

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Рязанский государственный медицинский университет  
имени академика И.П. Павлова»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
(ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России)**

*На правах рукописи*

**ТИМОФЕЕВ  
Василий Егорович**

**Анатомическая изменчивость артериальных стволов переднего  
продырявленного вещества головного мозга человека**

14.03.01 – анатомия человека

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

**Научный руководитель:**  
доктор медицинских наук, доцент  
А. В. Павлов

**Рязань – 2018**

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ .....	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....	12
1.1. Сведения об исследованиях анатомии центральных артерий, идущих к переднему продырявленному веществу головного мозга .....	12
1.2. Анатомические данные об организации сосудов артериального круга большого мозга человека .....	26
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	37
2.1. Объект и методы исследования.....	37
2.2. Статистическая обработка и анализ данных.....	47
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	51
3.1 Анатомическая изменчивость внемозговых отделов центральных артерий, идущих к переднему продырявленному веществу у мужчин.....	51
3.1.1 Анатомическая изменчивость внемозговых отделов центральных артерий, идущих к переднему продырявленному веществу от средней мозговой артерии.....	51
3.1.2 Анатомическая изменчивость внемозговых отделов центральных артерий, идущих к переднему продырявленному веществу от передней мозговой артерии.....	74
3.1.3 Анатомическая изменчивость, ветвей передней ворсинчатой артерии, идущих к переднему продырявленному веществу .....	86
3.2 Анатомическая изменчивость внемозговых отделов центральных артерий, идущих к переднему продырявленному веществу у женщин .....	89
3.2.1 Анатомическая изменчивость внемозговых отделов центральных артерий, идущих к переднему продырявленному веществу от средней мозговой артерии.....	89
3.2.2 Анатомическая изменчивость внемозговых отделов центральных артерий, идущих к переднему продырявленному веществу от передней мозговой артерии.....	106
3.2.3 Анатомическая изменчивость, ветвей передней ворсинчатой артерии, идущих к переднему продырявленному веществу .....	113
3.3 Анатомическая изменчивость площади поверхности переднего продырявленного вещества головного мозга у мужчин и женщин .....	116
3.3.1 Анатомическая изменчивость площади поверхности переднего продырявленного вещества справа и слева у мужчин .....	116
3.3.2 Анатомическая изменчивость площади поверхности переднего продырявленного вещества справа и слева у женщин .....	119

3.3.3 Межполушарные различия в площади поверхности переднего продырявленного вещества и деление его на квадранты у мужчин и женщин .....	123
3.4 Особенности топографии центральных артерий, направляющихся к переднему продырявленному веществу и варианты строения артериального круга большого мозга .....	129
3.4.1 Анатомическая изменчивость строения артериального круга большого мозга у мужчин и женщин.....	129
3.4.2 Анатомическая изменчивость центральных артерий, направляющихся к переднему продырявленному веществу, в зависимости от вариантов конструкции артериального круга большого мозга .....	137
ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	150
ВЫВОДЫ .....	165
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	166
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	167

## **ВВЕДЕНИЕ**

### **Актуальность темы**

Несмотря на многолетнее внимание к изучению топографии артерий головного мозга, на сегодняшний день исследования анатомии сосудистого русла базальной области мозга не только не теряют своей актуальности, но, напротив, представляют значительный интерес для специалистов в области морфологии, нейрохирургии, сосудистой хирургии и функциональной диагностики [21, 24, 28, 29, 32, 50, 51, 56, 64, 67, 68, 70, 77, 78, 79, 81, 89, 90, 91, 209]. Это в полной мере относится к центральным артериям головного мозга, идущим к переднему продырявленному веществу.

