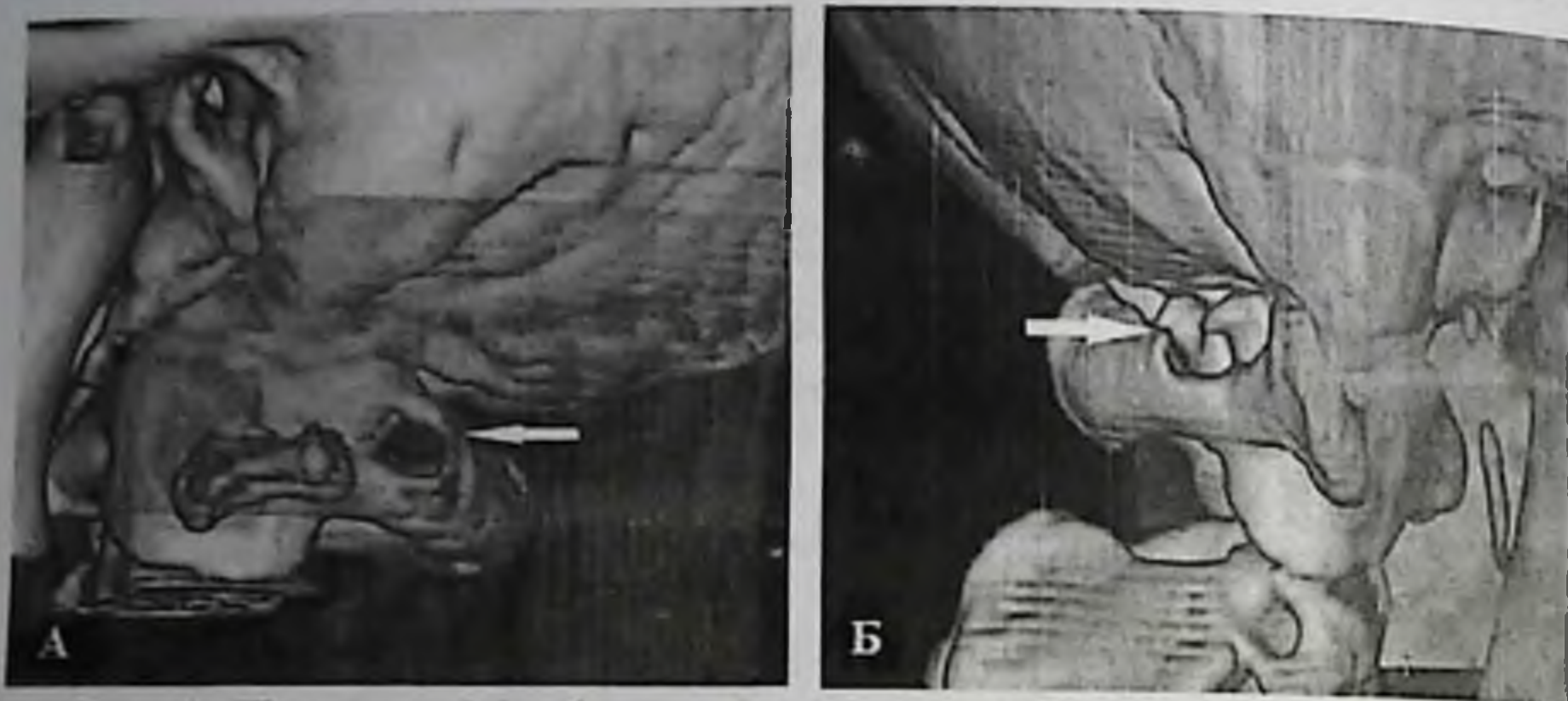
Рентгенографическую визуализацию шейного отдела позвоночного столба выполняли в положении больного «стоя» в боковой проекции. Использовали кассету размером 18 см x 24 см. Расстояние от фокуса рентген-трубки до кассеты при проведении рентгенографии шеи в латеральной проекции стандартно составляло 100 см, что давало настоящие анатомические величины исследуемых костных структур.

Боковые стороны атланта хорошо визуализировались на снимках в боковой проекции, но происходило наложение боковых отделов и нельзя было с большой вероятностью установить локализацию косного мостика (слева, справа или с двух сторон), т.к. рентгеновские лучи в этой проекции проходят насквозь через обе дужки атланта и получается суммация теней. Этот метод исследования невозможно переоценить, так как, хотя он и не может дать полную характеристику изменениям атланта, но может определить наличие или исключить АК. Учитывая небольшую лучевую нагрузку, она будет очень полезна в качестве скринингового исследования.

При проведении рентгенографии обращали внимание на наличие замкнутого или незамкнутого костного кольца над дужками атланта, толщину костной перемычки, визуализацию АК с одной или обеих сторон. Также оценивали изменения шейного отдела позвоночного столба.

### **Компьютерно-томографическое исследование краниовертебрального отдела позвоночника**

Мультисрезовая спиральная компьютерная томография (МСКТ) выполнялась всем пациентам (100%) на 128-срезовом компьютерном томографе «Optima CT540» (GE, производство США). Параметры сканирования: сила тока на трубке варьировала от 119 мА до 249 мА, в зависимости от возраста, массы и количества срезов, напряжение – 120 кВ, скорость ротации трубки - 1.0 с, питч - 0.85, толщина среза 1.25 мм. Лучевая нагрузка при МСКТ в режимах сканирования составляла 2 мЗв [20].



*Рис. 2. Пациент М. 16 лет. Компьютерная томография с 3D-реконструкцией изображения. Краниовертебральный отдел: А) заднее полное кольцо Киммерле слева, Б) неполное кольцо справа.*

Постпроцессинговый анализ включал мультипланарную реконструкцию (МПР) с получением аксиальных, сагиттально-косых снимков для более четкой визуализации костных элементов первого шейного позвонка, а также объемную трехмерную 3D реконструкцию (см. рис. 2).

При проведении МСКТ особое внимание было уделено краниовертебральному переходу, наличию замкнутого или незамкнутого костного кольца над задними дужками атланта. Были определены типы аномалии Киммерле, площади правого и левого сводчатого отверстия атланта, переднезадний и вертикальный размеры отверстия атланта, а также толщина костной перемычки как для правой, так для левой сторон. Также оценивали сопутствующие изменения головного мозга и шейного отдела позвоночника.

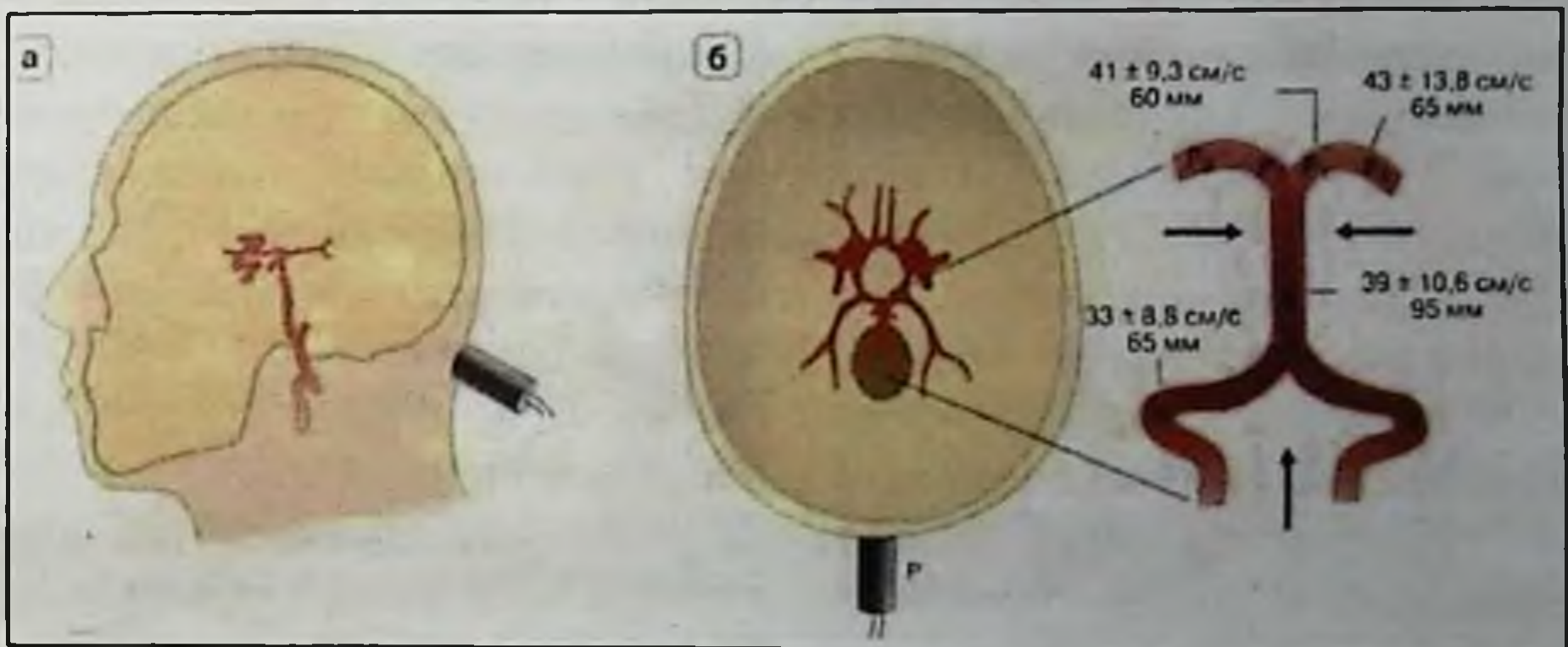
### **Транскраниальная доплерография сосудов краниовертебральной зоны**

Состояние церебральной гемодинамики 620 пациентов оценивали по результатам транскраниальной доплерографии (ТКДГ) на базе 1-клиники СамГМУ в отделении неврологии под контролем невропатолога.

Использовали ультразвуковую систему Edan Instruments (производство Китай). Датчик сканирования в диапазоне от 2 до 8 МГц. Доступ: срединный (трансокипитальный), парамедианный.

V3 сегмент ПА оценивали в дугообразном отрезке при вхождении в большое затылочное отверстие, V4 – конечный отдел ПА перед образованием базилярной артерии. Положение пациента изначально было лицом вниз, после - при максимальном повороте вправо и влево. Для исключения артефактов от движения, а также сложности лоцирования ПА из-за вариабельности калибра и хода артерий, обследуемый должен быть в состоянии покоя. Основной преградой остается проникновение ультразвука через костные структуры. Этот процесс зависит от всех 3-х слоев черепа, обладающими различными акустическими свойствами. Искажение ультразвука главным образом зависит от толщины кости, а не от угла локации.

Идентификация ПА происходит по базисным параметрам: глубина локации, направление и параметры тока крови, субокципитальное положение датчика с краниальным и кпереди направлением ультразвука (см. рис. 3).



*Рис. 3. а – ТКД-исследование ПА через субокципитальный доступ, б – положение датчика и характеристики кровотока (показатели скорости и глубина локации) в дистальных отделах ПА (V) и стволе (B) основной артерии. Скорости в P<sub>1</sub>- и P<sub>2</sub>- сегментах измеряли из транстемпорального доступа. P – ультразвуковой датчик.*

Датчик устанавливают между дорсальным контуром большого затылочного отверстия и первым шейным позвонком. Направление датчика выбирается параллельно сагиттальной плоскости, вначале с ориентацией к спинке носа, с последующей латерализацией на 30-40°. Глубина локации ПА находится в пределах от 35 до 65 мм.

По записанной доплерограмме проводили оценку качественных и количественных данных тока крови в ПА. Изучение качественных критериев проводили по форме доплерограммы, звуковой характеристике сигнала, виду спектра, и траектории тока крови.

Вид графического изображения доплерограммы ТКДГ точнее оценивать состояние кровотока, так как при изменениях тока крови спектральная форма существенно изменяется. Из качественных нами были оценены показатели уровня максимального (соответствует пиковой систолической скорости -  $V_{\max}$ , см/с) и минимального уровня кривой (соответствует диастолической скорости -  $V_{\min}$ , см/с), также сюда относятся ретроградный ток в раннюю диастолу, углубление в доплерограмме, а также в конечную диастолу отсутствие тока крови.

Итоговая диастолическая скорость ( $V_{\min}$ ) характеризовалась показателями периферического сосудистого сопротивления. Необходимо также помнить, что данные параметры напрямую зависят от величины угла датчика относительно направления движения крови. При проведении исследования наклон датчика выставляли до получения насыщенности изображения спектра, что достигается при значении наклона ниже  $45^\circ$ .

Количественные параметры кровотока не зависят от степени наклона датчика и характеризуются индексами: RI и PI.

Данные динамики тока крови в ПА обследуемого вначале оценивали в позиции лицом вниз. После чего измеряли скорость кровотока при максимальном повороте головы вправо и затем при повороте влево. После получения результатов, вычисляли коэффициент реактивности (КР), в %:

$$КР = (ПРП/ДРП - 1) 100$$

где ПРП - результаты данных после ротационной пробы,

ДРП - результаты данных до ротационной пробы (относительно данных при положении головы лицом вниз).

У пожилых людей с дегенеративно-дистрофическими изменениями позвонков шеи, симптоматический синдром раздраженной позвоночной артерии чаще всего отмечался с рецидивами помутнения сознания и головокружениями.

Классический тест для выявления - вращательное движение головы со смешанным торсионным горизонтальным нистагмом по направлению к сжатой артерии и головокружением.

Транскраниальная доплерография даёт возможность определить гемодинамическое значение экстракраниального поражения относительно влияния на церебральную гемодинамику. При этом также необходимо учитывать тонус внутримозговых артерий, степень сосудистой дисциркуляции, состояние артериального мозгового кровотока, цереброваскулярную реактивность и резервы коллатерального кровообращения.

В нашем исследовании уделяли внимание кровотоку по позвоночным артериям, его максимальной, средней и минимальной скорости в покое и при проведении поворотных проб. По результатам функциональных проб рассчитывались коэффициенты реактивности (КР).

#### **Магнитно-резонансная ангиография сосудов краниовертебральной зоны**

Магнитно-резонансная ангиография (МРА) проводилась на томографе марки «MAGNETOM ESSENZA Tim+DOT» (Siemens, производство Германия) с напряженностью 1,5 Т, в 3-D TOF этапности («время – пролетная» ангиография) проведена у всех обследованных. Проводили мультимодальную оценку параметров и прямолинейность сосудов. Также акцент внимания был направлен на замкнутость коллатеральных сосудов в Вилизиевом круге, аномалии строения артерий, их коммуникаций, характеристики перетока крови из русла внутренних сонных артерий. Визуализацию сосудов шеи проводили методом МРА, улавливающей усиление сигнала кровотока с одновременным снижением сигнала от окружающих (неподвижных) структур. Реконструкцию полученных срезов проводили для визуализации 3-D методом.

Применение МРТ метода как признанного высокоинформативным диагностическим стандартом исследования применяемым для оценки и сопоставления в комплексе данных полученных проведением лучевых методов диагностики. К отрицательным сторонам МР-ангиографии относят возникновение «выпадения» сигнала от тока крови под воздействием различных



артефактов, турбулентность кровотока, малый калибр сосуда, замедленный кровоток, что значительно усложняет интерпретацию полученных результатов.

МР ангиографию сосудов головного мозга проводили с захватом кранивертебральной зоны. Оценка МР-ангиограмм проводилась во всех плоскостях. Особое внимание уделяли наличию стенотических участков, деформации и правильности хода сосудов, препятствий току крови, наличию мальформаций и трифуркаций сосудов. Оценивали калибр ПА и выявляли наличие гипоплазии на различных уровнях (в основном уровень V3, V4 сегментов ПА).

При проведении МРА мы получили возможность оценить морфологию сосудов. Анализ МР-ангиограмм позволил оценить состояние основных артерий мозга, а также артериального круга головного мозга (замкнутость, состояние соединительных артерий), а также на участие ПА в кровоснабжении ствола мозга. Оценка диаметра артерии в области задней дуги атланта тщательно измерялась, учитывая то, что АК может быть причиной сдавления ПА в *foramen arcuale*.

### ГЛАВА III. ЛУЧЕВЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В ДИАГНОСТИКЕ НАРУШЕНИЙ КРОВООБРАЩЕНИЯ В ВЕРТЕБРОБАЗИЛЯРНОЙ ЗОНЕ ПРИ АНОМАЛИИ КИММЕРЛЕ

В данном разделе работы анализируются данные компьютерной томографии, рентгенографии, транскраниальной доплерографии и магнитно-резонансной ангиографии у пациентов с наличием диагностированной аномалии Киммерле (n=110). Основную группу составили пациенты, прошедшие обследование в соответствии с составленным алгоритмом (n=60), группа контроля прошла обследование в произвольном порядке (n=50).

#### Рентгенологические особенности шейного отдела позвоночника при аномалии Киммерле

Различные аномалии атлантозатылочной области могут привести к патофизиологическим состояниям клинического значения. Как мы уже говорили, *ponticulus posticus* или АК относится к анатомической аномалии атланта, описывающей развитие костного моста между задним отделом верхней части суставного отростка и заднелатеральной частью верхнего края задней арки, где есть паз для ПА и первого шейного нерва (см. рис.4).



Рис. 4. Схематическое изображение. Слева указан обычный атлант с огибающей его позвоночной артерией. Справа над артерией стрелкой указана дужка – аномалия Киммерле. ПА – позвоночная артерия. С<sub>1</sub> – первый шейный позвонок. С<sub>2</sub> – второй шейный позвонок.

Развитие клиники СПА с наличием проявлений, возникающими под действием вегетативно-ирритативных периваскулярных ишемических и симпатических механизмов, в результате обеднения кровотока в артериальном круге головного мозга и развития дефицита кровоснабжения, возникает в силу большой подвижности в вертебробазиллярном отделе, особенностей его строения в сочетании с АК.

Для уточнения заключения АК и характеристики взаимоотношений костных структур вертебробазиллярного отдела производилась поэтапная рентгенография шейного отдела позвоночного столба в боковой проекции, с охватом краниовертебральной области (КВО) и компьютерная томография КВО (КТ головы с захватом краниовертебральной области и КТ шейного отдела) для оценки морфологического состояния шейного отдела позвоночника.

На первом этапе исследования, нами были анализированы данные рентгенографии шейного отдела позвоночника пациентов, предъявлявших жалобы на различной степени выраженности болевые ощущения в области головы и шеи, среди которых отобраны объекты исследования для детального анализа костной перемычки первого шейного позвонка.

Образование жесткого костного кольца за счёт костной перемычки вокруг артерии и сопутствующего нерва, скорее всего способствует влиянию на частоту проявлений СПА. АК играет большую роль в развитии данного синдрома при остеохондрозе шейного отдела, а также других морфологических и функциональных изменениях данного отдела позвоночника, выявляемых при рентгенологической визуализации.

Сопоставительный анализ рентгенограмм шейных позвонков пациентов в основной группе и группе контроля выявили больший процент выявляемости аномалии Киммерле (см. табл.3), прошедших рентгенографию шейных позвонков с зоной интереса в вертебробазиллярной области. Также у пациентов с аномалией Киммерле отмечали превалирование различной степени выраженности дегенеративно-дистрофические изменения в группе обследованных относительно группы контроля. В основном было выявлено уплотнение замыкательных пластин, краевые экзофиты нижних шейных позвонков. При анализе рентгенограмм шейного

отдела позвоночника в преимущественном проценте наблюдений высота тел позвонков сохранена (98,2%), в тоже время отмечалось сужение ширины межпозвонковых щелей (67,3%). Замыкательные пластинки тел были уплотнены у 41 больных (37,3%), а в 69 случаях (62,7%) были без изменений. Дифференцировались различной степени выраженности остеофиты тел позвонков (60%).

Табл. 3

**Рентгенологические изменения в шейном отделе позвоночника пациентов с Аномалией Киммерле (n=110)**

Наличие костной перемычки атланта	Основная группа (n=60)		Контрольная группа (n=50)	
	Абс.	%	Абс.	%
есть	53	88,3	37	74,0
полная	36	60,0	20	40,0
неполная	22	36,7	12	24,0
2-сторонняя	11	18,3	6	12,0

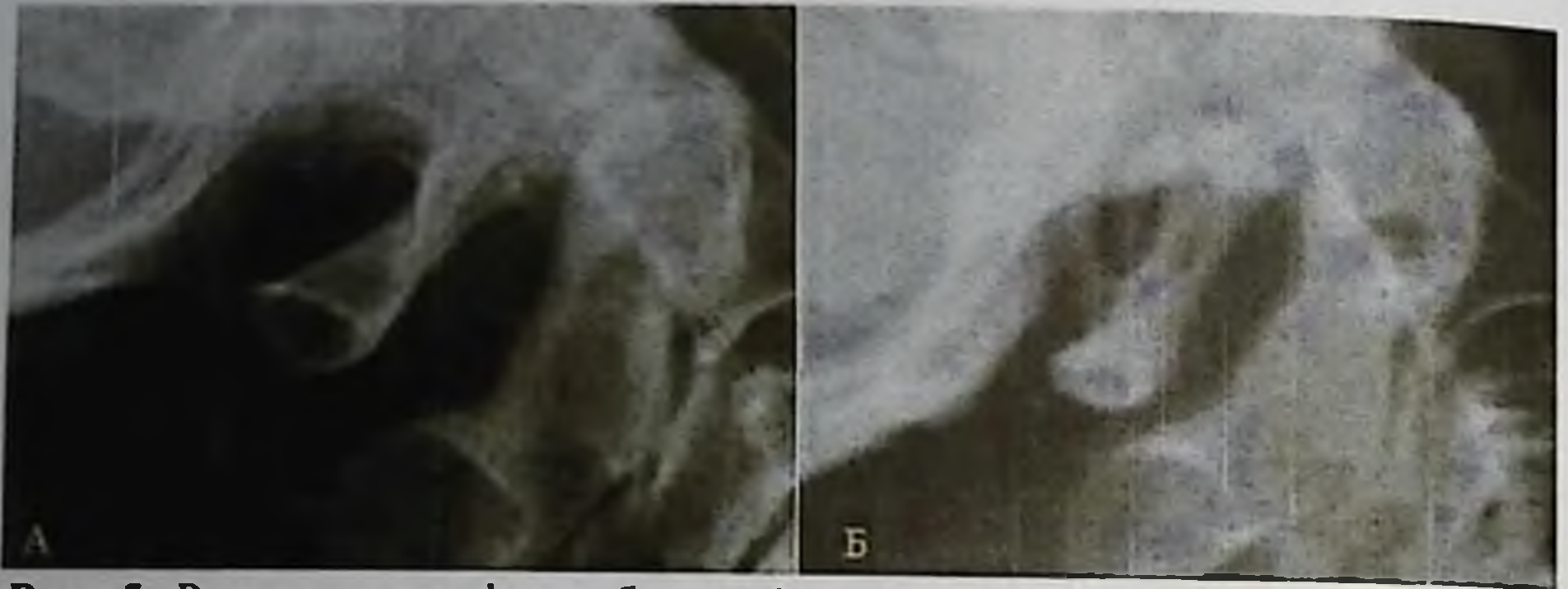
Рентгенологическая визуализация патологического изменения физиологического лордоза шейного отдела позвоночного столба в сагиттальной плоскости отмечено у 37,3% обследованных. Кифотическое изменение I степени отмечалось у пятой части обследованных и в основном в ниже-шейном отделе, бесструктурного характера, что уже свидетельствует о нарушениях подвижности позвонков. Оценка физиологического лордоза показала сглаженность в 9,1% наблюдений, выраженность – в 28,2%, в остальных случаях (62,7%) – его сохранность. Смещение же тел позвонков ни в одном из наблюдений не выявлялось.

Вертебробазилярная зона, является стратегической в силу особенностей как самого сустава, так и расположенных структур и их взаимоотношения. Исходя из этого, обследованных вначале по наличию выявленной на рентгенограмме АК, разделили на 2 группы:

I группа - пациенты с односторонней АК,

II группа - пациенты с двухсторонней АК (см. рис.5).

«Находку» на рентгенограмме шеи оценивали в боковой проекции для определения замкнутости, а возможно и двухстороннее расположение. Прямые заднюю и переднюю рентгенографии основания черепа с открытым ртом не выполняли из соображения редкой встречаемости латерального мостика и трудности его визуализации в данных проекциях.



*Рис. 5. Рентгенография в боковой проекции. Краниовертебральный отдел. А – односторонняя задняя незамкнутая аномалия Киммерле. Б – двухсторонняя задняя замкнутая аномалия Киммерле.*

Выявленная рентгенографическим методом костная перемычка атланта в 17 случаях дифференцировалась двухстороннее расположение перемычки, в остальных визуализировалось 1-стороннее костное кольцо  $C_1$ , различались полный (замкнутый), неполный (незамкнутый) типы аномалии Киммерле.

Переднезадний размер костного кольца (или полукольца) по данным цифровой рентгенографии составил в среднем  $5,4 \pm 0,28$  мм, высота костного кольца  $3,3 \pm 0,07$  мм. Форма костного отверстия чаще имела овальную форму. Толщина костной перемычки в наиболее тонком месте составила 0,7 мм.

Наличие костного кольца, окружающего сосудистые и нервные структуры в этой области шеи с высокой мобильностью, выявленное при рентгенографии, может быть фактором риска для развития различных клинических симптомов, особенно появлением хронических головных болей напряженного типа.

При сопоставительном анализе контрольной и основной групп с референтным методом, выяснилось, что чувствительность рентгенографии в группе контроля составила 79,4%, в основной группе – 89,6%, специфичность 85% и 90,6%, диагностическая точность 84% и 90,4% соответственно.

Наличие дугообразного отверстия в большинстве случаев, можно наблюдать рентгенологически с использованием классической рентгенографии, однако тонкие костные перемычки могут быть обнаружены только после трехмерной КТ. Для определения типов аномалий, площади правого и левого сводчатого

отверстия атланта, более точного измерения переднезаднего и вертикального размеров отверстия атланта, а также толщины костной перемычки как для правой, так для левой сторон, на следующем этапе исследования была проведена компьютерная томография.

### Компьютерная томография в визуализации атланта

С целью более детального исследования шейного отдела позвоночника, с уточнением состояния атланта в качестве референтного метода всем пациентам (n=620) проведена компьютерная томография и выявлены пациенты с аномалией Киммерле (n=110). Были изучены данные КТ-исследования пациентов, проведенные на головном мозге с захватом краниоцервикального отдела и исследования шейного отдела [19].

Анатомические изменения краниовертебральной области по данным КТ были обнаружены почти у всех пациентов. При оценке компьютерных томограмм головного мозга пациентов с диагностированной аномалией Киммерле у 60 больных (54,5%) наблюдались признаки сосудистой энцефалопатии, в 23 случаях (20,9%) признаки атрофии мозжечка, в 17 (15,5%) – атрофические изменения коры больших полушарий головного мозга и в 7 случаях единичные кисты [19].

У пациентов, прошедших компьютерную томографию шейного отдела, отмечался разной степени выраженности остеохондроз, в 20,9% случаев сочетавшийся с наличием протрузии или грыжи межпозвонкового диска и в 20% наблюдений отмечалась картина спондилёза. Аномалия при визуализации оказалась одно-, двусторонней, задней и латеральной. Кроме того, проведенная компьютерная томография обследуемых с аномалии Киммерле в зависимости от степени окостенения дала возможность дифференцировать полную и неполную перемычку, то есть каждая группа в свою очередь была подразделена на подгруппы с замкнутой и незамкнутой костной перемычкой.

По расположению отверстий у исследуемых пациентов заметно, что у преобладающего большинства исследуемых (72,7%) наблюдается проявления отверстий с обеих сторон, у 27,3% - одностороннее расположение: у 20% исследуемых наблюдается левостороннее расположение отверстия, у 7,3% - правостороннее.

Кроме того, в 15,5% - полного отверстия нет, т.е. оно незамкнуто (перемычка дифференцируется менее половины «крыши»). Аналогичная тенденция распределения расположения сводчатых отверстий атланта наблюдается при гендерном распределении исследуемых.

У исследуемых были дифференцированы типы, варианты и стороны расположения аномалии Киммерле. Если рассматривать группы пациентов в разрезе расположения вариантов задней костной перемычки атланта, получаются данные, распределение которых наглядно представлено в таблице 4. Среди 110 исследуемых у 4-х наблюдается односторонняя неполная

Табл. 4

Распределение расположения костного кольца С1 в разрезе групп

№	Группа	1 сторонняя АК				2 сторонняя АК			
		Пол-ная		Непол-ная		полная		неполная	
		Справа	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева
1	1-сторонняя полная (n=26)	8	18	-	-	-	-	-	-
2	2-сторонняя полная (n=40)	-	-	-	-	40	40	-	-
3	1-сторонняя неполная (n=4)	-	-	-	4 (2 <sup>++</sup> /2 <sup>+++</sup> )	-	-	-	-
4	2-сторонняя неполная (n=3)	-	-	-	-	-	-	3 (2 <sup>++</sup> /1 <sup>+++</sup> )	3 (- <sup>++</sup> /3 <sup>+++</sup> )
5	2-сторонняя полная + неполная (n=37)	-	-	-	-	-	-	37 (11 <sup>+</sup> /17 <sup>++</sup> /9 <sup>+++</sup> )	37 (26 <sup>+</sup> /9 <sup>++</sup> /2 <sup>+++</sup> )

замкнутый вариант АК

++ полузамкнутый вариант АК

+++ незамкнутый вариант АК

(незамкнутая) аномалия, у 3-х двухсторонняя неполная (незамкнутая) аномалия. Большинство исследуемых имеют хотя бы одну полнозамкнутую аномалию: 40 человек имеют 2-х стороннюю полную (замкнутую) аномалию Киммерле, 26 человек имеют одностороннюю полную (замкнутую) аномалию и 37 человек имеют 2-х стороннюю аномалию, при этом одна из сторон имеет полнозамкнутую, а вторая незамкнутую аномалию Киммерле.

Табл. 5

Распределение расположения костного кольца С1 по вариантам

1-стороннее костное кольцо С1				2-стороннее костное кольцо С1			
замкнутое		Незамкнутое		замкнутое		незамкнутое	
справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева
8	18	-	4	51	66	29	14

Замкнутое кольцо первого шейного позвонка отмечалось в 140 случаях (полная аномалия Киммерле) из 220 исследованных сторон атланта (по 2 стороны на каждого пациента), незамкнутое (неполная аномалия Киммерле) – в 50 (см. табл. 5).

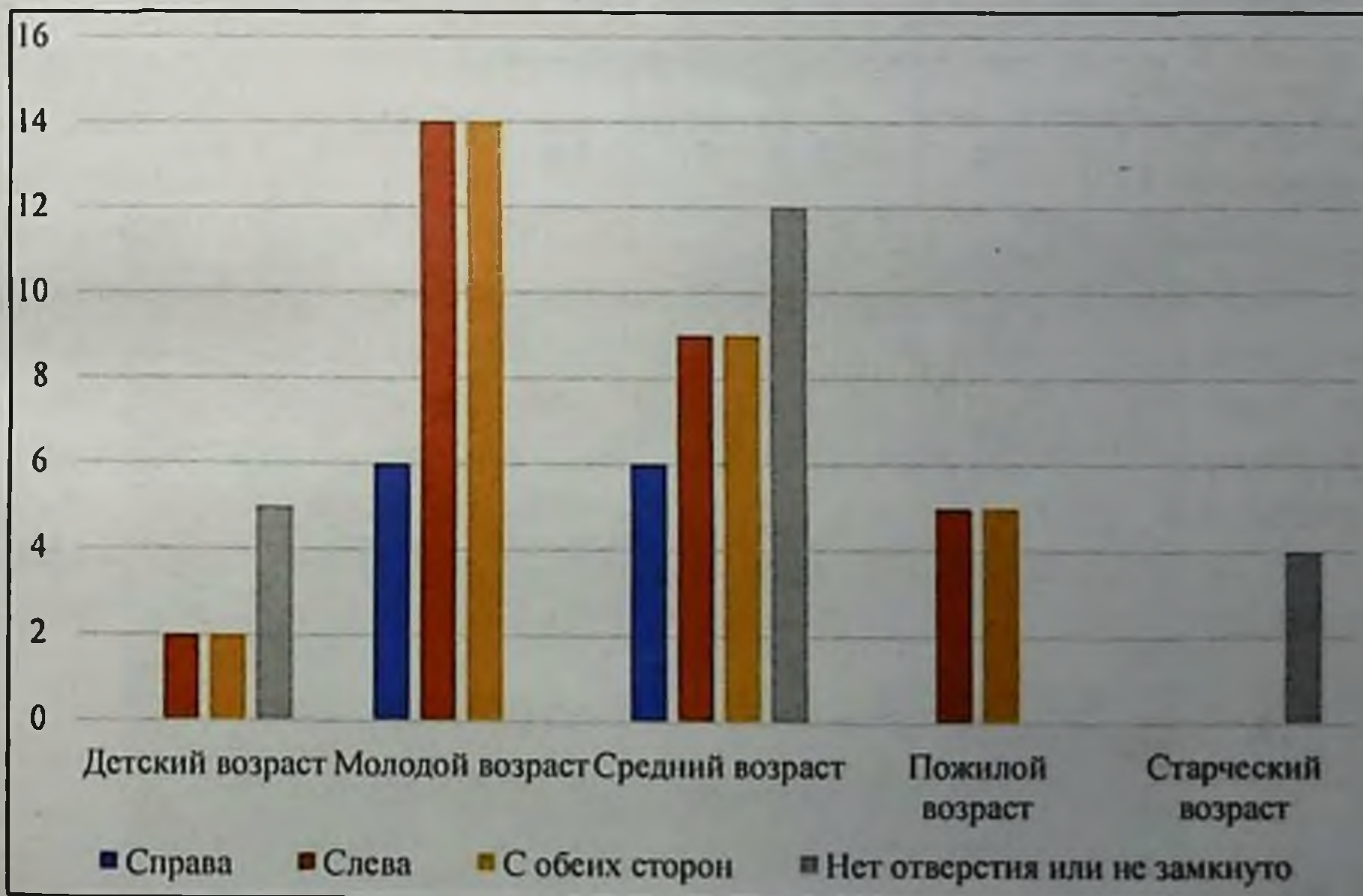


Рис. 6. Сторона расположения отверстия в зависимости от возрастной категории.



Табл. 6

Распределение расположения костного кольца С1 по вариантам

Расположение	нет		замкнутая		незамкнутая			
					>1/2		<1/2	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Задняя костная перемычка С <sub>1</sub> справа	23	20,9	58	52,7	19	17,3	10	9,1
Задняя костная перемычка С <sub>1</sub> слева	6	5,5	85	77,3	14	12,7	4	3,6
Латеральная костная перемычка С <sub>1</sub> справа	102	92,7	7	6,4	-	-	1	0,9
Латеральная костная перемычка С <sub>1</sub> слева	108	98,2	2	1,8	-	-	-	-

Наглядное представление вариантов и типов расположения костного отверстия атланта по возрастам представлено на рисунке 6, из чего видно, что наблюдается либо левостороннее, либо двухстороннее расположение. По частоте выявляемости преобладает молодой и средний возраст обследованных.

Соответственно типу, выявленная нами АК подразделялась при проведении компьютерно-томографической визуализации (см. табл. 6):

1. *ponticulus atlantis posterior* (100,0% обследованных),
2. *ponticulus atlantis lateralis* (9,1%) (см. рис.7, рис. 8).

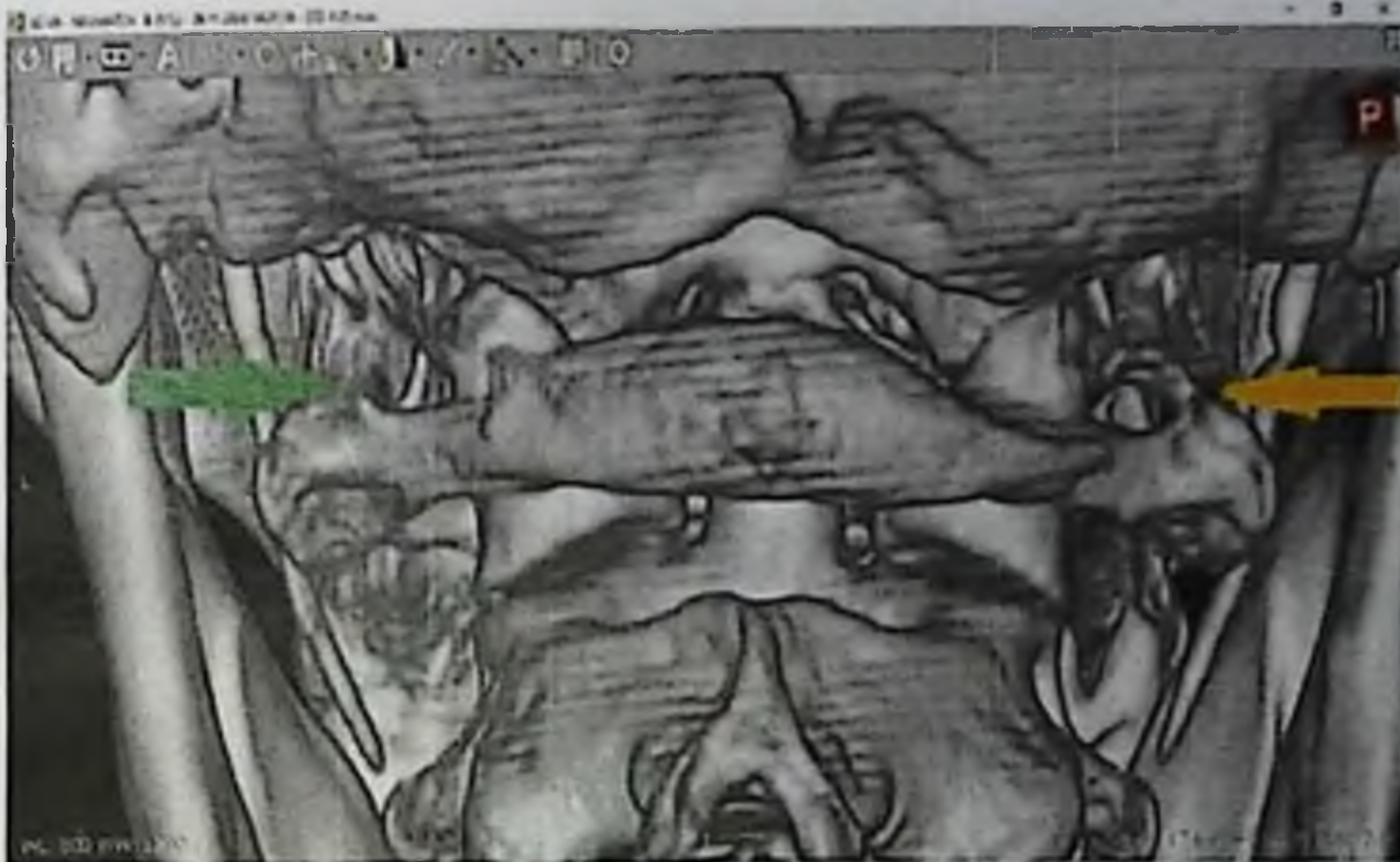


Рис. 7. Пациент Н., 57 лет. МСКТ. Краниовертебральный отдел. 3D реконструкция. Замкнутое латеральное костное кольцо атланта справа (жёлтая стрелка), незамкнутое – слева (зелёная стрелка).

Такая вариабельность зависит, по-видимому, от того, что ЗАОМ состоит из наружного и внутреннего отрезков, разделяющих атлантовую часть ПА. В результате оссификации листков мембраны или ее части развиваются два варианта АК, что подчеркивают и некоторые авторы.

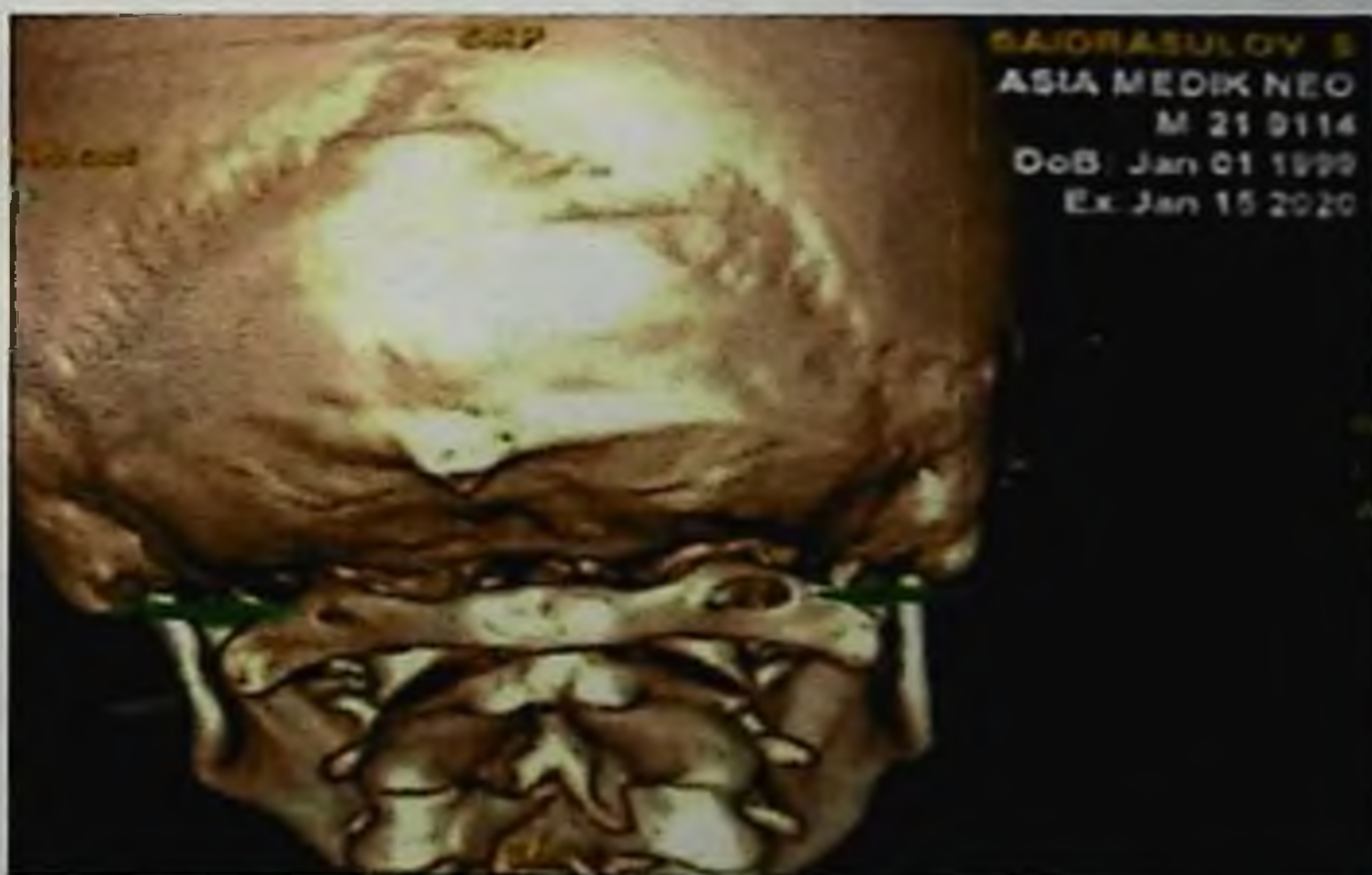


Рис. 8. Пациент С., 21 год. МСКТ. Краниовертебральный отдел. 3D реконструкция. Замкнутое латеральное костное кольцо атланта с обеих сторон (указано стрелками).

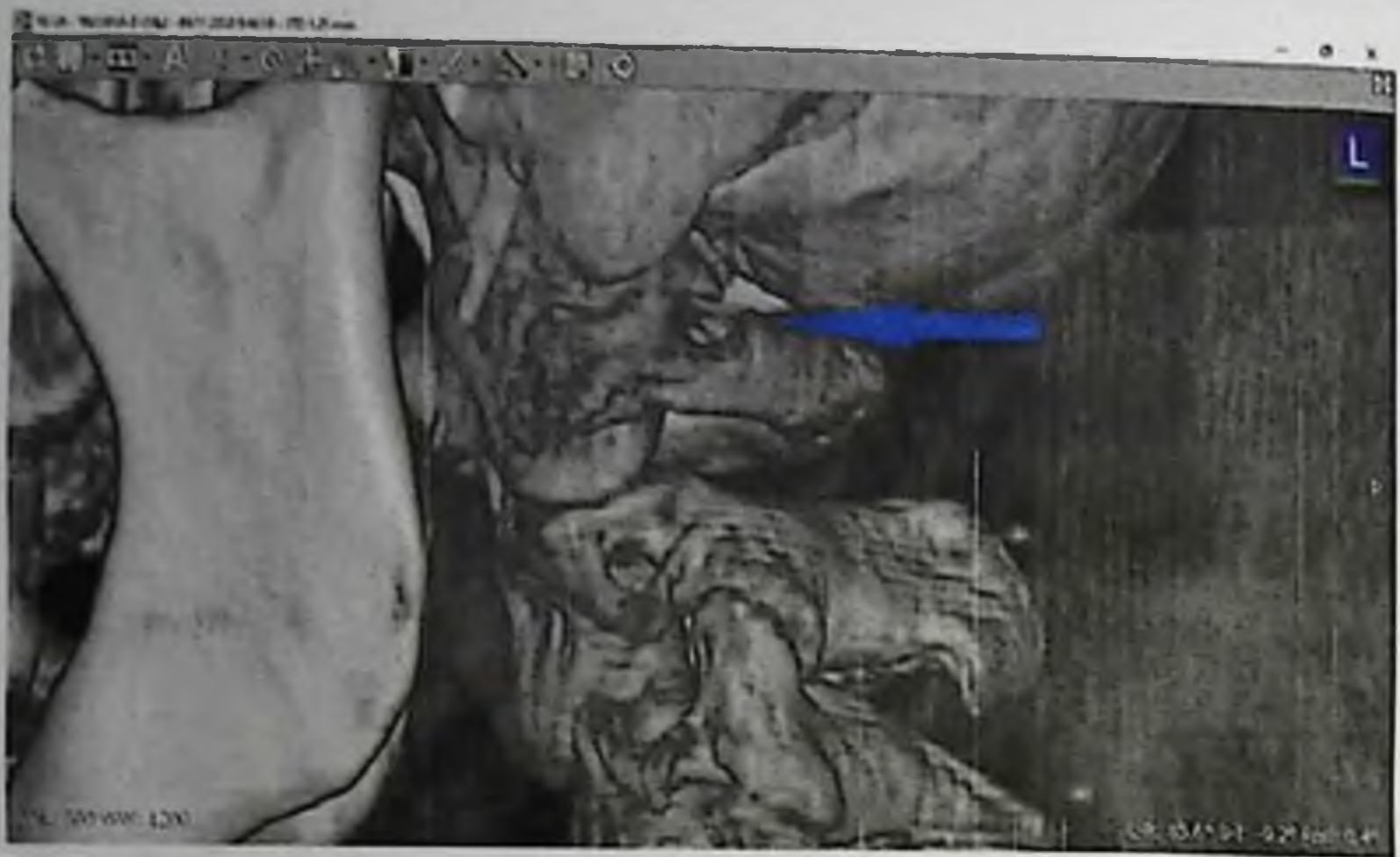


Рис. 9. Пациентка Т., 30 лет. МСКТ. Краниовертебральный отдел. 3D реконструкция. Полузамкнутое заднее костное кольцо атланта слева (указано стрелкой).