Вопросами анатомии и топографии артерий базальной поверхности мозга, особенностями отхождения и строения передней, средней, задней мозговых артерий занимались многие авторы [6, 7, 14, 16, 19, 23, 40, 44, 62, 67, 95, 96, 97, 113, 140, 145, 155, 162, 167, 176, 182], уделяя большее внимание строению артериального круга мозга, в меньшей степени – центральным артериям. Данные артерии следуют к переднему продырявленному веществу и в функциональном отношении очень важны, так как принимают участие в кровоснабжении базальных ядер головного мозга: бледного шара, внутренней капсулы, хвостатого ядра, прозрачной перегородки, передней спайки и других структур [6, 15, 17, 20, 21, 34, 36, 37, 45, 64, 69, 92, 111, 125, 127, 142, 163, 201, 214, 217, 220, 223, 233].

В настоящее время отмечается возрастающая оперативная активность в области вентральной поверхности мозга по поводу различной цереброваскулярной патологии, происходит постепенный переход к малоинвазивным и эндоскопическим методам в хирургии головного мозга, позволяя свести к минимуму повреждение тканей [2, 21, 36, 45, 50, 51, 68, 89, 90, 91, 146, 148, 154, 205, 209, 237]. В большинстве случаев сведения о вариантной анатомии, количественных особенностях крупных и мелких

артерий головного мозга являются важными как для диагностических мероприятий, так и для уверенного ориентирования во время операции.

### **Степень разработанности темы**

В последнее время в специальной литературе отмечается рост публикаций, затрагивающих тему вариантной анатомии сосудов базальной области мозга, преимущественно в связи с краниометрическими данными [13, 25, 66, 68]. При этом, анатомическая изменчивость центральных артерий, принимая во внимание полушарную латерализацию, строение передней и средней мозговых артерий, а так же особенности их анатомии у мужчин и женщин изучены недостаточно. Следует отметить, что центральные артерии изучались изолированно, без связи с анатомией мозговых структур, через которые они проходят и которые способны выступать в качестве ориентира при выполнении хирургических манипуляций [45, 51, 70, 89, 90, 91, 146, 148, 154, 205, 209, 237]. В связи с этим, представляется актуальным исследовать взаимоотношение данных топографической анатомии переднего продырявленного вещества и внемозговых отделов проходящих через него центральных артерий.

### **Цель исследования**

Выявить закономерности анатомической изменчивости внемозговых участков центральных артерий на уровне переднего продырявленного вещества головного мозга у мужчин и женщин зрелого возраста в зависимости от полушария и вариантов формирования артериального круга мозга для расширения существующих представлений об анатомии артериальной сети головного мозга человека.

### **Задачи исследования**

1. Изучить индивидуальную анатомическую изменчивость и топографию внемозговых участков центральных артерий, идущих к переднему продырявленному веществу головного мозга, у людей зрелого возраста в зависимости от пола.

2. Определить зависимость средних показателей количества, диаметра и площади центральных артерий, проходящих через переднее продырявленное вещество головного мозга, от полушарной латерализации и пола. Выявить корреляционную зависимость между количеством сосудов и их диаметром.
3. Дать топографо-анатомическую характеристику распределения центральных артерий головного мозга относительно поверхности переднего продырявленного вещества в зависимости от полушарной латерализации и пола, с использованием собственной методики подразделения переднего продырявленного вещества на квадранты.
4. Определить тип ветвления артерий, проходящих через переднее продырявленное вещество мозга, в зависимости от строения артериального круга большого мозга.

### **Научная новизна**

Впервые на основании морфологического исследования дана развернутая количественная характеристика и особенности топографии немозговых участков центральных артерий головного мозга человека на уровне переднего продырявленного вещества головного мозга у людей разного пола. Показано, что средняя площадь центральных артерий, идущих в переднее продырявленное вещество головного мозга, достоверно не отличается как в зависимости от стороны исследования, так и в зависимости от пола. При этом было отмечено, что между количеством центральных артерий и их диаметром имеется отрицательная корреляционная зависимость средней силы: при увеличении числа артерий, их диаметр уменьшается, и наоборот. Однако, данная корреляционная зависимость справедлива только для переднелатеральных центральных артерий.