Задний вариант *ponticulus posterior atlantis* в основном был замкнутого варианта (75,3%). Незамкнутый вариант  $>1/2$ , т.е. полузамкнутый (см. рис. 9) отмечался в 15,8%, незамкнутый вариант  $<1/2$  (см. рис. 10) - в 8,9% исследований.



Рис. 10. Пациент Т., 18 лет. МСКТ. Краниовертебральный отдел. 3D реконструкция. Незамкнутое заднее костное кольцо атланта справа (указано стрелкой).

В преобладающем проценте у обследованных нами пациентов с аномалией Киммерле, особенно с замкнутой или полной разновидностью, на компьютерной томограмме задняя дуга атланта на экране визуализировалась как полоса высокой плотности, над которой определялась кольцевидная гиподенсная зона, окаймлённая частично или полностью замкнутым гиперденсным кольцом – костный «мостик» (*ponticulus posticus*) [19] (см. рис. 11).

Проведение морфометрической оценки площади отверстия методом томографии показало, что при измерениях справа составил  $14,02 \pm 0,65$  мм<sup>2</sup>, слева -  $15,14 \pm 0,79$  мм<sup>2</sup>. Проведение измерений параметров сводчатого отверстия методом томографии показало [19], что переднезадний размер при измерениях справа составил  $5,29 \pm 0,12$  мм, слева -  $5,62 \pm 0,14$  мм, вертикальный размер отверстия справа –  $3,35 \pm 0,09$  мм, слева –  $3,39 \pm 0,09$  мм.

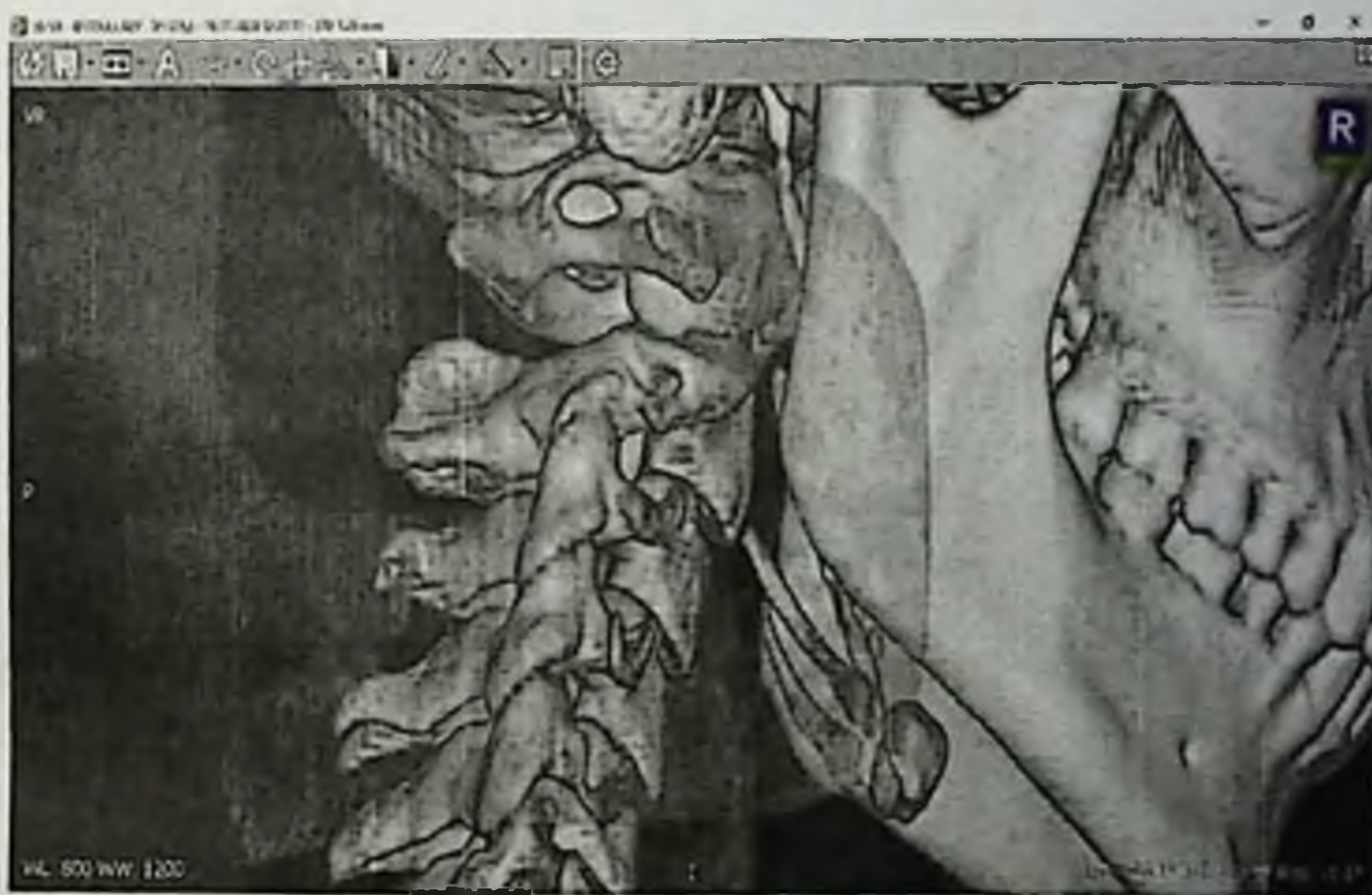
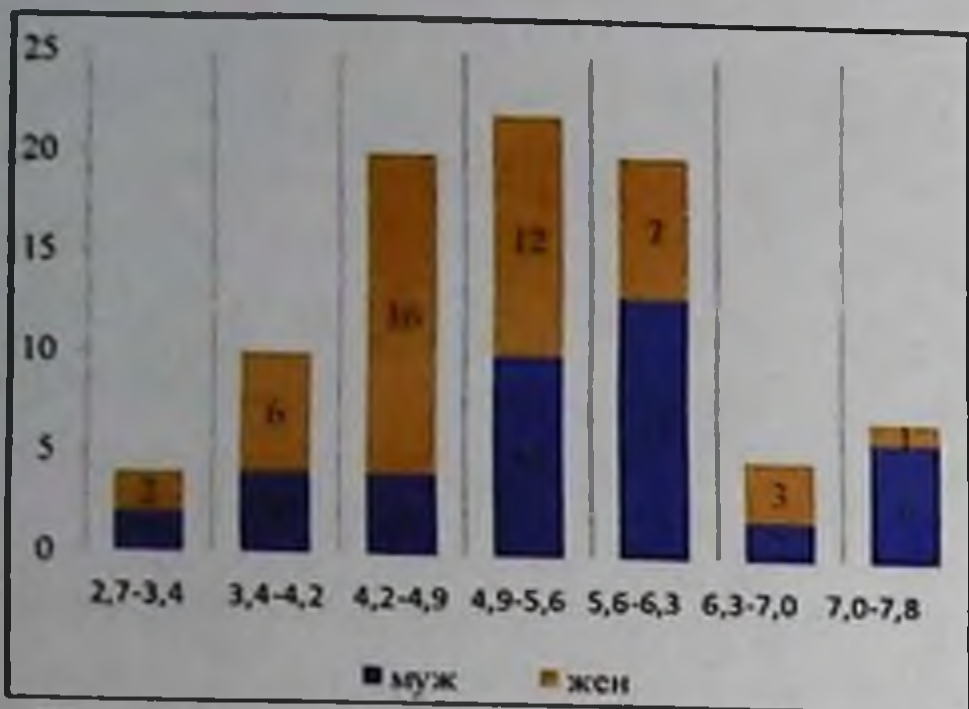
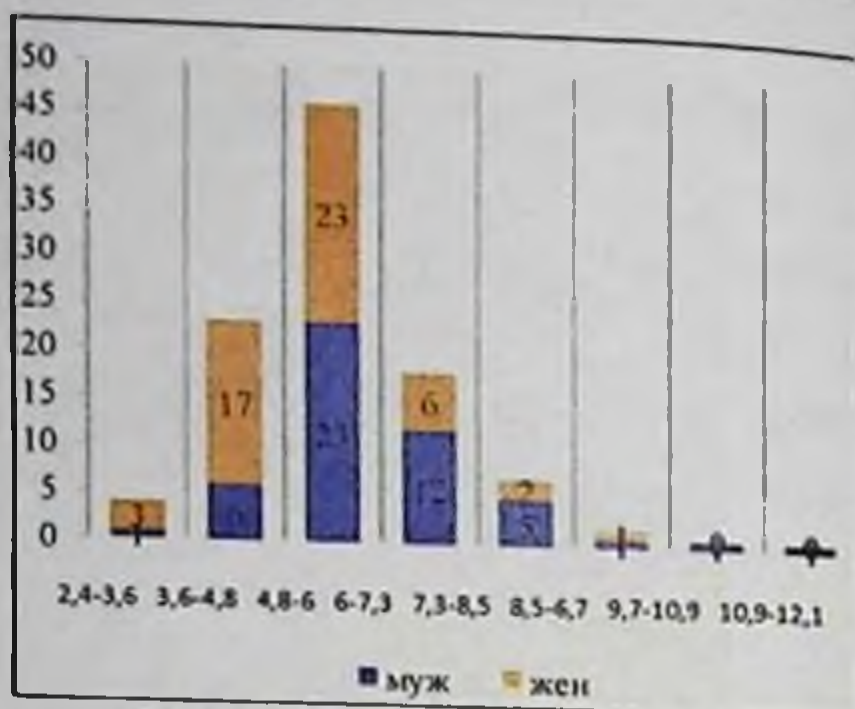


Рис. 11. Пациент И., 19 лет. МСКТ. Краниовертебральный отдел. 3D реконструкция. Замкнутое заднее костное кольцо атланта справа.

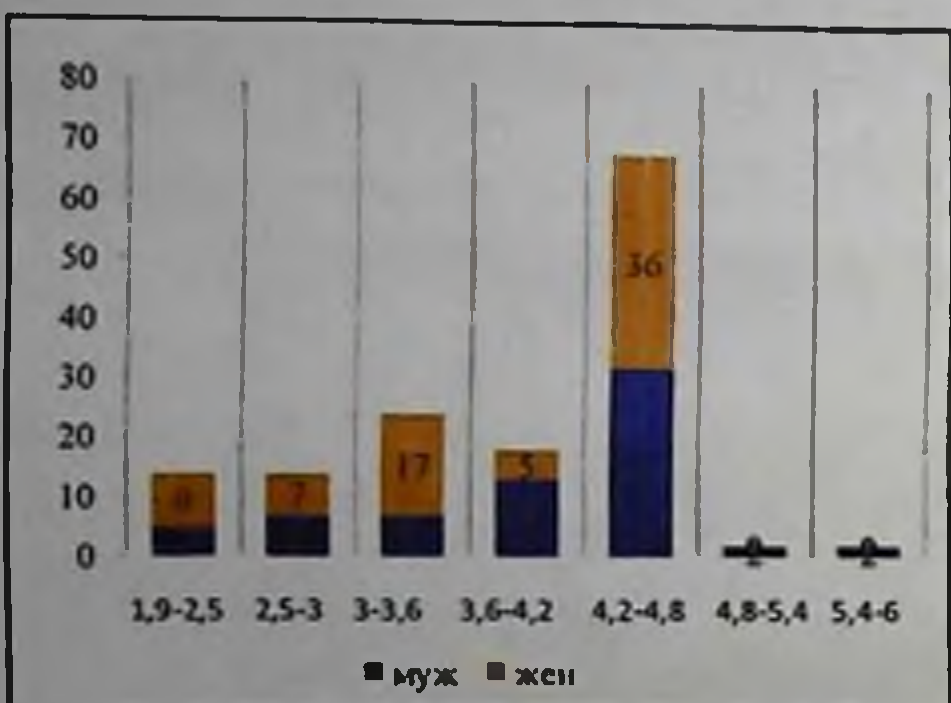
Переднезадний размер костного отверстия атланта относительно меньшего размера отмечался у женщин, также и вертикальный размер (см. рис. 12), но прослеживалась закономерность большей variability размеров слева. Толщина костной перегородки, формирующая крышу отверстия, составила справа  $2,58 \pm 0,12$  мм, слева –  $2,53 \pm 0,08$  мм, в то же время она не имела с обеих сторон особых различий в гендерном сравнении.



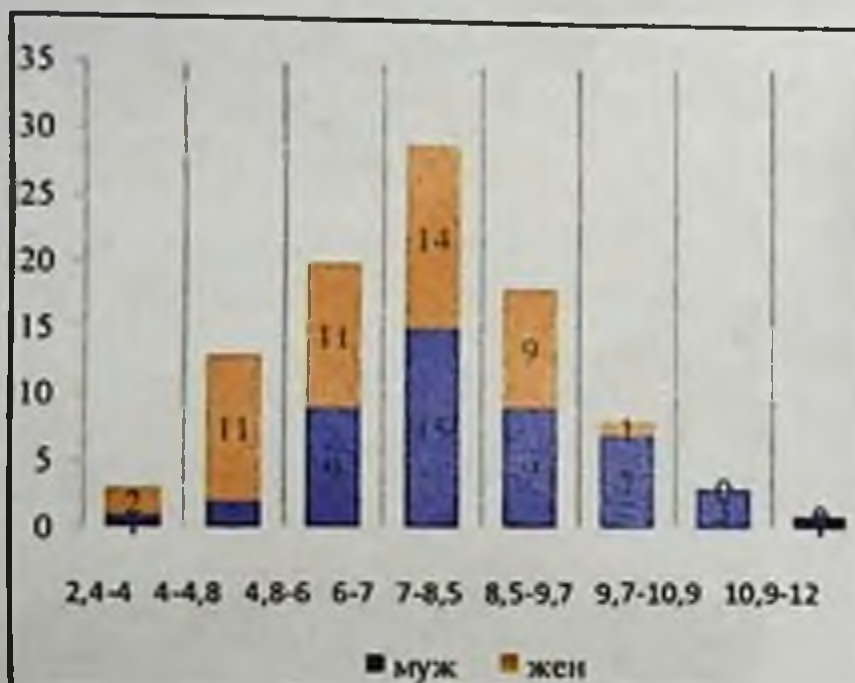
Переднезадний размер костного кольца атланта справа.



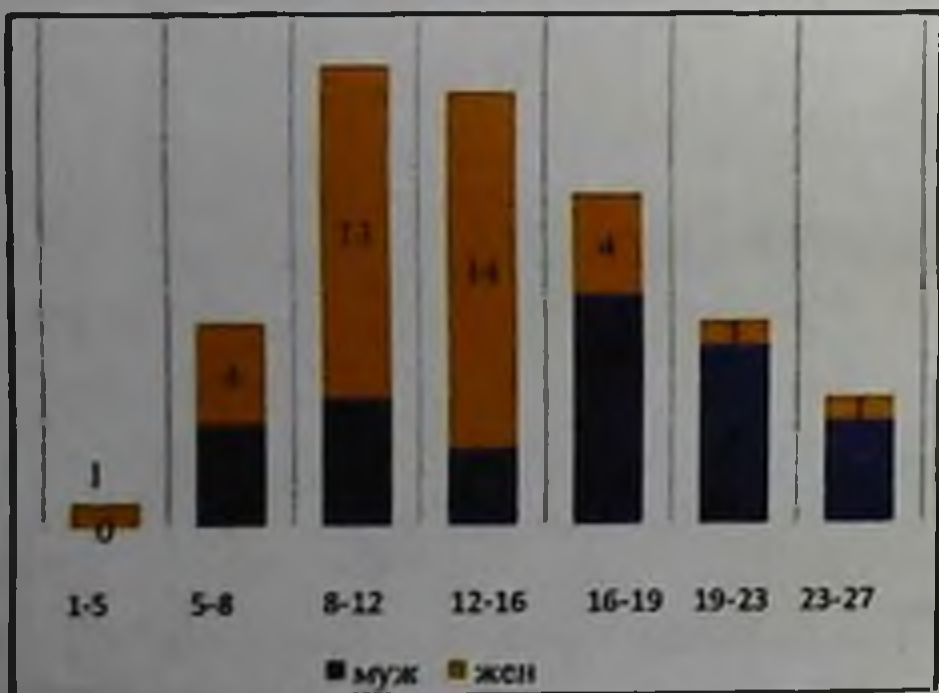
Переднезадний размер костного кольца атланта слева.



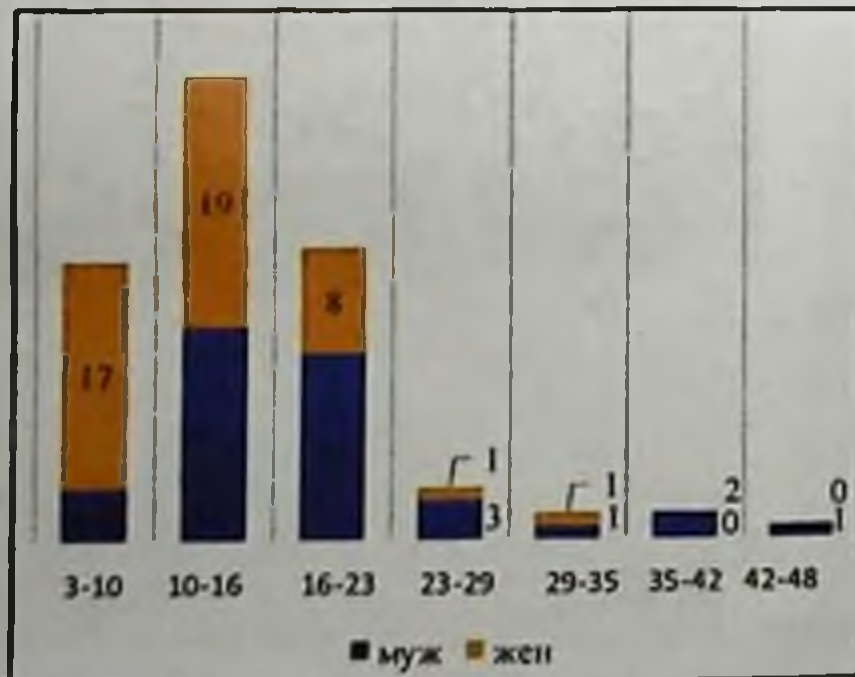
Вертикальный размер костного кольца атланта справа.



Вертикальный размер костного кольца атланта слева



Площадь сводчатого отверстия атланта справа



Площадь сводчатого отверстия атланта слева

Рис. 12. Морфометрические параметры костного кольца атланта, определённые методом МСКТ.

Сравнивая расположение и площадь сводчатого отверстия атланта (см. рис.10), видно, что зачастую аномалия Киммерле (в особенности её замкнутые варианты) находились на левой стороне, имеющая наибольшую вариабельность диапазона размера площади. Говоря о площади отверстия, меньшие размеры отмечались у женщин (до цифр 15-16 мм<sup>2</sup>), нежели у мужчин.

Проведённая нами компьютерная томография дала возможность дифференцировать полную и неполную перемычку, задний и латеральный варианты развития, а также одно- и двухсторонний характер изменений при аномалии Киммерле [19]. Выявленная АК преимущественно была 2-сторонней локализации (72,7%). Как в 1-сторонней, так и 2-сторонней аномалии превалировала замкнутая форма костной перемычки (75,5%), которая в основном располагалась сзади, нежели латерально (9,1%). При 1-сторонней АК превалировало левостороннее расположение костной перемычки.

Преимущества КТ при диагностике возникновения костного мостика атланта в том, что на основе только одной осевой проекции (реконструктивное изображение) формы поверхностей костных суставов по всем поверхностям полностью восстанавливаются, обеспечивается равномерность изображения атланта по правой и левой сторонам, отсутствуют четкие и проекционные искажения, могут быть измерены высота и ширина сводчатого отверстия и костные перемычки с обеих сторон. Основная недостаточность КТ при сравнении с другими радиологическими методами, это высокая экспозиционная доза облучения и высокая стоимость.

Таким образом, АК является важным анатомическим вариантом задней арка атланта, которая окружает ПА, дорсальную ветвь первого шейного нерва, и можно считать еще одним примером того, как незначительные аномалии атлантозатылочной области могут привести к патофизиологическим состояниям клинического значения [19].

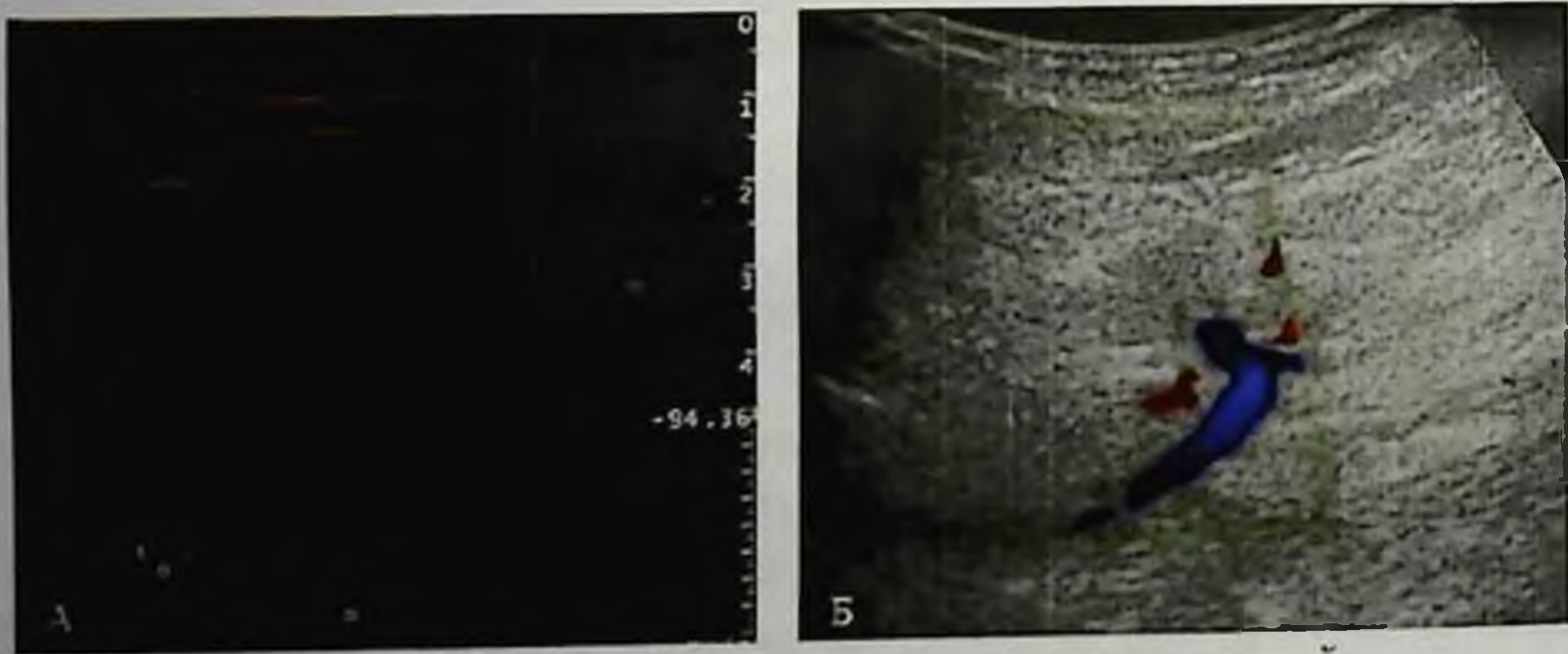
## Характеристика кровотока методом транскраниальной доплерографии аномалии Киммерле

Чтобы уточнить причину возникновения неврологических жалоб у обследованных больных и установить взаимосвязь с аномалией Киммерле мы провели ультразвуковое обследование сосудов шейного отдела. Нормальные качественные и количественные параметры кровотока были изучены методом сканирования с режимом доплер в подзатылочном сегменте ПА.

При УЗИ ПА учитывали наличие извитости, гипоплазии, диаметр в области петли атланта.

Как известно, оценка III сегмента (атланта) ПА является важным элементом определения возможных факторов развития нарушений кровообращения головного мозга в ВББ вследствие высокой уязвимости его из-за часто наблюдающихся аномалий опорно-двигательного аппарата, подвывихов, артрозов, а также самих сосудов. Исследование III сегмента проводили при помощи линейного датчика с частотой 5–7,5 МГц. Исследование IV сегмента, опираясь на опыт учёных проводили из трансоксипитального доступа секторным датчиком с частотой 2–5 МГц.

В разных плоскостях атлантовая часть ПА имеет четыре изгиба. Эта траектория создаёт трудности при дуплексной сонографии на всем его протяжении.



*Рис. 13. Допплерография позвоночных артерий. Краниовертебральный отдел. А – визуализация с помощью линейного датчика, Б – визуализация с помощью полостного датчика.*

Оценку субокципитального и интракраниального сегмента ПА проводили по методике, описанной Абдуллаевым Р.Я. Обследуемый лежит лицом вниз, опираясь на лоб. Датчик аппарата устанавливали перпендикулярно к позвоночнику. Нижняя часть V3 сегмента ПА определялась в виде подковы. После, разворачивали датчик параллельно позвоночнику под затылочной костью черепа для визуализации проксимальной части, как буква S, V3 сегмента ПА (рис.13).

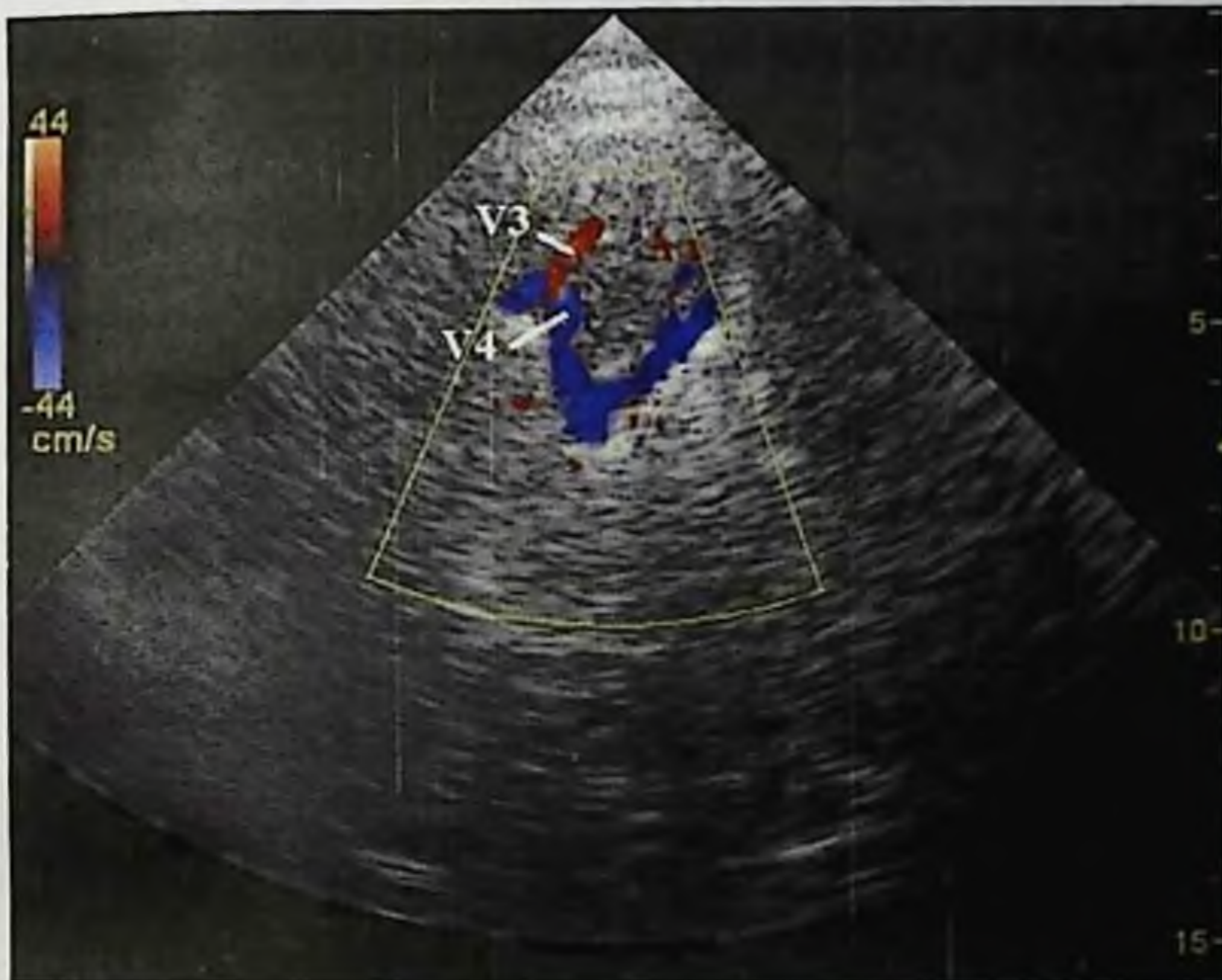


Рис. 14. Сканограмма позвоночной артерии в V3 и V4 сегментов ПА в режиме ЦДК.

Ультразвуковая дуплексная сонография в режиме цветового картирования кровотока реально отражает сосудистую архитектуру, позволяя выявлять всевозможные варианты строения экстракраниальных отделов артерий, как позвоночных, так и внутренних сонных. В то же время, при проведении УЗ-доплерографии V3 сегмента позвоночных артерий, опираясь на опыт учёных, мы столкнулись с рядом трудностей: короткая шея, большая толщина мягких тканей, сложный ход ПА. В результате

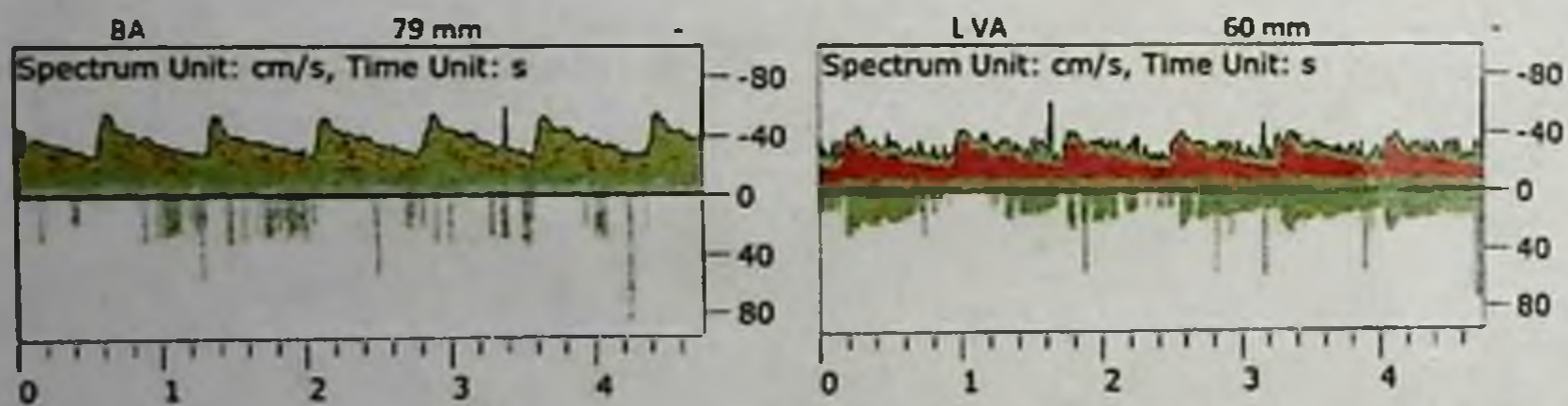


лишь у 4 из 110 пациентов была получена визуализация V3 сегмента (рис. 14), что не дало диагностически-значимой информации [19].

На следующем этапе нами было проведено обследование магистральных артерий головного мозга больных АК методом ультразвуковой транскраниальной доплерографии (ТКДГ) с лоцированием экстра- и интракраниальных сосудов. Транскраниальную доплерографию проводили с помощью системы «EDAN instruments» версии 1.2 с использованием фазированного датчика частотного диапазона 2 - 8 МГц [20].

Вначале оценивали контур спектрального представления ТКДГ-сигнала, в дальнейшем на их основе рассчитывали данные тока крови, причём спектр имел монофазный характер в ПА. Учитывали параметры, характеризующие не как форму, так и амплитуду (см. рис. 15).

Vessel	Depth	Peak	Mean	Dias	RI	PI
BA	79	63,4	41,2	32,8	0,7	0,98
RVA	60	65,5	45,7	37,5	0,43	0,61
LVA	60	30,4	20,4	15,2	0,50	0,75



*Рис. 15. ТКДГ. Вертебробазилярный отдел. Пациентка К. 35 лет. Умеренное понижение скоростных параметров по левой ПА.*

Данные ТКДГ позвоночных артерий V4 сегмента в покое и при проведении ротационной пробы представителей контрольной группы даны в

таблице (см. табл. 7), где скоростные показатели при проведении ротационной пробы были относительно снижены как в правой, так и левой ПА. В то же время при неизменных данных RI и PI индексов в правой ПА, в левой - отмечалось некоторое повышение этих показателей.

Изначально показатели динамики скоростей кровотока в V3 и V4 сегментах ПА справа и слева сравнивались и, ввиду отсутствия между ними достоверных различий, в последствии оценивались суммарно (см табл. 8).

Табл. 7

Данные ТКДГ V4 сегмента ПА у пациентов без аномалии Киммерле

Показатели кровотока	V <sub>max</sub>		V <sub>mean</sub>		V <sub>min</sub>		RI		PI	
	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева
Диагностируемая ПА										
Данные в покое	57,73 ±1,70	59,92 ±1,73	38,70 ±1,39	39,19 ±1,40	22,55 ±1,06	22,32 ±1,06	0,61 ±0,17	0,63 ±0,18	0,92 ±0,21	0,96 ±0,22
Данные при проведении ротационной пробы	53,11 ±1,63	55,12 ±1,66	35,60 ±1,33	35,76 ±1,28	20,74 ±1,02	20,19 ±0,98	0,61 ±0,17	0,65 ±0,18	0,92 ±0,21	1,12 ±0,24

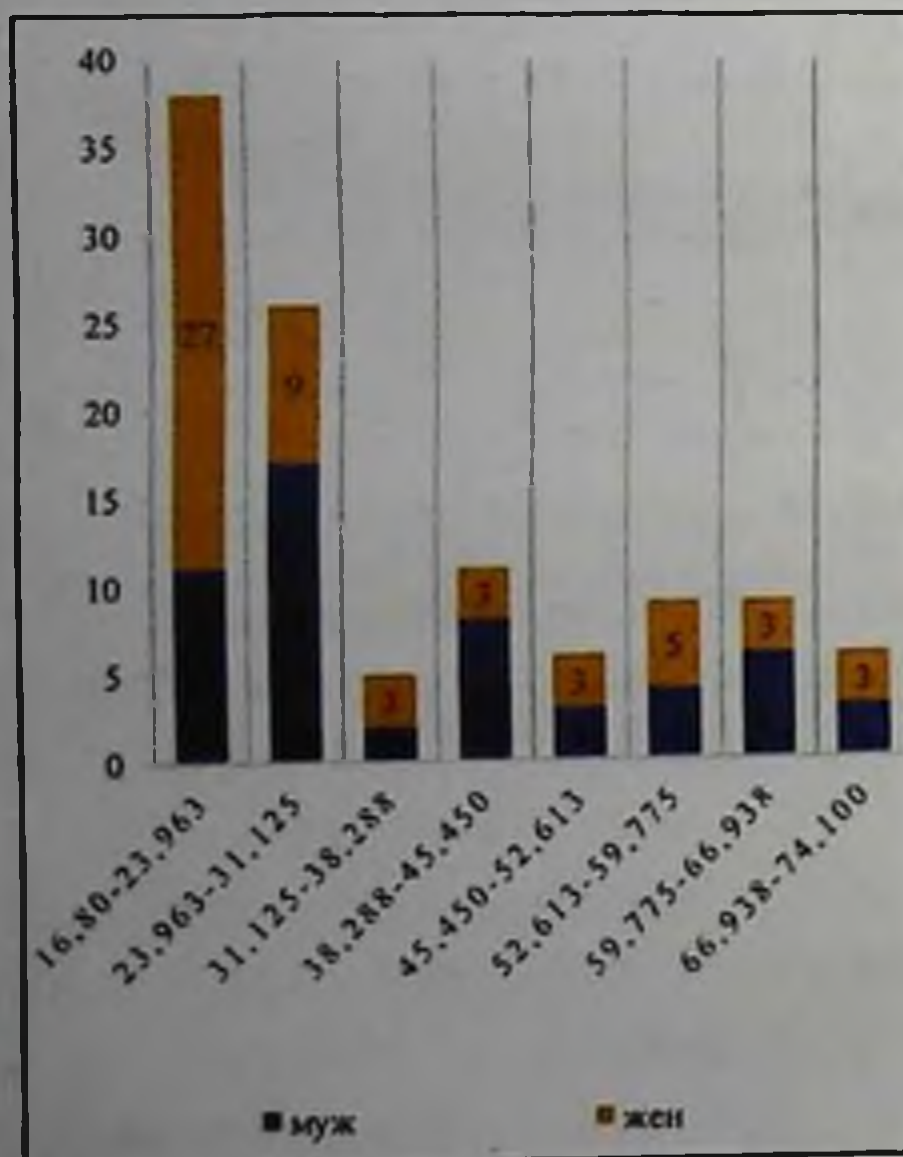
Табл. 8

Общие показатели кровотока у пациентов с аномалией Киммерле при ТКДГ

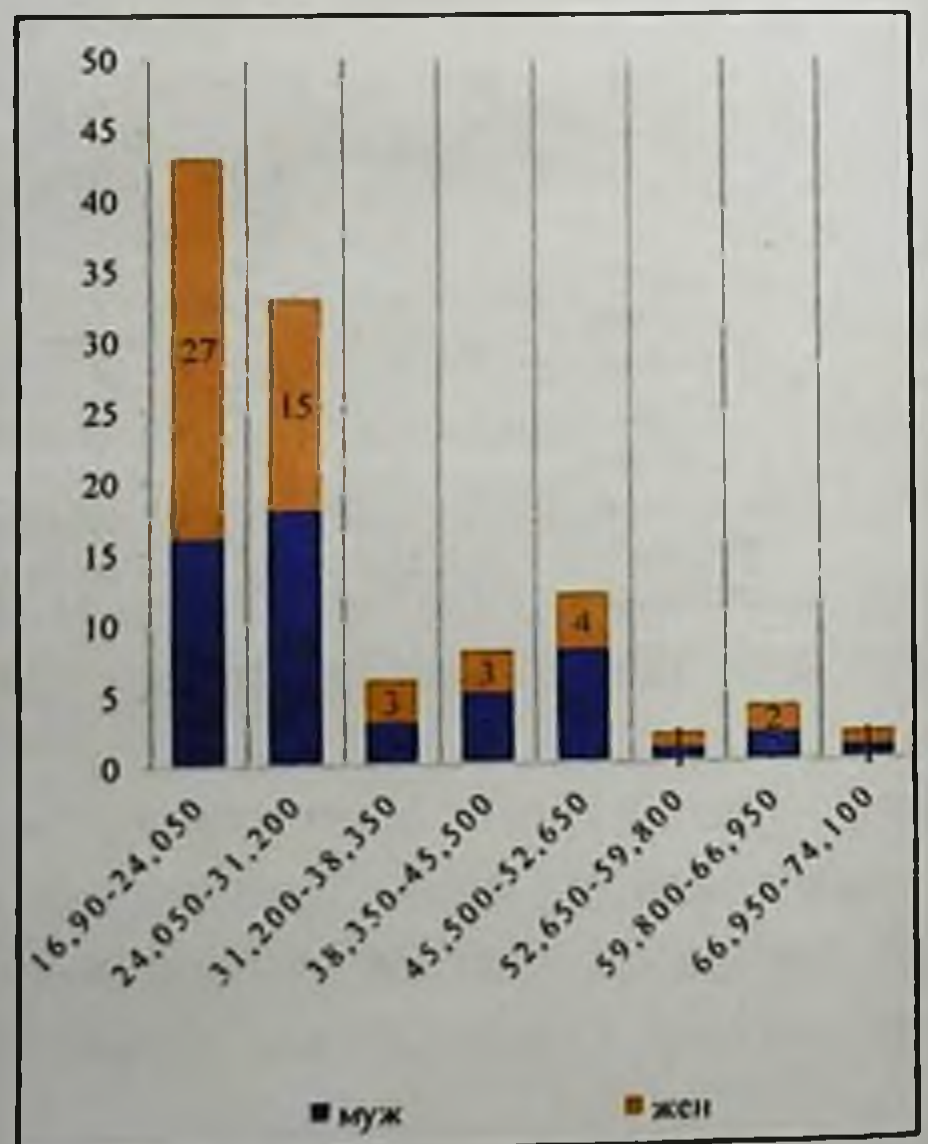
Показатели	min	max	M±m	p
V <sub>max</sub> (справа)	16,80	74,10	35,41±1,63	0,05
V <sub>max</sub> (слева)	10,50	52,70	23,57±1,16	0,05
V <sub>min</sub> (справа)	8,10	43,00	18,29±0,97	0,05
RI (справа)	0,39	0,65	0,49±0,01	0,01
PI (справа)	0,46	1,31	0,76±0,02	0,02
V <sub>max</sub> (слева)	16,90	74,10	30,74±1,26	0,04
V <sub>max</sub> (справа)	10,70	52,70	20,63±0,95	0,05
V <sub>min</sub> (слева)	8,4	43,00	15,97±0,77	0,05
RI (слева)	0,31	0,59	0,49±0,01	0,01
PI (слева)	0,37	1,08	0,75±0,02	0,02

Из полученных данных вытекает, что  $V_{max}$  как справа, так и слева у обследованных пациентов с АК претерпевает понижение скоростных показателей в систолическую фазу ( $35,41 \pm 1,63$  и  $30,74 \pm 1,26$  см/сек), и в то же время билатерально происходит понижение диастолических показателей кровотока ( $V_{min}$ ) в V3 и V4 сегментах ПА ( $18,29 \pm 0,97$  и  $15,97 \pm 0,77$  см/сек соответственно). В результате этого возникает большая разность амплитуды скоростей кровотока, что не наблюдалось у лиц из контрольной группы. При наличии сужения сосуда, на доплерограмме контралатеральной стороны наблюдалось небольшое увеличение  $V_{max}$ , деформация волны тока крови, что мы интерпретировали как запуск системной реакции обеих ПА для обеспечения компенсаторно-приспособительных возможностей.

Как видим, сравнительный анализ результатов кровотока в обследуемых группах больных с наличием патологии и лиц из контрольной группы показал хоть и невыраженную, но отчетливую тенденцию к снижению скоростных показателей кровотока во всех сопоставляемых группах.



$V_{max}$  правой позвоночной артерии



$V_{max}$  левой позвоночной артерии

Рис. 16. Определение  $V_{max}$  позвоночных артерий методом ТКДГ.

На рисунке 16 представлены гистограммы распределения исследуемых параметров для общей совокупности пациентов. На данных гистограммах можно отметить что параметры определенные по данным ТКДГ соответствуют нормальному распределению.

Сравнивая максимальные линейные скорости кровотока, отмечалась тенденция к билатеральному снижению параметров с нерезким преобладанием в женской группе обследованных, что также подкрепляет характер вышеуказанных изменений.

$V_{max}$ -скоростные показатели также имели тенденцию к депрессии в большем количестве обследованных с превалированием слева. Самые низкие скорости опять же отмечались в женской части, но затем с возрастанием показателей скорости эти данные нивелировались, подтверждаемые при анализе RI и PI показателей.

Обобщение результатов наших исследований V3 и V4 сегментов ПА пациентов с АК на ТКДГ (см. табл.9) показал нам изменения кровотока: как в правой, так и в левой ПА преимущественно отмечалось замедление кровотока (64,5% и 90,9% соответственно). Ни в одном из наших наблюдений на патологической стороне ускорения кровотока не было отмечено.

Табл. 9

Изменения кровотока в V3 и V4 сегментах на ТКДГ у пациентов с аномалией Киммерле

	Не изменен		Ускорен		Замедлен	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Кровоток V3, V4 ПА на ТКДГ справа	39	35,5	-	0	71	64,5
Кровоток V3, V4 ПА на ТКДГ слева	10	9,1	-	0	100	90,9

Основываясь на нормативных показателях кровотока в позвоночных артериях и данными ТКДГ у пациентов с аномалией Киммерле, определили различной степени выраженности снижение скорости кровотока (см. табл. 10). У пациентов с односторонним незамкнутым вариантом аномалии Киммерле гемодинамически значимых изменений скорости кровотока не отмечали: в исследуемом сегменте позвоночной артерии средняя скорость кровотока в правой ПА составила  $37,65 \pm 3,07$  см/с, в левой -  $34,55 \pm 2,94$  см/с [19]. При 2-сторонней незамкнутой форме АК, снижение скорости тока крови было в пределах нижних нормативных критериев: справа -  $29,70 \pm 3,15$  см/с и слева -  $34,10 \pm 3,37$  см/с.