Впервые показано, что переднее продырявленное вещество, у мужчин и у женщин, имея индивидуальные отличия (зачастую существенные) в своей площади поверхности в разных полушариях, не имеет достоверных отличий в средней площади в зависимости от стороны исследования. При этом средняя

площадь поверхности переднего продырявленного вещества имеет достоверные отличия в зависимости от пола.

Впервые предложено разделение поверхности переднего продырявленного вещества на четыре квадранта: ростральный, каудальный, медиальный, латеральный. Обнаружено, что к двум (ростральному и латеральному) квадрантам направляются в среднем 75% количества центральных артерий, а к медиальному и каудальному – оставшиеся 25% количества. Такое подразделение на квадранты наиболее полно соответствует топографии проникновения в переднее продырявленное вещество центральных артерий, что позволяет применить его в качестве ориентира, как на препаратах головного мозга, так и во время нейрохирургических вмешательств у людей.

Впервые показана связь вариантов строения переднелатеральных центральных артерий (рассыпной, в виде пучка) с различными типами конструкции артериального круга большого мозга. Было обнаружено, что частота встречаемости переднелатеральных центральных артерий с формой своего строения в виде пучка сосудов имеет прямое соотношение с замкнутостью и симметричностью конструкции артериального круга большого мозга. В замкнутых и симметричных по конструкции артериальных кругах в 36% выявляются переднелатеральные центральные артерии в виде пучка сосудов. А наиболее часто переднелатеральные центральные артерии с формой своего строения в виде пучка сосудов выявляются в «классических» вариантах конструкции круга (в 45,5%).

### **Научно-практическая и теоретическая значимость**

Исследование носит фундаментально-теоретический характер, при этом не лишено определенной значимости для практической медицины. Работа содержит материал, характеризующий особенности топографии центральных артерий, направляющихся в переднее продырявленное вещество конечного мозга у людей разного пола.

Материал данного исследования носит фундаментальный характер и позволяет уточнить и дополнить уже имеющиеся сведения, а также внести

новые данные в структурную организацию сосудов переднего продырявленного вещества в частности, и структур базальной части головного мозга человека в целом, позволяя проследить теоретическую связь между строением артериального круга мозга и вероятностью тяжелого повреждения базальных ядер при цереброваскулярной болезни. Полученные в ходе исследования данные представляют собой новую информацию об общих принципах анатомической организации сосудов, расположенных в области переднего продырявленного вещества головного мозга людей зрелого возраста. Опираясь на полученные сведения данной работы, существует возможность предполагать форму строения внемозговых участков переднелатеральных центральных артерий, их тип отхождения на уровне переднего продырявленного вещества при разных вариантах строения большого круга.

Информация об анатомической изменчивости центральных артерий головного мозга может быть использована при подготовке студентов на кафедрах медико-биологического профиля, врачей неврологов, на курсах повышения квалификации, служить в роли опорных данных для нейрохирургов и сосудистых хирургов, при планировании и выполнении оперативных вмешательств в зоне передней и средней мозговых артерий, а также уточнения функции базальных ядер головного мозга человека, как в норме, так и при неврологических расстройствах.

### **Методология и методы исследования**

Работа представляла собой морфологическое исследование и была выполнена на 116 препаратах головного мозга людей обоего пола (64 мужчин и 52 женщин) зрелого возраста. Объектом для морфометрического исследования являлись: артериальный круг большого мозга, отходящие от сосудов круга к переднему продырявленному веществу центральные артерии и поверхность переднего продырявленного вещества. В работе были использованы морфологические методы (контрастное окрашивание сосудистого русла базальной области головного мозга тушь-желатиновой массой, метод программной компьютерной морфометрии), статистическая обработка

результатов, специализированное технологическое оборудование и материалы ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, что позволило выполнить поставленные цели и задачи.

Исследование было одобрено Локальным Этическим Комитетом, протокол № 2 от 9.10.2017 г.

### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Средние значения количественных характеристик (число, диаметр, площадь) центральных артерий не зависят от полушарной латерализации головного мозга и пола.