У пациентов с замкнутой формой аномалии Киммерле во всех возрастных группах отмечались гемодинамически значимые изменения кровотока на данной стороне, хотя не всегда приводило к неврологической симптоматике. При одностороннем замкнутом варианте АК,  $V_{mean}$  составила  $37,0 \pm 1,19$  см/с справа и  $30,39 \pm 1,08$  см/с слева, что вероятно компенсировалось противоположной позвоночной артерией, где скорости кровотока находились в пределах нормы [19].

Табл. 10  
 Данные ТКДГ V4 сегмента позвоночных артерий у пациентов с Аномалией  
 Киммерле (N=110)

Расположение АК	Тип АК	V <sub>max</sub>		V <sub>сред</sub>		V <sub>min</sub>		RI		PI	
		справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева
Односторонняя АК	Полная n=26	55,14± 1,46	44,04± 1,3	37,0± 1,19	30,39 ±1,08	30,34 ±1,08	24,21± 0,96	0,46± 0,13	0,46± 0,13	0,70± 0,16	0,69± 0,16
	Неполная n=4	58,15± 3,81	47,10± 3,43	37,65 ±3,07	34,55 ±2,94	29,30 ±2,71	26,38± 2,57	0,50± 0,35	0,44± 0,33	0,80± 0,45	0,60± 0,39
Двухсторонняя АК	Полная n=40	22,80± 0,75	23,87± 0,77	15,34 ±0,62	15,56 ±0,62	11,19 ±0,53	11,81± 0,54	0,50± 0,11	0,50± 0,11	0,77± 0,14	0,78± 0,14
	Неполная n= 3	43,77± 3,82	48,10± 4,0	29,70 ±3,15	34,10 ±3,37	22,6± 2,74	26,70± 2,98	0,49± 0,41	0,44± 0,39	0,76± 0,50	0,63± 0,46
	Группа с наличием полной и неполной АК n=37	32,06± 0,93	25,64± 0,83	21,02 ±0,75	16,67 ±0,67	15,96 ±0,66	12,67± 0,59	0,50± 0,12	0,50± 0,12	0,79± 0,15	0,81± 0,15

Табл. 11

Данные ТКДГ V3 и V4 сегментов ПА пациентов после ротационной пробы

Расположение АК	Тип АК	V <sub>max</sub>		V <sub>mean</sub>		V <sub>min</sub>		RI		PI	
		справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева
Односторонняя АК	Полная	51,24± 3,93	36,24± 3,71	34,50± 2,87	25,09± 2,66	28,37± 2,39	20,08± 2,29	0,46± 0,01	0,46± 0,13	0,70± 0,02	0,68± 0,03
	Неполная	56,99± 1,91	34,60± 0,77	36,90± 3,67	29,37± 0,30	28,71± 3,78	22,42± 0,29	0,50± 0,05	0,35± 0,77	0,80± 0,03	0,42± 0,04
Двухсторонняя АК	Полная	15,96± 0,59	16,71± 0,65	10,74± 0,47	10,89± 0,41	7,83± 0,25	8,27± 0,29	0,50± 0,01	0,78± 0,04	0,77± 0,03	0,78± 0,02
	Неполная	37,20± 3,98	41,85± 0,05	25,25± 4,38	29,67± 0,05	19,21± 3,7	23,23± 0,05	0,49± 0,05	0,44± 0,39	0,76± 0,05	0,63± 0,46
	Группа с наличием полной и неполной АК	22,44± 1,32	17,95± 0,81	14,72± 1,01	11,67± 0,68	11,18± 0,74	8,87± 0,46	0,50± 0,01	0,50± 0,02	0,79± 0,03	0,81± 0,03

Лишь наличие замкнутого костного кольца С1 с двух сторон приводило к замедлению кровотока (справа  $15,34 \pm 0,62$  см/с и слева  $15,56 \pm 0,62$  см/с) [19].

На следующем этапе исследования во всех группах обследуемых больных проводилась ротационная проба, данные которой фиксировались методом ТКДГ. Данные описательной статистики общей выборки пациентов после ротационной пробы при ТКДГ представлены в таблице 11, из которой видно, что для всех исследуемых параметров значение  $p \leq 0,05$ , что соответствует критерию достоверности  $\geq 95\%$ .

ТКДГ-исследование при поворотных пробах динамики кровотока в V3 и V4 сегментах ПА при спондилогенной вертебрально-базилярной недостаточности, возникающей при аномалии Киммерле (табл.12) выявило уменьшение линейной скорости кровотока, идентичное при ипсилатеральном боковом вращении головы, особенно у пациентов с двусторонней полной АК.

При поворотах шеи в обе стороны изменения скорости тока крови в ПА практически не различались, и в дальнейшем в группах оценивался их средний показатель.

Таб. 12

**Изменение кровотока при поворотной пробе в позвоночных артериях у пациентов с аномалией Киммерле**

	Усиливается	Уменьшается	Не изменяется
Правая ПА	-	84	26
Левая ПА	-	104	6

Проводя анализ таблиц 12, 13 прослеживается, что снижение скорости кровотока чаще наблюдается слева. Эту закономерность можно объяснить тем фактом, что АК чаще дифференцировалась у обследованных нами больных именно на левой стороне. Так, в группе с неполной односторонней АК у всех участников аномалия была выявлена в 100% случаев на левой стороне. Мы можем видеть большую разницу процентного снижения кровотока ( $KP=16,25\%$ ), т.к. правая сторона в данной группе может служить предметом контроля (2,0%). При двусторонней полной АК изменение кровотока V3 и V4 сегментов ПА по данным ТКДГ после ротационной пробы показал более выраженное его билатеральное снижение (22,17% справа и 21,73% слева) относительно показателей в покое.



Таб. 13

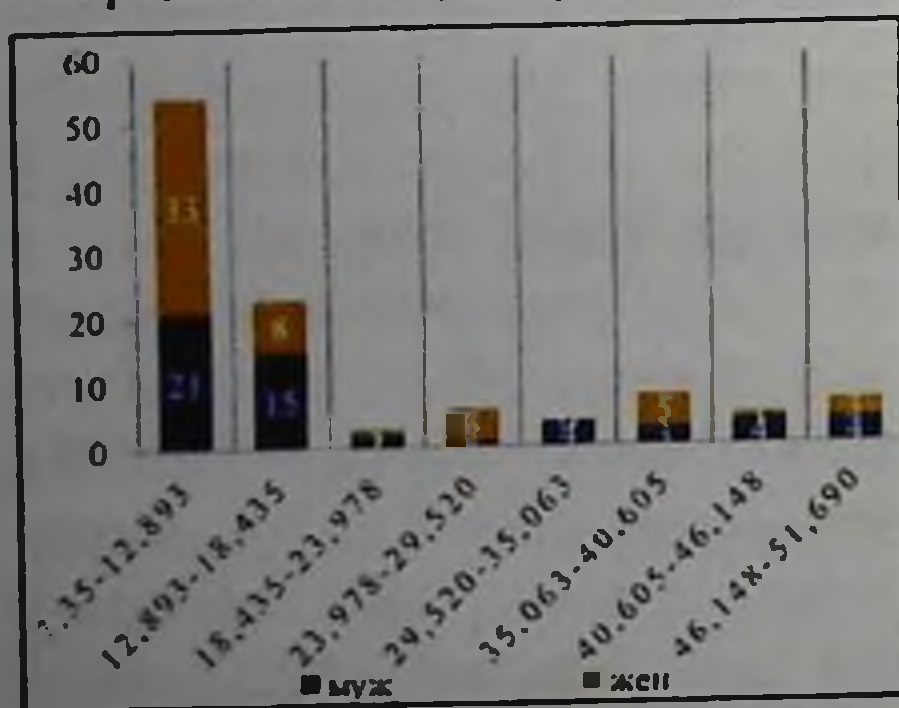
Изменение кровотока по данным ТКДГ V4 сегмента позвоночных артерий пациентов основной и контрольной групп при ротации

Расположение аномалии Киммерле	Тип аномалии Киммерле	Кровоток	
		справа	слева
Односторонняя АК	Полная	10,62%	21,52%
	Неполная	2,0%	16,25%
Двухсторонняя АК	Полная	22,17%	21,73%
	Неполная	15,0%	13,0%
Группа с наличием полной и неполной АК		18,82%	21,13%

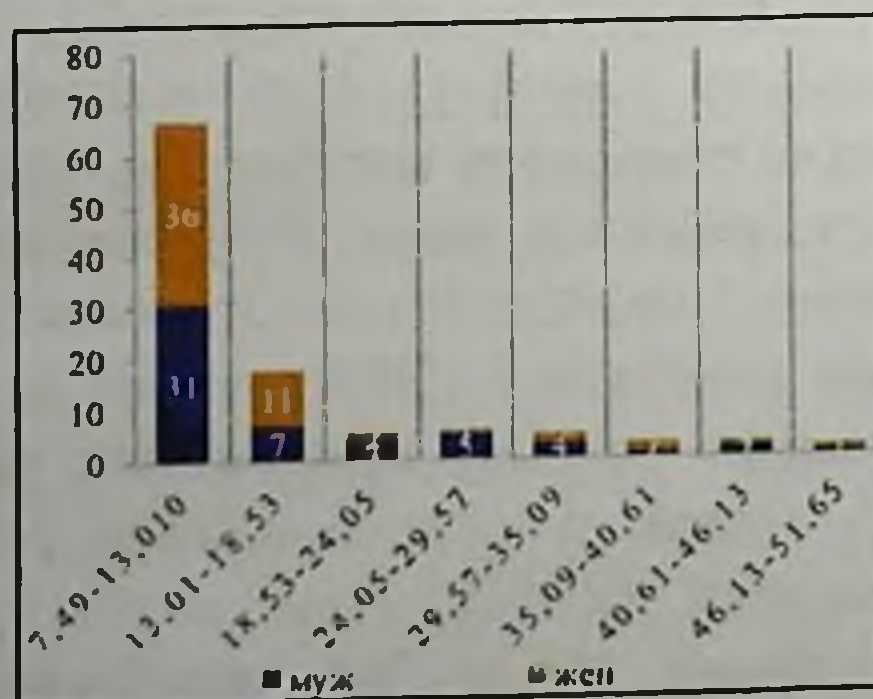
Посредством транскраниальной доплерографии было установлено различной выраженности понижение скорости кровотока в зависимости от вариантов костного кольца атланта. Выявленные гемодинамические изменения, возможно, являются доказательством выраженности неврологических жалоб.

Совокупность этих данных может давать прогноз о возможных причинных факторах, которые могут вызвать снижение мозгового кровотока, и приводит к ранней инвалидизации и утрате работоспособности [19].

Представлены гистограммы распределения исследуемых параметров для общей совокупности пациентов по данным ТКДГ после ротационной пробы, соответствующие нормальному распределению (см. рис. 17).



V<sub>mean</sub> правой позвоночной артерии



V<sub>mean</sub> левой позвоночной артерии

Рис. 17. Определение V<sub>mean</sub> позвоночных артерий методом ТКДГ при проведении ротационной пробы.

Различия между группами оценивались также по значению средней линейной скорости кровотока, и при этом динамика  $V_{\text{mean}}$  на ротацию головы имела тенденцию к снижению. При анализе полученных данных после проведения ротационной пробы и составления наглядных гистограмм, было отмечено повышение индекса реактивности в большей степени при наличии АК и имеют прямой характер зависимости. При краниовертебральном вращении калибр ПА не изменяется, стеноз же, вызван внесосудистым компонентом или изменением хода артерии.

По результатам исследования значимые показатели гемодинамики при вращении шеи у пациентов без АК не диагностировались. У обследованных же с ВБН при АК результаты говорили о значимом внесосудистом воздействии в V3 и V4 сегментах ПА при ротации головы у испытуемых данных групп в зависимости от варианта костной перемычки. Значения максимальной систолической скорости при обычном положении головы и при боковых поворотах у здоровых не имели особой разницы, но коэффициент резистентности у пациентов с АК был значительно больше, в отдельных группах достигая более 20% ( $p < 0.05$ ).

Таким образом, нами было изучено изменение  $V_{\text{mean}}$  кровотока при сопоставлении данных функциональных проб.  $V_{\text{max}}$  кровотока, которая характеризовала состояние проходимости изучаемых нами сегментов сосудистого русла значительно меняла свои параметры при экстравазальной компрессии. Полученные результаты служат убедительным критерием гемодинамической значимости. Учитывая вышеизложенное, нам представляется возможной оценка поворотной пробы по данным  $V_{\text{max}}$  кровотока.

Диагностически-весомым показателем явилось замедление  $V_{\text{max}} \geq 20\%$  по сравнению с кровотоком до ротации, вероятность же положительного теста, относительно контрольной группы, и встречаемость данных изменений в 7,5 раз превалирует при ВБН, сочетаемая с АК.

Также, по результатам ТКДГ, у 72 (65,5%) из общего числа обследованных с СПА диагностировали патологические паттерны кровотока по ПА в виде асимметрии более 30% (сравнивая ЛСК

справа и слева), отмечаемая по некоторым данным до 95,5% случаев при компрессионно-ирритативном эффекте вертеброгенного СПА. У всех обследованных данные гемодинамики не имели существенных различий с показателями внутри групп при нейтральном положении шеи и проявлялись снижением показателей с преобладанием в одной из ПА.

У лиц контрольной группы величина пиковой скорости кровотока при поворотной пробе несколько снижалась (в пределах 2%), преимущественно в левой позвоночной артерии. У пациентов с аномалией Киммерле пиковая скорость кровотока снижалась значительно на стороне с наличием костной перемычки вне зависимости от стороны ротации. Характер указанных изменений в основном зависел от давности появления клинической картины, и проявлялось снижением показателей скорости тока крови. По нашему мнению, это результат истощения механизмов ауторегуляции гемодинамики в вертебробазилярной зоне с течением времени.

Резюмируя, можно сказать, что результаты нашего исследования показали, что прохождение ПА через арку или через сводчатое отверстие потенциально является причиной периодических нарушений в артериальном кровотоке, а также оказывает давление на периартиальное симпатическое сплетение, особенно во время вращения головы. Результатом этого является индукция переходных явлений ВБН.

Таким образом, наш опыт и литературы данные в совокупности ещё раз подтверждают большие возможности ультразвукового метода исследования, в частности ТКДГ, в уточнении причин нарушений гемодинамики труднодоступного краниовертебрального сочленения. Применение сочетания современных технологий ультразвуковой диагностики в визуализации достаточно полно даёт информацию о всех сегментах ПА, помогая выявить патологические отклонения в ее просвете, охарактеризовать систему церебральной гемодинамики проведением нагрузочных проб.

## Оценка сосудов вертебробазилярной зоны методом магнитно-резонансной ангиографии

При АК симптомы нозологии преимущественно зависят от особенностей изменений биомеханики позвонков шеи и возникающих нарушений процессов сохранения ауторегуляции общемозгового кровотока, при этом тяжесть проявлений семиотики ВБН не коррелирует с выраженностью дегенеративно-дистрофических изменений позвонков шеи.

Многочисленными исследованиями установлено, что сочетание изменений архитектоники магистральных артерий, а также артериального круга головного мозга выявлены у 97,9% пациентов с АК.

Так как проведённые нами ультразвуковые исследования сосудов краниовертебральной зоны не дали полной анатомической оценки интракраниальных отделов позвоночных артерий, и вариантов строения магистральных сосудов головы пациентам с изучаемой аномалией целенаправленно была проведена магнитно-резонансная ангиография [19].

Методом магнитно-резонансной ангиографии изучали калибр, уровень отхождения и правильность хода артериальных сосудов (см. табл. 14). Снижение показателей диаметра артерии меньше 3,0 мм считается показателем, подтверждающим гипоплазию позвоночной артерии.

Табл. 14

Данные МРА у обследованных пациентов с аномалией Киммерле

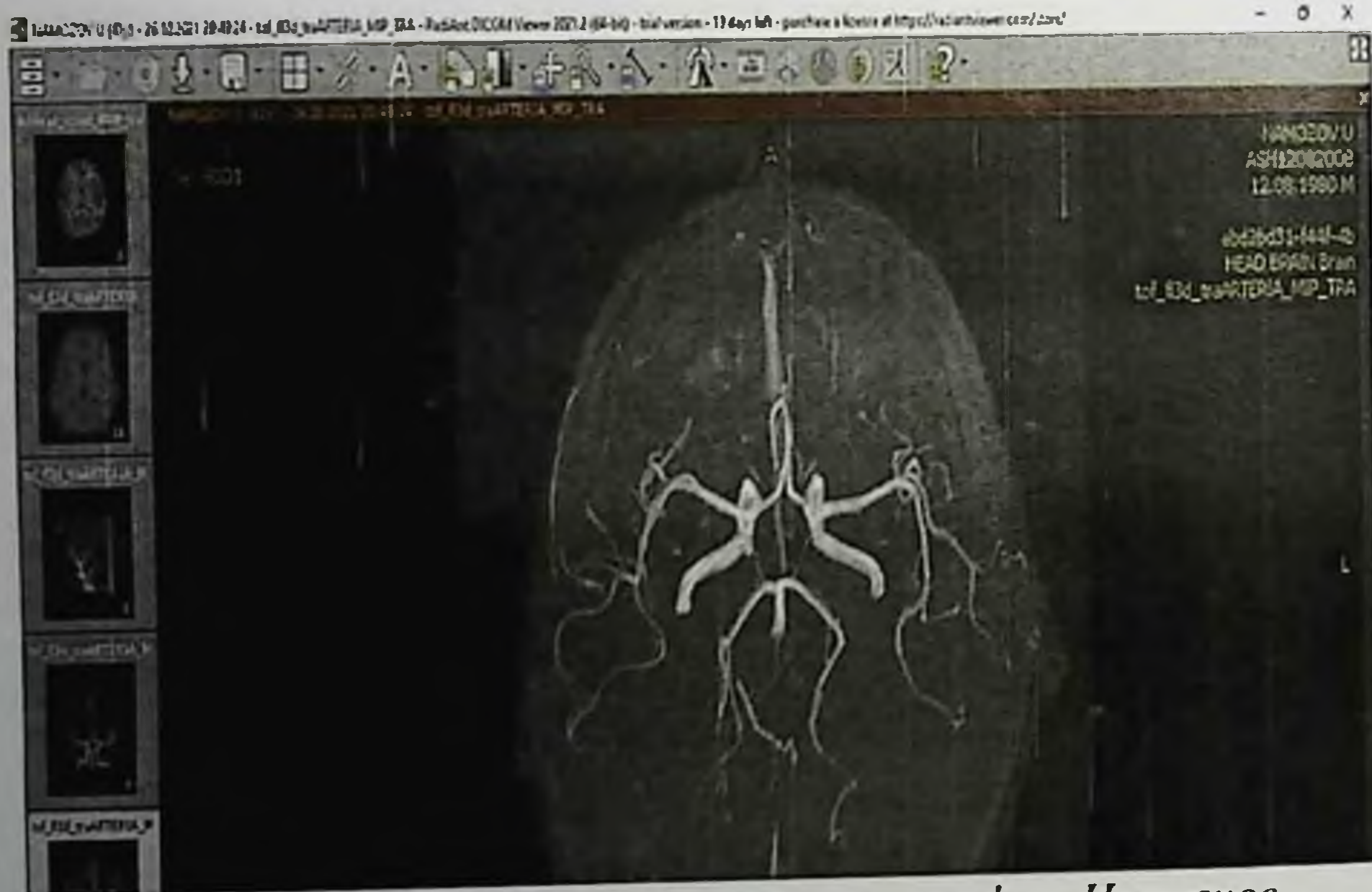
Сосудистые изменения	Справа		Слева		С двух сторон	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Гипоплазия ПА	7	6,6	9	8,5	3	2,8
Аплазия ЗСА	16	15,1	9	8,5	18	17,0
Извитость сосудов КВО	9	8,5	13	12,3	18	17,0
Трифуркация артерий головного мозга	-	-	2	1,9	4	3,8

У преобладающего числа обследованных нами пациентов были выявлены изменения архитектоники артериального круга головного

мозга, которые относились к одному из возможных вариантов, наиболее часто отмечаемые в нашем исследовании:

1. варианты неординарного начала артерий головного мозга,
2. разомкнутый вариант круга - переднего и заднего полукольца,
3. асимметричный диаметр артерий правого и левого отрезков круга.

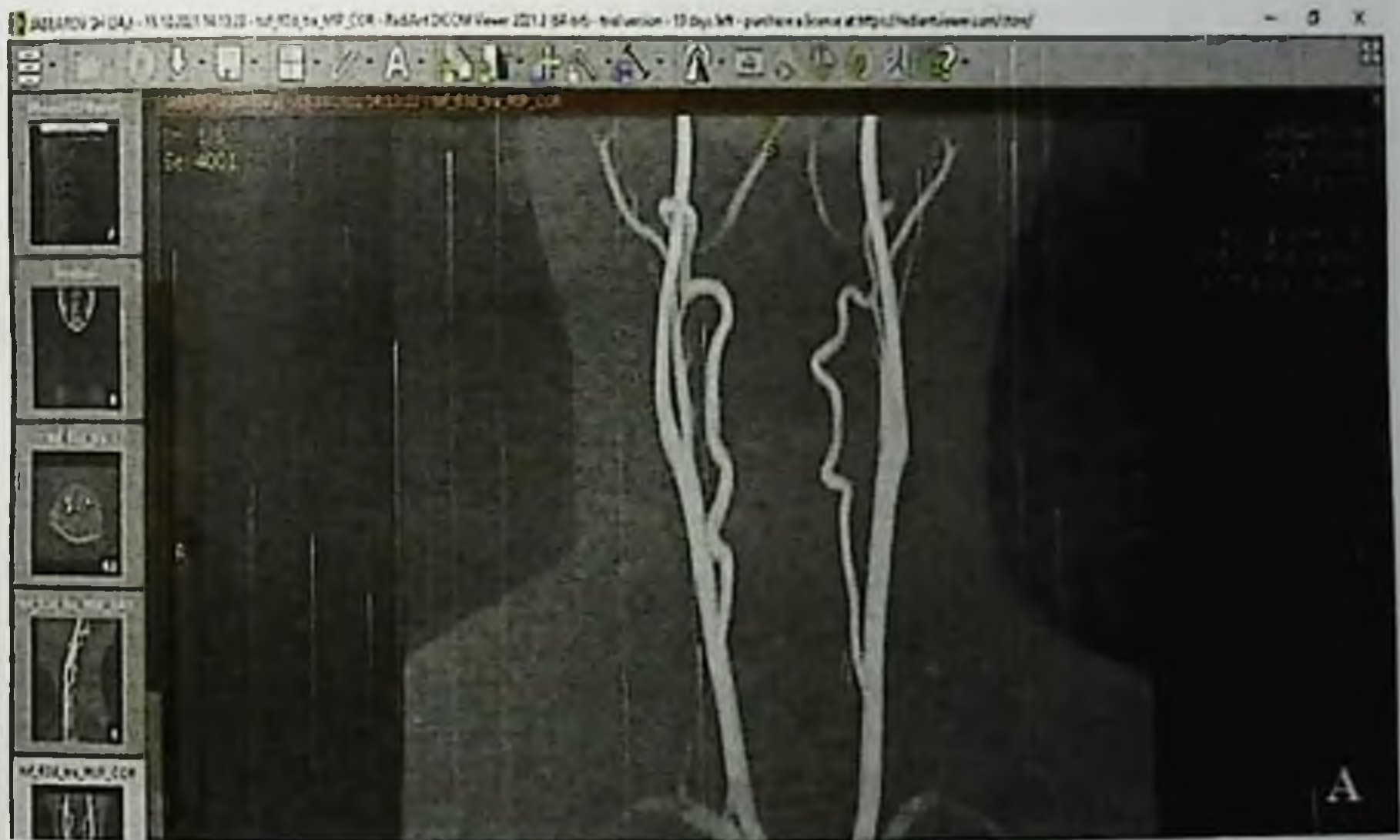
В ходе МРА у пациентов с аномалией Киммерле визуализирован различных типов разобщённый артериальный круг большого мозга (см. рис.18, рис.19) [19]. Очень часто отмечалась прерывистость заднего отдела артериального сосудистого круга головного мозга в виде варианта аплазии задней соединительной артерии. У 43 (40,6%) обследованных отсутствовала задняя коммуникантная перемычка: у 18 (17%) из них не дифференцировались билатерально, у 9 (8,5%) - слева и у 16 (15,1%) справа.



*Рис. 18. Пациент Н., 41 год. МР-ангиография. Нативное изображение. Замкнутый Виллизиев круг.*



*Рис. 19. Пациент Т., 19 лет. МР-ангиография. Нативное изображение. Незамкнутый Виллизиев круг: отсутствие ЗСА с обеих сторон (указано стрелками).*



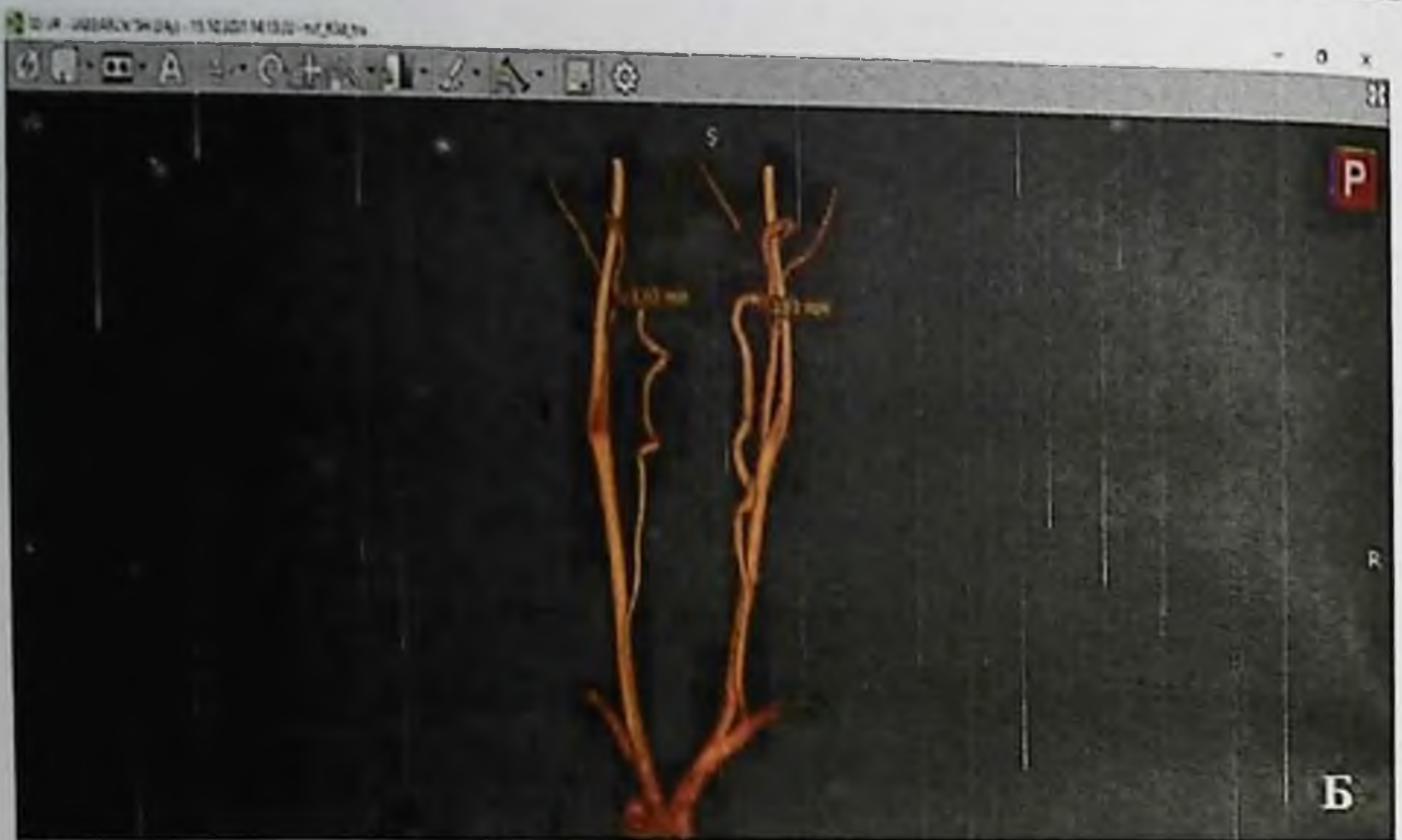


Рис.20. Пациент Ж., 24 года. МР-ангиография. Извитость ПА с обеих сторон: А) нативное изображение, Б) 3D-реконструкция.

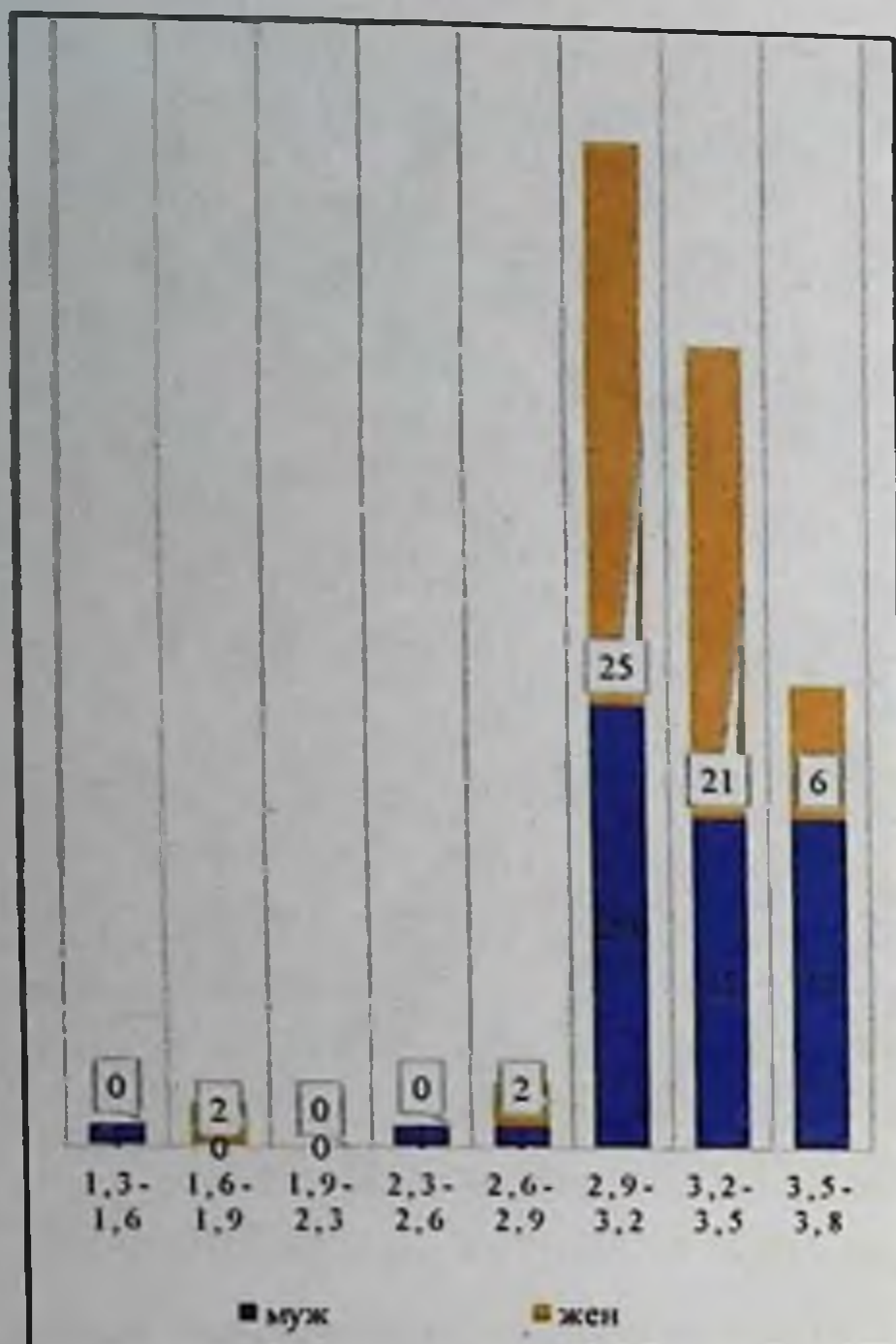




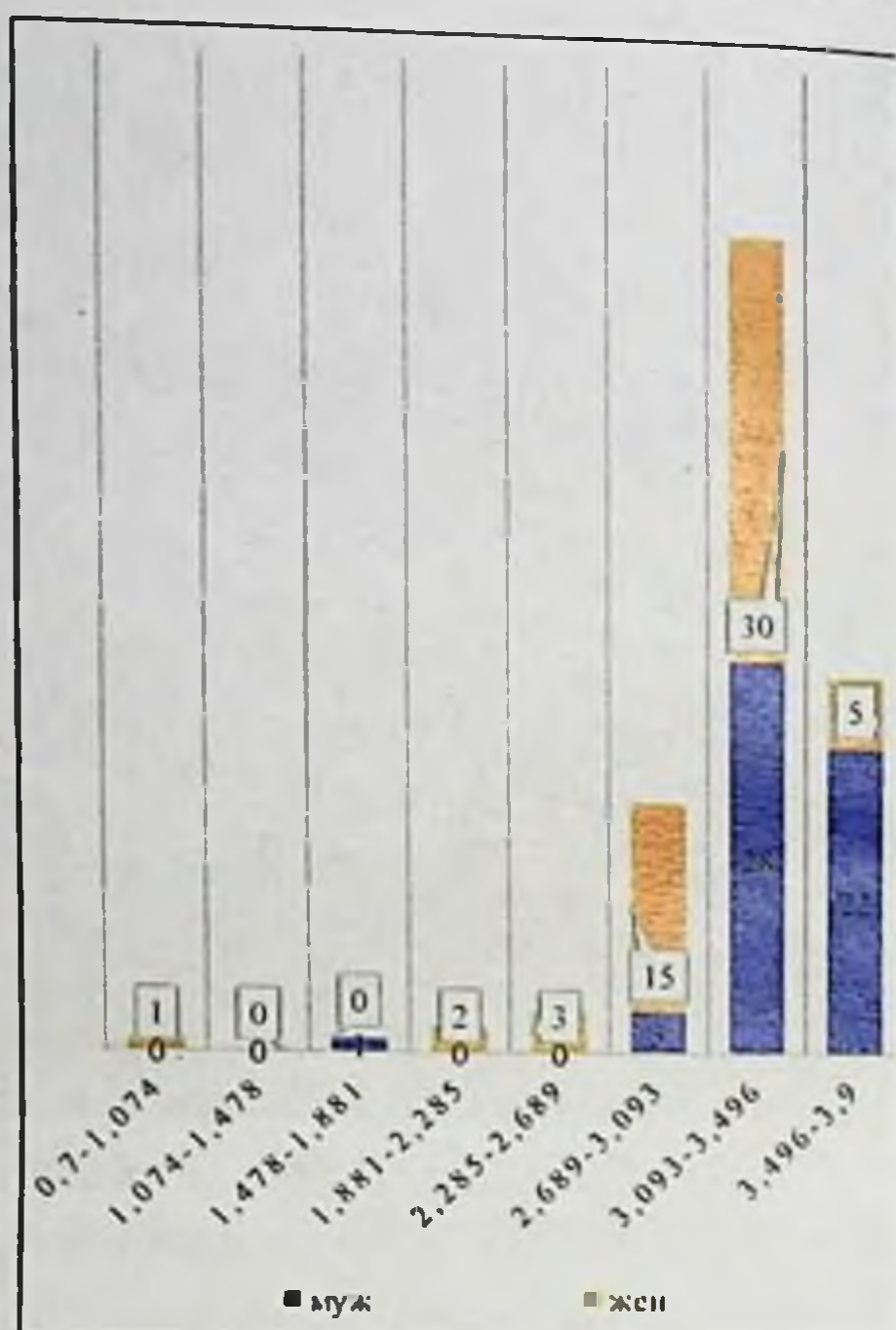
*Рис. 21. Пациент Б., 37 лет. МР-ангиография. Извитость ВСА и ПА с обеих сторон: А) нативное изображение, Б) 3D-реконструкция.*

Изменения в сонных артериях, вызывающих окклюзию, либо стеноз у пациентов со спондилогенной ВБН при проведении МРА не выявлены. Извитость сосудов краниовертебрального отдела, являющаяся признаком, которая характеризует особенности архитектоники магистральных артерий головного мозга у исследованных с аномалией Киммерле и отмеченная у 40 обследованных (37,7%) в V3 и V4 сегментах ПА, хотя по данным некоторых авторов изменения хода ПА отмечается до 65,6%. У большинства пациентов диагностированы сочетания различных вариантов извитости (см. рис.20, рис.21). С-образная извитость позвоночной артерии выявлена у 29 (27,4%) пациентов, S-образная - у 11 (10,4%) [19].





Диаметр правой позвоночной артерии



Диаметр левой позвоночной артерии

Рис. 22. Диаметр позвоночных артерий у пациентов с АК методом МРТ.

На рисунке 22 представлены гистограммы распределения исследуемых параметров для общей совокупности пациентов. На данных гистограммах можно отметить что параметры определенные по данным МРТ соответствуют нормальному распределению.

При измерении диаметра ПА методом МР- ангиографии на уровне V3-V4 сегментов поперечный размер в среднем с двух сторон составил  $3,2 \pm 0,04$  мм ( $3,21 \pm 0,04$  слева и  $3,18 \pm 0,03$  справа) [19]. Если по данным литературы показатели менее 3 мм, соответствующие параметрам оценки гипоплазии ПА, встречаются в 32,9%, то в нашем исследовании у 16 (15,1%) больных определялась односторонняя гипоплазия ПА: справа - 7 (6,6%) (см. рис.23), слева - 9 (8,5%), а двухсторонняя - была выявлена лишь в 3 (2,8%) наблюдениях (см. рис.24).

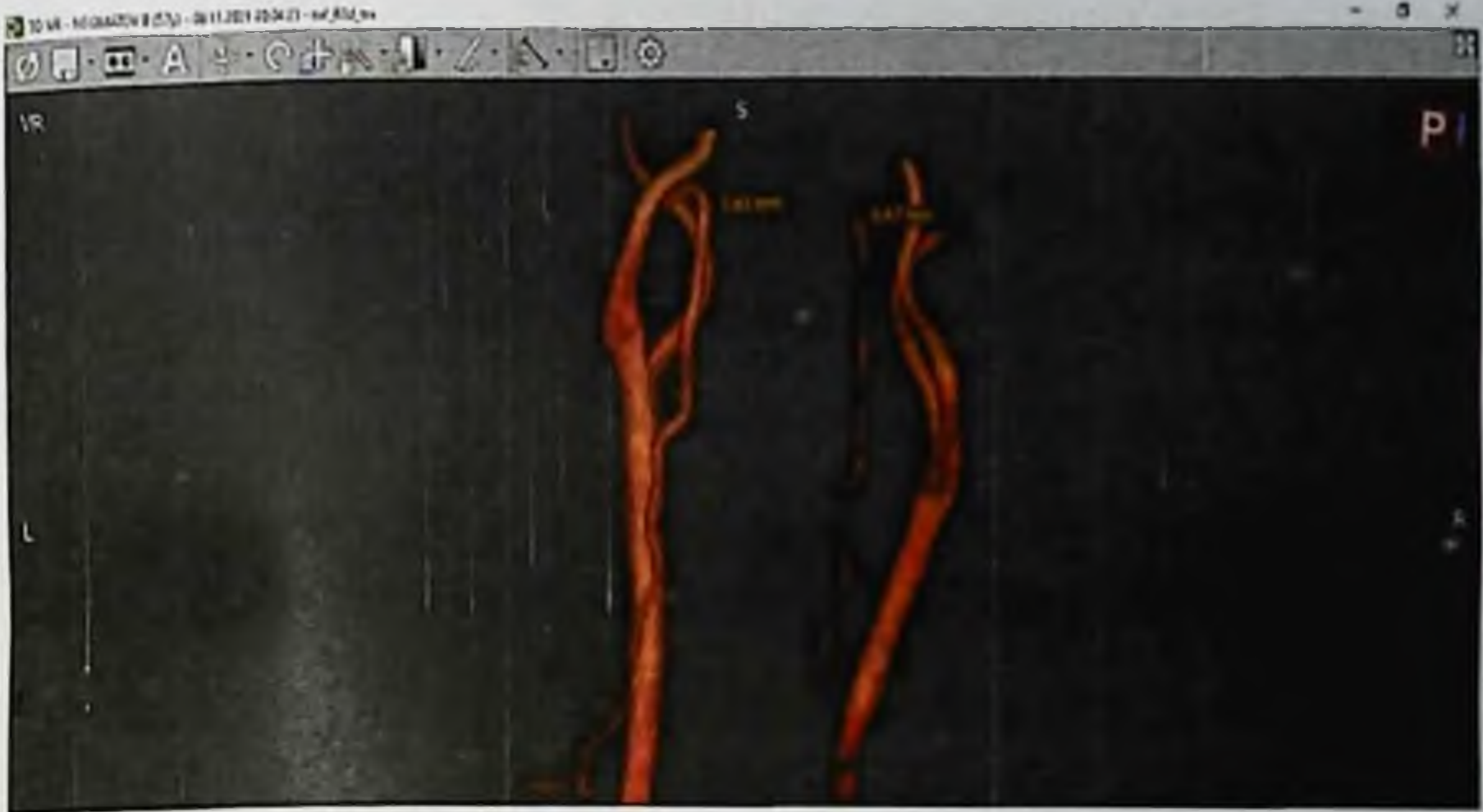


Рис. 23. Пациент Н., 57 лет. МР-ангиография шейного отдела. 3D-реконструкция. Гипоплазия преимущественно правой ПА.



Рис. 24. Пациент Д., 56 лет. МР-ангиография головного мозга с захватом краниовертебрального отдела. 3D-реконструкция. Гипоплазия ПА с обеих сторон.

Гипоплазия ПА может быть фоновым состоянием, при сочетании со структурной патологией мозговых сосудов, в том числе и позвоночных артерий, а также вариантом нормальной

архитектоники позвоночных артерий у больных с ВБН при АК. Следует отметить, что при выявлении сниженных физиологических возможностей реактивности сосудов ВББ, а также при отсутствии гемодинамически выраженных стенозов экстракраниальных артерий, обследованные с гипоплазией ПА составляют группу риска гиповолемического инсульта.

По данным МРА-исследования, у больных с признаками ВБН отмечалось относительно чаще (53,8%) асимметрия калибра внутричерепного участка ПА, а без выраженной симптоматики - только в 17,0%. Оценка кровотока в позвоночной артерии методом МРА показал, что в преимущественном проценте наблюдений как в правой (65,5%), так и, в особенности, левой ПА (87,3%) отмечается его замедление (табл.15).

Подводя итоги оценки данных МРА у пациентов с АК, уточнилось наличие вариантов архитектоники сосудов головного мозга, что является отображением изменения формирования, а также развития магистральных артерий головы.

Табл. 15

Изменение скорости кровотока в позвоночной артерии у пациентов с АК на МРА

	Не изменен		Ускорен		Замедлен	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Правая ПА	34	30,9	-	-	72	65,5
Левая ПА	10	9,1	-	-	96	87,3

Таким образом, аномалия Киммерле комбинируется с различными вариантами ангиодисплазий артериального круга головного мозга, выявленные при МРА. Клинически проявленные АК часто (58,5%) комбинируются с дизангиогенезом, особенно нередким отражением которого у данной категории пациентов являются гипоплазии позвоночных артерий (17,9%), изогнутость сосудов вертебрально-базилярного отдела (37,7%), прерывистость задней зоны артериального круга головного мозга (40,6%), а также трифуркация внутренней сонной артерии (5,7%).

Полученные данные МРА подчеркивают гемодинамическую роль сосудистых аномалий и подтверждают вероятность развития церебрально-васкулярных нарушений артериального генеза больных с АК. Также было подчеркнута влияние структурного изменения атланта на продолжительность клинических симптомов,

в зависимости от измененных артерий. Однако, степень выраженности остеохондроза позвонков шеи не усугубляла траекторию хода ПА. Сочетании же со сводчатым отверстием атланта, усугубляет влияние на кровоток, что и выявляется при МРА, в том числе поражение позвоночной артерии.

Вопрос же о возможной асимметрии кровотока полушарий головного мозга является спорным и может быть обоснован и с функциональной, и анатомической точек зрения. Согласно мнению специалистов, симметрия является признаком, который обеспечивает сохранность эволюции организма, как признак стабильности и устойчивости. Проявление же асимметрии сосудов создает условия для поддержания неустойчивого состояния, равновесия, которое гарантирует процесс изменчивости развития.

Как видим, данное изменение архитектоники атланта не представляется вариантом нормы и при нём со временем происходит истощение компенсаторных механизмов. Мы считаем данное изменение больше относится к аномалии развития. АК приобретает патологическое значение на фоне дегенеративных изменений и всевозможных травм шеи, что является актуальным и объясняет проведение целенаправленных исследований.

## ГЛАВА IV. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЛУЧЕВЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ В ДИАГНОСТИКЕ НАРУШЕНИЙ КРОВООБРАЩЕНИЯ В ВЕРТЕБРОБАЗИЛЯРНОЙ ЗОНЕ ПРИ АНОМАЛИИ КИММЕРЛЕ

Аномалия Киммерле – один из распространённых в нашей популяции вариант развития атланта, который как случайная находка обнаруживается на рентгенограмме шейного отдела позвоночника. Обзор литературных данных не дал однозначный ответ на вопрос: приводит ли АК к механическому сдавлению нервного сплетения ПА и самого сосуда. У больных с невыраженными рентгенологическими симптомами остеохондроза шейного отдела позвоночника ирритация симпатического сплетения ПА скорее всего происходит из-за выраженного гипертонуса мышц шеи.

Практическая ценность проведенного исследования состоит в том, что нами разработан диагностический алгоритм (см. рис. 25), использованный в основной группе, который улучшает эффективность диагностики аномалии Киммерле и тем самым способствует оптимизации ведения больного, с определением визуализационных и гемодинамических критериев данной патологии.

Сущность разработанного алгоритма обследования заключается в том, что пациентам с предположительной аномалией Киммерле при выявлении признаков вертебробазилярной недостаточности на первом этапе в качестве скринингового метода проводится рентгенография шейного отдела позвоночника предпочтительно в боковой проекции.

Если изменения атланта не выявлены, при сложности, а также невозможности визуализации зоны интереса рекомендуется консервативное лечение, так как дискомфорт, возможно вызван другой патологией. По итогам терапии, если не отмечается положительный эффект, необходимо проведение комплекса лучевых методов визуализации, а именно ТКДГ (даёт характеристику тока крови после выхода из позвоночного столба), МСКТ (уточняет состояние структур, которые могут вызвать экстравазальную компрессию), если и этого недостаточно, то оценку

состояния сосудистого русла может дать МРА вертебробазилярной зоны для уточнения этиологии возникновения клинических симптомов.

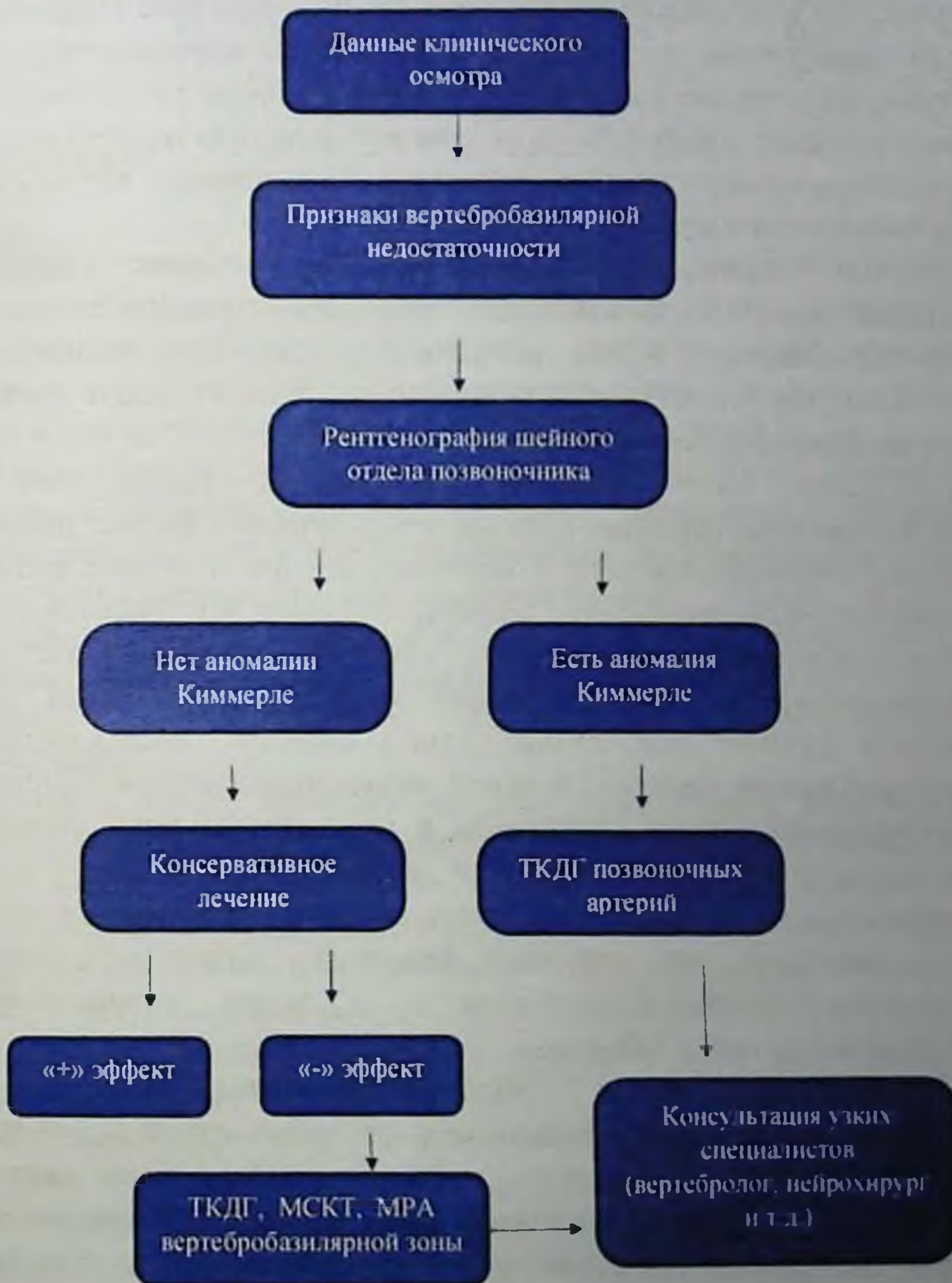


Рис. 25. Алгоритм лучевых методов исследования в диагностике нарушений кровообращения в вертебробазилярной зоне при аномалии Киммерле.

При дифференциации же на рентгенограмме костной перемычки, больным с синдромом позвоночной артерии для определения характера и степени выраженности изменения скорости кровотока необходимо выполнение ТКДГ. Внедрение ТКДГ-оценки при поворотных пробах дает возможность определения ранних гемодинамических изменений в сосудах. И как результат конечного исследования, в дальнейшем определяется тактика ведения пациента узкими специалистами, в частности консультация вертебролога, нейрохирурга и др.

Как видно, оптимальность разработанного алгоритма исследования в диагностике нарушений кровообращения в вертебробазилярной зоне при аномалии Киммерле заключается в использовании доступных, неинвазивных методов визуализации, с минимальной лучевой нагрузкой для пациента.

Сравнительный анализ результатов исследования по выявляемости Аномалии Киммерле и нарушений кровообращения в вертебробазилярной зоне в основной группе и группе контроля, показал относительную разницу параметров эффективности используемых методов. Критерии чувствительности, специфичности, диагностической точности в основной группе имеют лучшие показатели. Таким образом последовательное использование методов лучевой визуализации в соответствии с составленным нами алгоритмом и акцентом на зону интереса в краниовертебральной области у пациентов из основной группы относительно неорганизованного применения методов диагностики у пациентов из группы контроля позволяет повысить чувствительность, специфичность, а также диагностическую точность (см. табл. 16).

Так, в плане рентгенографического исследования ложноотрицательные результаты в основной группе составили 7 случаев, а в контрольной группе – 13, которые были связаны с субъективными факторами (неправильная укладка, короткая шея и др.). Эти данные указывают на лучшую выявляемость в основной группе.

Характеристика показателей лучевых методов исследования у пациентов с аномалией Киммерле (в %)

Метод исследования	Показатели	Контрольная группа (n=50)	Основная группа (n=60)
Рентгенография	Чувствительность	79,4	89,6
	Специфичность	85,0	90,6
	Диагностическая точность	84,0	90,4

Достоверность полученных данных обоснована правильностью используемого в работе теоретического подхода, методики, точностью проведенного контроля, достаточностью числа обследованных, статистической обработкой данных исследований, сопоставлением полученных результатов исследований.

Таким образом, значение результатов исследования состоит в том, что применение алгоритма на основе обобщённых данных вносит существенный вклад в современные достижения лучевой диагностики патологий краниовертебрального отдела путем использования мультиспиральной компьютерной томографии, транскраниальной доплерографии и магнитно-резонансной ангиографии в дополнении к рентгенографии шейного отдела позвоночника.

Данные МРА, проведенной для определения вариантов строения магистральных сосудов краниовертебральной зоны, в каждом индивидуальном случае в сочетании с компьютерной томографией дали возможность сопоставить диаметр позвоночных артерий между собой и с диаметром костного кольца атланта. Следует отметить, гипоплазированная позвоночная артерия чаще отмечалась на стороне, где была выявлена замкнутая форма аномалии Киммерле [19].

Площадь сводчатого отверстия до цифр 15-16 мм<sup>2</sup> более характерна в женской группе обследованных, в мужской группе преобладали большие размеры костного кольца. Также эту взаимосвязь можно проследить и по данным МРА с постепенным перевесом диаметра ПА в группе мужчин.

Площадь отверстия, образованного задним костным мостиком атланта, по нашим данным, может превышать площадь



поперечного сечения ПА почти в 2 раза. Также выявлена корреляция между калибром диаметра позвоночных артерий и таким показателем кровотока, как средняя линейная скорость, зависящая от нарушений мозгового кровообращения, степени ее выраженности.

С целью анализа связей исследуемых параметров был проведен корреляционно-регрессионный анализ, выполненный как для всей выборки, так и в отдельности для подгрупп с вариантами АК. На первом этапе анализа на основе ранее произведенных вычислений была рассчитана матрица корреляции по Пирсону, где расчётным параметром является коэффициент корреляции.

Были выполнены сопоставления определенных параметров КТ, МРТ, а также ТКДГ исследований. Анализируя полученные матрицы можно отметить ярко выделяющуюся диагональ со значением корреляции 1, указывающий на автокорреляцию рассматриваемых параметров. В рамках данных анализов был получен ряд значений, взаимозависимых друг от друга, в связи с этим определяемый коэффициент корреляции можно принять как подтверждение верности проведенных анализов. Полученные матрицы являются диагонально симметричными, что позволяет производить анализ изменения коэффициента корреляции в зависимости от рассматриваемого параметра как по столбцам, так и по строкам.

Для оценки тесноты связи анализируемых параметров была применена таблица Чеддока (см. табл. 17).

Табл. 17

Оценка силы корреляционной связи

Абсолютное значение $r_{xy}$	Сила корреляционной связи
< 0.3	слабая
0.3 - 0.5	умеренная
0.5 - 0.7	заметная
0.7 - 0.9	высокая
> 0.9	очень высокая

При анализе корреляции высокие корреляционные взаимосвязи изучаемых констант не были отмечены. Обобщая матрицу корреляции для общей выборки выделили ряд пар параметров различных методов исследования, характеризовавшие «заметную»

силу корреляционной связи (см. табл. 18). Те пары, которые имели «слабую» и «умеренную» корреляцию в представленную таблицу не были включены. Нами были акцентированы такие константы, как площадь отверстия, вычисляемая методом МСКТ, диаметр ПА на МРА и скорость кровотока при ТКДГ. Следует отметить, что везде отмечалась прямая корреляционная связь изучаемых параметров.

Табл. 18

**Корреляционные взаимосвязи показателей лучевых методов исследования у пациентов с АК**

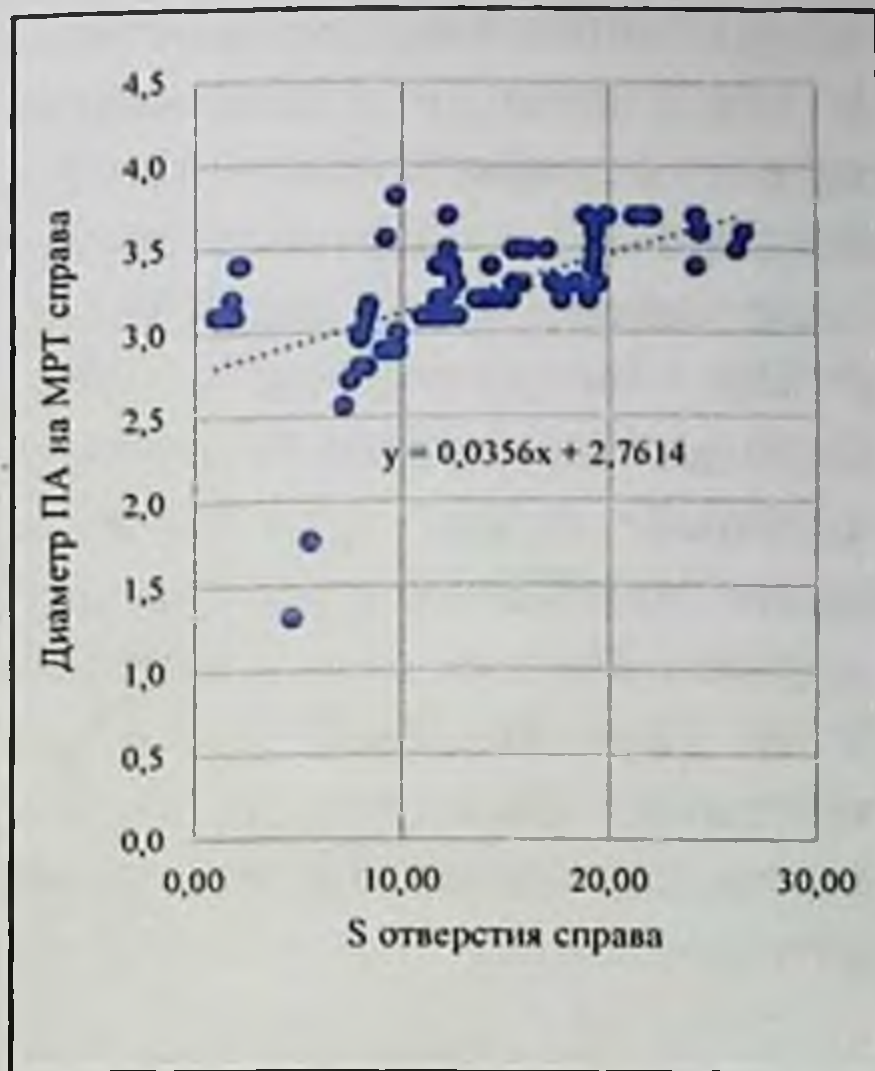
Сопоставляемые параметры		г
Вертикальный размер слева	ТКДГ $V_{max}$ слева	0,58
Вертикальный размер слева	ТКДГ $V_{min}$ слева	0,51
Вертикальный размер слева	ТКДГ ротац $V_{max}$ слева	0,58
Вертикальный размер слева	ТКДГ ротац $V_{min}$ слева	0,51
Вертикальный размер справа	диаметр ПА на МРТ справа	0,5
Вертикальный размер справа	ТКДГ $V_{max}$ справа	0,52
Вертикальный размер справа	ТКДГ $V_{min}$ справа	0,51
Вертикальный размер справа	ТКДГ ротац $V_{max}$ справа	0,52
Вертикальный размер справа	ТКДГ ротац $V_{min}$ справа	0,51
Площадь отверстия слева	ТКДГ $V_{max}$ слева	0,67
Площадь отверстия слева	ТКДГ $V_{min}$ слева	0,61
Площадь отверстия слева	ТКДГ ротац $V_{max}$ слева	0,67
Площадь отверстия слева	ТКДГ ротац $V_{min}$ слева	0,61
Площадь отверстия слева	диаметр ПА на МРТ слева	0,53
Площадь отверстия слева	ТКДГ $V_{mean}$ слева	0,54
Площадь отверстия слева	ТКДГ ротац $V_{mean}$ слева	0,54
Площадь отверстия справа	диаметр ПА на МРТ справа	0,53
Площадь отверстия справа	ТКДГ $V_{max}$ справа	0,66
Площадь отверстия справа	ТКДГ $V_{min}$ справа	0,61
Площадь отверстия справа	ТКДГ ротац $V_{max}$ справа	0,65
Площадь отверстия справа	ТКДГ ротац $V_{min}$ справа	0,60
Площадь отверстия справа	ТКДГ ротац $V_{mean}$ справа	0,51
Площадь отверстия справа	ТКДГ $V_{mean}$ справа	0,5

Как видно, наилучшими взаимохарактеризующими показателями обладают площадь сводчатого отверстия, которую можно определить на компьютерной томографии, и показатели систолической ( $V_{\max}$ ) и диастолической ( $V_{\min}$ ) скоростей кровотока при ТКДГ. Проведение ротационных проб особым образом не сказывалось на изменении корреляционных связей, не увеличивая и не уменьшая коэффициент. Вертикальный размер костного отверстия атланта также имел большую значимость для уточнения воздействия на кровоток в позвоночной артерии, нежели переднезадний размер.

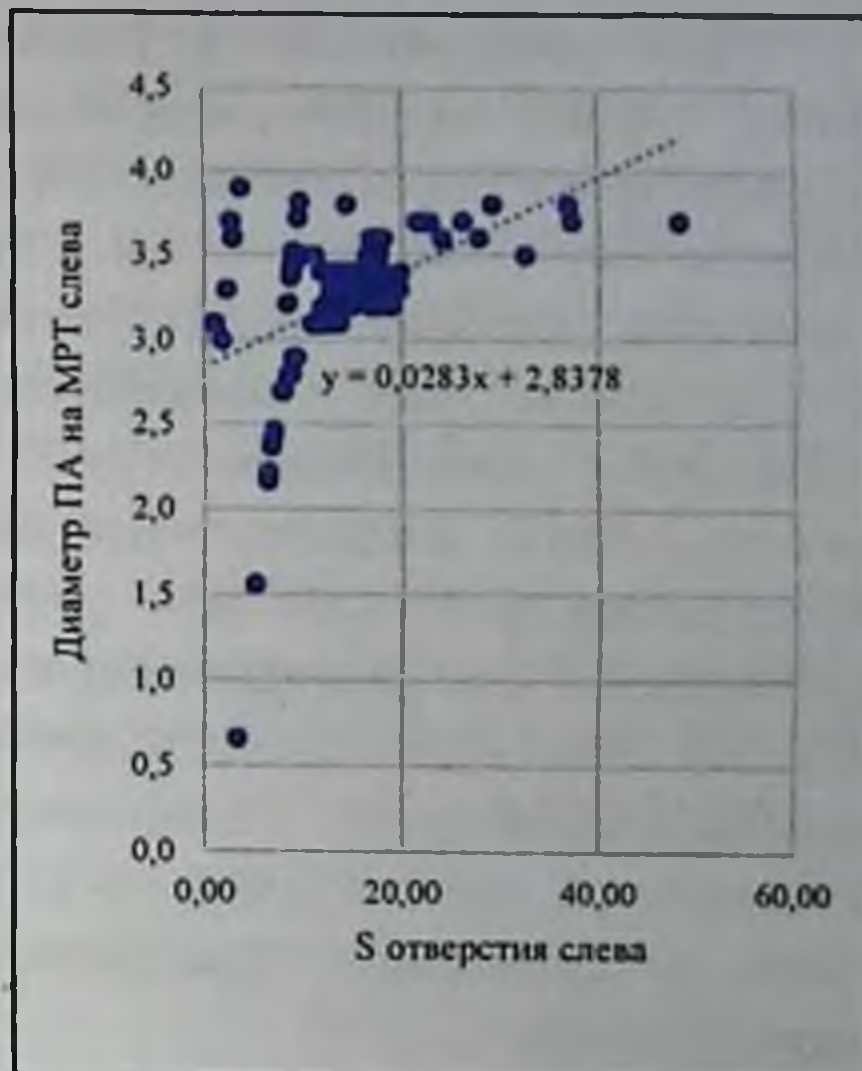
Для выше указанных пар были построены поля корреляции и регрессионные функции (см. рис.26). Анализируя поля корреляции, можно сделать вывод что все анализируемые параметры во многом имеют линейную зависимость и отражают прямую корреляцию, что подтверждает проведённые расчеты коэффициента корреляции.

Проведя анализ вышеуказанных данных не трудно заметить, что отмечается прямолинейный характер зависимости систолической и диастолической скоростей кровотока в позвоночной артерии, которые увеличиваются или уменьшаются соответственно с изменением площади сводчатого отверстия и вертикального размера при АК.

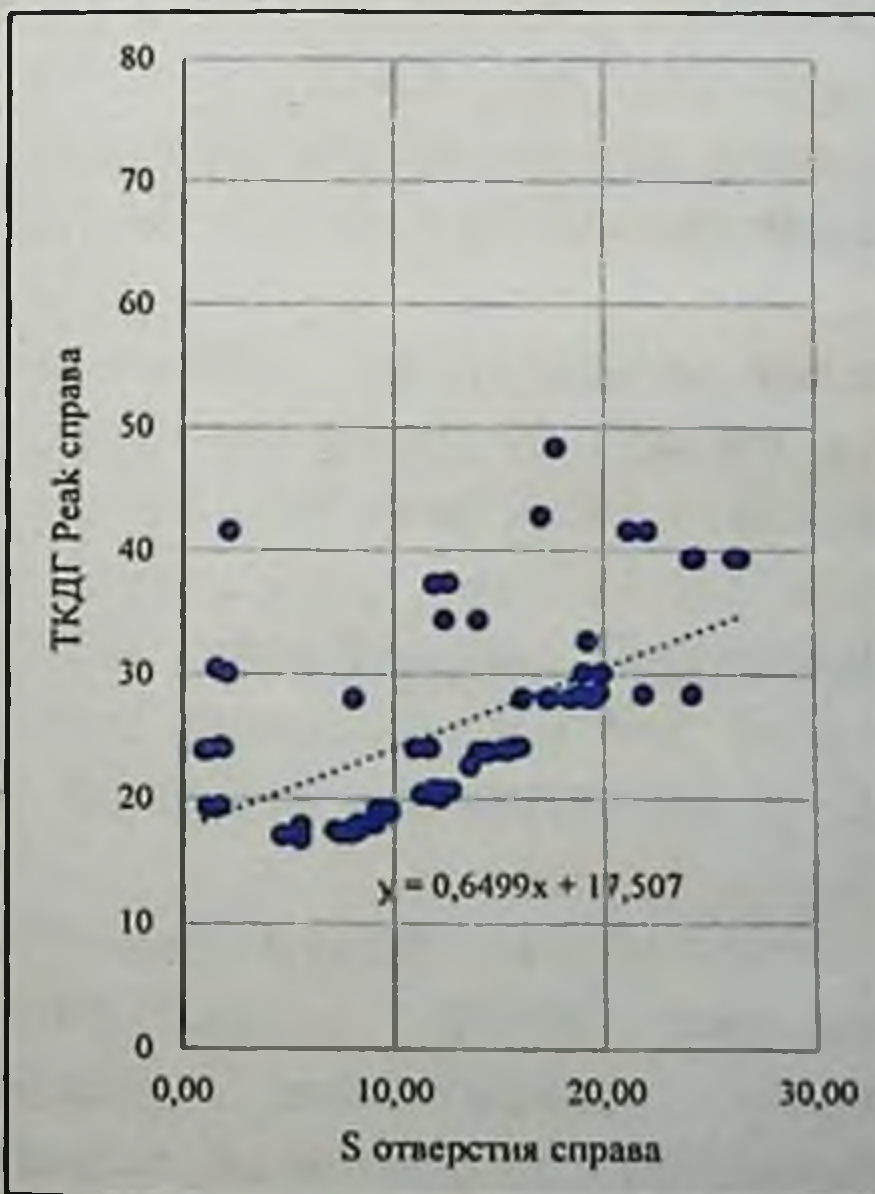
Из выше сказанного вытекает, что нервное сплетение с ПА непосредственной компрессии в отверстии атланта, практически не подвергается. Результаты соотношения наших расчётов уведомили, что у мужчин и женщин площадь поперечного сечения ПА меньше площади поперечного сечения *foramen arcuale* в 1,6-1,9 раза ( $p < 0,05$ ). У пациентов с АК ни в одном наблюдении стеноза ПА в области задней дуги атланта, при проведении магнитно-резонансной ангиографии не было обнаружено. При поворотах шеи смещаемость ПА ограничивается костным кольцом.



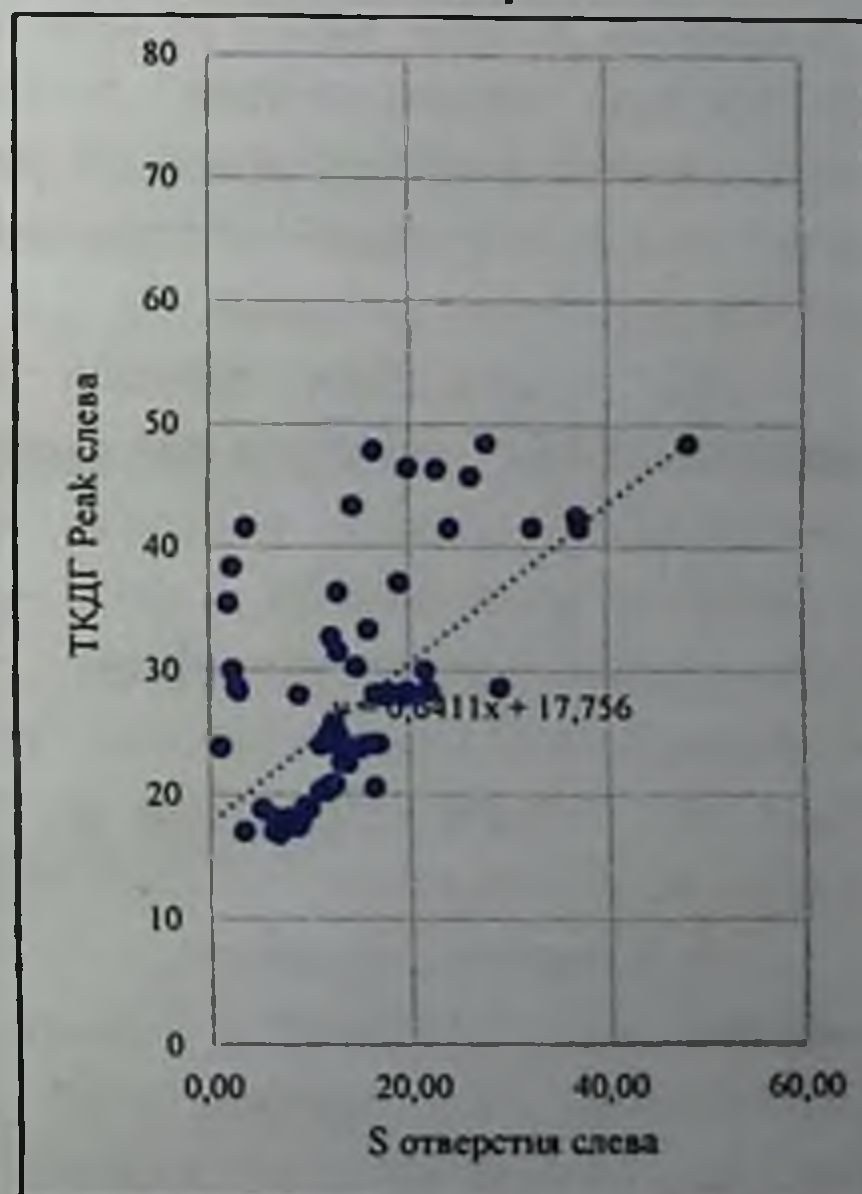
диаметр ПА и площадь сводчатого отверстия справа



диаметр ПА и площадь сводчатого отверстия слева



Уmax ПА и площадь сводчатого отверстия справа



Уmax ПА и площадь сводчатого отверстия слева

Рис. 26. Поля корреляции исследуемых параметров.

При нестабильности двигательных сегментов позвонков, а также механическом раздражении патологически измененными структурами стенки артерии, в основном, остеофитами имеет место раздражение симпатического сплетения ПА вертеброгенного характера, которое лежит, вероятнее всего, в основе СПА у обследованных нами пациентов с АК. Мы знаем, что наличие статической или динамической нагрузки на дистрофически или дегенеративно видоизмененный шейный отдел позвоночника, являющиеся условием для реализации раздражающего фактора, необходимы для возникновения синдрома. Многие наши пациенты (52,7%) отмечали стреляющую или жгучую боль в шейно-затылочном отделе, плохо локализуемую, разлитую, с лобно-орбитальной иррадиацией, которая являлась проявлением, скорее всего, раздражением симпатического сплетения ПА и особенно нерва Франка.

Выраженный вазоконстрикторный эффект оказывает раздражение симпатических структур на уровне определенных сегментов, в том числе и симпатического сплетения ПА. в ВББ появление симптоматики дисциркуляции при СПА возможно обусловлено вазоспастической реакцией, которая распространяется начиная с проксимального уровня позвоночных артерий до веточек задних мозговых артерий.

При отсутствии четкого знания усложненных механизмов развития ВБН зачастую приводит к необоснованному лечению, а комплексный подход к оценке вариантов изменения тока крови в атланта-окципитальной зоне патогенетически обоснован и клинически аргументирован. Однозначно, дальнейшая оценка взаимозависимости патологий шеи и её сосудов может привести к недостаточности кровотока в ВБС у обследуемых пациентов с аномалией Киммерле.

Из вышеизложенного, в патогенезе головной боли значимость сосудистых изменений подтверждают обзор литературных источников и проведенное наше исследование, которое предопределяет тактику ведения пациентов с наличием аномалией Киммерле, когда обязательно необходимо проведение КТ и ТКДГ, а также МРА для уточнения изменения тока крови по ПА.

К сожалению, на современном этапе врачи не задумываются, а некоторые и не знают о существовании данной патологии и

месяцами, а порой годами проводят симптоматическую терапию, не подозревая что рутинными методами можно подтвердить или исключить аномалию Киммерле. Всё возрастающие способности лучевых методов исследования для получения подробной анатомической информации о строении позвоночника и краниовертебрального отдела, предоставляют уникальную возможность возобновить внимание к этой сложной области скелета [19].

Таким образом, оптимальность разработанного алгоритма исследования в диагностике нарушений кровообращения в вертебробазилярной зоне при аномалии Киммерле заключается в использовании доступных, неинвазивных методов визуализации, с минимальной лучевой нагрузкой для пациента с АК.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В современной медицине одной из проблем является нарушение мозгового и спинального кровотока, в то же время относительно частой причиной указанных изменений становятся нарушения кровообращения в вертебробазилярной системе [8].

На современном этапе зачастую причиной изменений вертебрально-базилярного кровотока является его замедление в системе ПА из-за ирритации нервного аппарата, что в 2/3 наблюдений связано с патологией экстракраниальных отделов самой артерии [9]. Одним из таких механизмов, оказывающих экстравазальное воздействие может являться аномалия Киммерле, которая занимает особое место среди различных краниовертебральных аномалий.

Аномалия Киммерле - костное кольцо от края суставного отростка до задней границы дуги атланта, в котором залегает ПА и её нервное сплетение [8]. Разнообразие и неспецифичность клиники, а также сложность оценки рентгеновских снимков характеризуют возникающее затруднение верификации аномалии. Проведение вазотопической диагностики вертебробазилярной области является оценкой превалирующего уровня поражения сосудов ВБС. Она основывается на тщательной современной нейровизуализации (ультразвуковая-ТКДГ, мультиспиральная КТ, сцинтиграфия, МРА).

Рентгенография хотя и не может давать полную характеристику изменениям атланта, но может определить наличие или исключить АК. Учитывая небольшую лучевую нагрузку, она будет очень полезна в качестве скринингового исследования.

Преимущества КТ при диагностике возникновения костного мостика атланта в том, что на основе только одной осевой проекции (реконструктивное изображение) формы поверхностей костных суставов по всем поверхностям полностью восстанавливаются, обеспечивается равномерность изображения атланта по правой и левой сторонам, отсутствуют четкие и проекционные искажения, могут быть измерены высота и ширина сводчатого отверстия и костные перемычки с обеих сторон. Основная недостаточность КТ при сравнении с другими радиологическими методами - высокая экспозиционная доза облучения и высокая стоимость.

В результате проведенного исследования установлено, что аномалия Киммерле выявляется, как случайная находка, на боковых рентгенограммах шейного отдела позвоночника приблизительно в 17,7% случаев. Большую долю пациентов со спондилогенными нарушениями кровообращения в вертебрально-базилярном бассейне составляют лица молодого возраста - от 18 до 44 лет (53,6%).

Выявленная АК преимущественно была 2-сторонней локализации (72,7%). Как в 1-сторонней, так и 2-сторонней аномалии превалировала замкнутая форма костной перемычки (75,3%), которая в основном располагалась сзади, нежели латерально (9,1%). При 1-сторонней АК превалировало левостороннее расположение костной перемычки.

У больных с аномалией Киммерле посредством транскраниальной доплерографии было установлено различной выраженности понижение скорости кровотока в позвоночной артерии в зависимости от вариантов костного кольца атласа и асимметрия скорости кровотока по позвоночным артериям на экстракраниальном уровне ( $p < 0,001$ ).

Аномалия Киммерле сочетается с вариантами ангиодисплазий артериального круга большого мозга, преимущественно сосудов вертебрально-базилярного бассейна, выявленные при МРА. Клинически проявленные АК нередко (58,5%) сочетаются с дизангиогенезом, отражением которого у данной категории больных служат гипоплазии позвоночных артерий (17,9%), прерывистость заднего отдела артериального круга большого мозга (40,6%), извитость сосудов вертебрально-базилярного бассейна (37,7%) и трифуркация внутренней сонной артерии (5,7%). Асимметрия диаметров у пациентов со спондилогенной ВБН интракраниального сегмента ПА выявлялась чаще (в 53,8% случаев), при этом у пациентов, не имевших признаков ВБН, асимметрия диаметров V4 определялась лишь в 17,0% случаев.

Прямой компрессии позвоночной артерии в отверстии, образованном на задней дуге атланта аномалией Киммерле в большинстве случаев не происходит: площадь отверстия, образованного задним костным мостиком, превышает площадь поперечного сечения ПА в 1,6-1,9 раза. Манифестация СПА, возможно, обусловлено раздражением симпатического сплетения



ПА, оказывающего выраженную вазоспастическую реакцию, особенно при поворотах головы, с появлением симптомов ВБН.

При нестабильности двигательных сегментов позвонков, а также механическом раздражении патологически измененными структурами стенки артерии, в основном, остеофитами имеет место раздражение симпатического сплетения ПА вертеброгенного характера, которое лежит, вероятнее всего, в основе СПА у обследованных нами пациентов с АК. Мы знаем, что наличие статической или динамической нагрузки на дистрофически или дегенеративно видоизмененный шейный отдел позвоночника, являющиеся условием для реализации раздражающего фактора, необходимы для возникновения синдрома. Многие наши пациенты (52,7%) отмечали стреляющую или жгучую боль в шейно-затылочном отделе, плохо локализуемую, разлитую, с лобно-орбитальной иррадиацией, которая являлась проявлением, скорее всего, раздражением симпатического сплетения ПА и особенно нерва Франка.

Учитывая критическую роль ротации шеи на компремирование позвоночных артерий при аномалии Киммерле (особенно двусторонней) и особенности архитектоники сосудов головного мозга необходимо ограничить ротационные манипуляции.

Отсутствие четкого знания особенностей механизмов развития ВБН зачастую приводит к необоснованному лечению, а комплексный упорядоченный подход к оценке изменения тока крови в атланто-окципитальной зоне патогенетически обоснован и клинически аргументирован. Однозначно, дальнейшая оценка взаимозависимости патологий шеи и её сосудов может привести к недостаточности кровотока в ВБС у обследуемых пациентов с аномалией Киммерле.

При вертебробазилярной недостаточности учитывая вероятность наличия аномалии Киммерле показана рентгенография шеи. Для определения локализации и типа патологии следует проводить МСКТ.

Неинвазивные методы исследования церебральной гемодинамики (магнитно-резонансные и ультразвуковые) необходимо включить в стандартный комплекс обследования больных с АК, независимо от наличия и выраженности клинических проявлений. При подозрении вертебрально-базилярной

недостаточности у больных с АК для оценки состояния мозгового кровотока, показано проведение ТКДГ экстра- и интракраниальных церебральных артерий, обращая особое внимание при ротационных пробах на наличие реакций позвоночных артерий, усугубляющие клинические проявления.

МРА интракраниальных артерий рекомендуется при усилении клинических проявлений у больных со спондилогенной вертебрально-базилярной недостаточностью при АК, для уточнения этиологии асимметрии и особенности паттернов тока крови на ТКДГ.

Анализируя данные литературы оценки гемодинамики в краниовертебральном отделе, в частности при аномалии Киммерле, можно с уверенностью говорить о необходимости разработки обоснованной последовательности проведения лучевых методов визуализации. Научные исследования, посвященные данной патологии малочисленны, и принадлежат исключительно зарубежным авторам. Учитывая перспективность методов визуализации, необходимо проведение дополнительных исследований, по сравнительной оценке, их эффективности в диагностике аномалии Киммерле.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гансух А., Оюун Б., Батболд Б. и другие. К вопросу диагностики патологии экстракраниальных отделов позвоночных артерий методом дуплекссонографии. Сибирский медицинский журнал. Иркутск. 2019,156(1):19-21.
2. Гафиатулин Р.М., Заблинский Д.В., Яценко В.Е. Анатомическое обоснование классификации атланта Киммерли. FORCIPE. 2021,4(1):131-135.
3. Гетман Д.В., Заборцикова И.Л. Лечение и реабилитация атланта Киммерли. Большая студенческая конференция. 2022,194-198.
4. Дидирченков П.М., Ягужинская И.И. Диссекция и травмы позвоночной артерии, с развитием вертебрально-базиллярной недостаточности. Colloquium-journal. Голопристанський міськрайонний центр зайнятості. 2019,3-2(27):55-57.
5. Ерашева В.Е., Николаева Ю.О., Шварцман Г.И. Особенности изменений стато-локомоторной функции у пациентов с синдромом позвоночной артерии. Давиденковские чтения. 2017,103-104.
6. Казиева С.Ю. Гипоплазия позвоночной артерии. Fundamental and applied approaches to solving scientific problems. 2021,199-205.
7. Каримов Ш.И., Юлбарисов А.А., Алиджанов Х.К. и другие. Treatment of the patients with chronic cerebro-vascular insufficiency. Журнал неврологии и нейрохирургических исследований. 2020,1(4):47-58.
8. Кичерова А.О., Рейхерт И.Л. Клинические случаи спинального инсульта у молодого человека с атлантом Киммерле. Тюменский медицинский журнал. 2017,19(3):45-49.
9. Ковальчук В.В. Насирходжаева К.С., Маджидова Ё.Н., Мухаммадсолих Ш.Б. Особенности вертебрально-базиллярной недостаточности у лиц со стенозом позвоночной артерии. Евразийский вестник педиатрии. 2019,3(3):162-166.

10. Лукьянчиков В.А., Сенько И.В., Рыжкова Е.С., Дмитриев А.Ю. Применение навигации в сосудистой нейрохирургии. Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. 2020,84(4):82-89.

11. Львов И.С., Гринь А.А., Лукьянчиков В.А. и другие. Встречаемость аномалии Киммерле у населения: мет-анализ публикаций и предварительные результаты пилотного популяционного исследования. IX Всероссийский съезд нейрохирургов. 2021,222-223.

12. Мужаровская М.Н., Груза М.С., Хромых Г.Я., Щербина И.В. Профилактика Киммерле аномалии. Высокие технологии в строительном комплексе. 2019,1:202-205.

13. Новикова Н.П., Кузнецова О.В., Бондарь Т.К., Гурьянова Н.В. Клинический случай двухсторонней диссекции позвоночной артерии. Национальные проекты-приоритет развития здравоохранения регионов. 2019:294-295.

14. Носивец С.М., Носивец Д.С. Рентген- и диагностические критерии аномалии Киммерли. Конгресс Российского общества рентгенологов и радиологов. Сборник тезисов СПб. 2017,244.

15. Силаева Н.В. Лечение синдрома позвоночной артерии методом мануальной терапии. Modern Science. 2020,12(2):254-257.

16. Скоромец А.А., Афанасьев В.В., Скоромец А.П., Скоромец Т.А. Сосудистые заболевания спинного мозга. 2019,302.

17. Тарасова М.В., Шарин А.Н., Ронкин К.З., Ищенко Т.А. Аномалия Киммерле, Шилоподъязычный синдром и Краниомандибулярная дисфункция-есть ли связь? Российский вестник дентальной имплантологии. 2020,3(4):95-100.

18. Турдиев Ш.М. Динамика уровня смертности населения в Узбекистане (краткий литературный обзор). Биология и интегративная медицина. 2018,4:20-26.

19. Янова Э.У., Мардиева Г.М. Выявление аномалии Киммерле лучевыми методами исследования. Российский электронный журнал лучевой диагностики. 2021,11(4):44-52

20. Янова Э.У., Юлдашев Р.А., Гиясова Н.К. Аномалия Киммерле при визуализации краниовертебральной области. Вестник КГМА имени И.К. Ахунбаева. 2021,4(4):130-134.

21. Buckenham T.Z. Endovascular therapies. Textbook of Surgery. 2019,553-561.
22. Chaiyamoong A., Yannasithinon S., Sae-Jung S. et al. Anatomical Variation and Morphometric Study on Foramen Transversarium of the Upper Cervical Vertebrae in the Thai Population. Asian Spine Journal. 2020.
23. Cirpan S., Yonguc G. N., Edizer M. et al. Foramen arcuate: a rare morphological variation located in atlas vertebrae. Surgical and Radiologic Anatomy. 2017,39(8):877-884.
24. Cossu G., Terrier L.M., Destrieux C. et al. Arcuate foramen: "Anatomical variation shape or adaptation legacy?". Surgical and Radiologic Anatomy. 2019,41(5):583-588.
25. Dadgar S., Alimohamadi M., Rajabi N. et al. Associations among palatal impaction of canine, sella turcica bridging, and ponticulus posticus (atlas arcuate foramen). Surgical and Radiologic Anatomy. 2021,43(1):93-99.
26. Gonzales J., Voin V., Iwanaga J. et al. Simultaneous lateral panicle with facet-like depression and retransfers process of the atlas. Anatomical science international. 2017,92(3):383-386.
27. Janssen N., Mebis W. Unilateral paracondylar-epitransverse neo-articulation with secondary atlas-axis rotation anomaly. J Belg Soc Radiol. 2019,103:42. <https://doi.org/10.5334/jbsr.1844>
28. Kaya Y., Öztaş E., Goymen M., Keskin S. Sella turcica bridging and ponticulus posticus calcification in subjects with different dental anomalies. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2021,159(5):627-634.
29. Kothari M.K., Dalvie S.S., Gupta S. et al. The C2 pedicle width, pars length, and laminar thickness in concurrent ipsilateral ponticulus posticus and high-riding vertebral artery: a radiological computed tomography scan-based study. Asian Spine Journal. 2019,13(2):290.
30. Li G., Wang Q. Torticollis, Facial Asymmetry, Local Pain, and Barré-Liéou Syndrome in Connection with One-Sided Ponticulus Posticus: A Case Report and Review of the Literature. Orthopaedic Surgery. 2022,104.

31. Lvov I., Lukianchikov V., Grin A. et al. Minimally invasive surgical treatment for Kimmerle's anomaly. *Journal of craniovertebral junction & spine*. 2017,8(4):359.
32. Martínez F., Del Castillo J., Hermosilla S. et al. Ponticulus Posticus prevalence in Uruguayan population: dry bone and cervical CT imaging. *Eur. J. Anat.* 2021,25:2.
33. Ouyang Z.Y., Qiu M.J., Zhao Z. et al. Republished: Congenital anomaly of the posterior arch of the atlas: a rare risk factor for posterior circulation stroke. *Journal of neurointerventional surgery*. 2017,9(7):e27-e27.
34. Ozdemir B., Kanat A., Durmaz S. et al. Introducing a new possible predisposing risk factor for odontoid type 2 fractures after cervical trauma, Ponticulus posticus anomaly of C1 vertebra. *Journal of Clinical Neuroscience*. 2022,96:194-198.
35. Palancar C.A., García-Martínez D., Radovčić D. et al. Krapina atlases suggest a high prevalence of anatomical variations in the first cervical vertebra of Neanderthals. *Journal of Anatomy*. 2020,137(3):579-586.
36. Pękala P.A., Henry B.M., Pękala J.R. et al. Prevalence of foramen arcuate and its clinical significance: a meta-analysis of 55,985 subjects. *Journal of Neurosurgery. Spine*. 2017,27(3):276-290.
37. Ratnaparkhi M.M., Pokharkar P.M., Mhapuskar A. et al. Correlation between presence of ponticulus posticus on the lateral cephalogram with cervical pain and vertigo. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*. 2021,7(8):4047-4053.
38. Ríos L., Mata-Escolano F., Blanco-Pérez E. et al. Acute headache attributed to whiplash in arcuate foramen and non-arcuate foramen subjects. *European Spine Journal*. 2017,26 (4):1262-1265.
39. Shahidi S., Khozaei M. Evaluating the relation between the elongated styloid process and the ponticular posticus using cone-beam computed tomography. *Folia Morphologica*. 2022,81(1):196-202.
40. Soujanya V.S., Vardhan T.H., Kumbakonam A. Posticous ponticus and its accent at forensics. *IP International Journal of Maxillofacial Imaging*. 2021, 3(2):50-53.

41. Torok-Oance R., Popa S., Slejiuc I. Rare association of anatomical variations of the atlas and the occipital in a case of cranial deformation. *Anatomical Science International*. 2021,96(2):319-325.

42. World Health Organization et al. *International Classification of Diseases-ICD*. 2009.

43. Yakel S., Nussbaum E.S., Patel P.D. et al. Surgical Decompression of the Vertebral Artery in a Patient with Ponticulus Posticus: a Case Report. *SN Comprehensive Clinical Medicine*. 2021,495-500.

**ЯНОВА Э.У., МАРДИЕВА Г.М**

**ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОВРЕМЕННЫХ  
ЛУЧЕВЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ В  
ДИАГНОСТИКЕ НАРУШЕНИЙ КРОВООБРАЩЕНИЯ  
В ВЕРТЕБРОБАЗИЛЯРНОЙ ЗОНЕ ПРИ АНОМАЛИИ  
КИММЕРЛЕ**

*Монография*



Номер лицензии издателя: 143413

*Ответственный редактор — Дилдора ТУРДИЕВА*

*Корректор — Олим РАХИМОВ*

*Технический редактор — Акмал КЕЛДИЯРОВ*

*Вёрстка — Дилшода АБДИАХАТОВА*

*Дизайнер — Даврон НУРУЛЛАЕВ*

**Отпечатано в типографии “SARVAR MEHROJ BARAKA”**

**Номер сертификата — 704756. 140100. г. Самарканд,  
ул. Мирзо Улугбек, 3.**

**Подписано в печат 6.12.2023 Протокол 4**

**Формат 60x84<sup>1/16</sup>. Гарнитура “Times New Roman”. усл. печ. л. 5,58**

**Тираж: 200 экз. Заказ № 26/2024**

**Тел/фах: +998 94 822-22-87. e-mail: [sarvarmehrojbaraka@gmail.com](mailto:sarvarmehrojbaraka@gmail.com)**