2. Средние значения площади поверхности переднего продырявленного вещества не имеют статистически значимых различий с учетом полушарной латерализации, но статистически значимо отличаются у мужчин и женщин.

3. Варианты ветвления центральных артерий зависят от конструкции артериального круга большого мозга.

### **Достоверность результатов и апробация работы**

Достоверность полученных результатов основывается на использовании достаточного объема экспериментального материала, методах исследования, адекватных для поставленных задач статистических методов обработки информации.

Основные результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на Международной научно-практической конференции «Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика» (Воронеж, 2016); VIII Международной научно-практической конференции «Медицина: актуальные вопросы и тенденции развития» (Краснодар, 2016); Научно-практической конференции с международным участием «Весенние анатомические чтения» (Гродно, 2016); Международной научно-практической конференции «Современная медицина: актуальные вопросы, достижения и инновации» (Пенза, 2016); Научно-практической конференции с международным участием, посвященной 115-летию со дня рождения академика Д. М. Голуба «Достижения и инновации в современной морфологии» (Минск,

2016); I Международной научно-практической конференции «Современная медицина: традиции и инновации» (Ставрополь, 2016); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 120-летней годовщине со дня рождения профессора Б. М. Соколова (Рязань, 2016); Ежегодной научной конференции Рязанского государственного медицинского университета имени академика И. П. Павлова (Рязань, 2016); II Всероссийской научной конференции студентов и молодых специалистов «Актуальные вопросы современной медицины: взгляд молодого специалиста» (Рязань, 2016); II Международной научно-практической конференции «Современная медицина: традиции и инновации» (Екатеринбург, 2017); II Междисциплинарной научной конференции «Доброхотовские чтения» (Махачкала, 2017); Научно-практической конференции с международным участием «Весенние анатомические чтения» (Гродно, 2017); Научной конференции с международным участием, посвященной 85-летию со дня рождения профессора А. С. Леонтьюка «Строение организма человека и животных в норме, патологии и эксперименте» (Минск, 2017); Всероссийской научной конференции с международным участием «Фундаментальные и прикладные аспекты морфогенеза человека» (Оренбург, 2017); Научной конференции, посвященной 145-летию со дня рождения В. Н. Шевкуненко «Методология НИР кафедр морфологического профиля» (Санкт-Петербург, 2017), Научной конференции, посвященной 100-летию ВГМУ им. Н. Н. Бурденко «Морфология – науке и практической медицине» (Воронеж, 2018).

#### **Публикации по теме работы.**

По теме диссертации опубликовано 23 научные работы, из них 3 в журналах, входящих в перечень научных изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук.

### **Объем и структура диссертации**

Диссертация изложена на 192 страницах машинописного текста (собственного текста 165 страниц), содержит 38 таблиц и 46 рисунков, состоит из введения, обзора литературы, описания материалов и методов исследования, четырех глав результатов собственных исследований, обсуждения полученных результатов, выводов, практических рекомендаций и списка литературы, включающего 237 источников, в том числе, 92 отечественных и 145 зарубежных.

### **Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

Основные научные положения диссертации соответствуют паспорту специальности 14.03.01 – анатомия человека, а именно областей «Исследование строения, макро- и микро топографии органов, их отделов, различных структурных компонентов у человека» и «Определение нормативов строения тела, его частей, органов, их компонентов (в условиях нормы) с учетом возрастно-половой и другой типологии».

### **Внедрение результатов исследования**

Основные результаты работы использованы в педагогическом процессе на кафедрах анатомии, неврологии и нейрохирургии ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России.

### **Личный вклад автора**

Автором лично были выполнены: инъекционная окраска сосудов головного мозга красителями, морфологические и морфометрические исследования, статистическая обработка полученных данных и анализ результатов, написание текста диссертации. Автор принимал непосредственное участие в написании статей и тезисов и их подготовке к публикации в научных изданиях, участвовал в роли докладчика на различных конференциях.

## ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1. Сведения об исследованиях анатомии центральных артерий, идущих к переднему продырявленному веществу головного мозга

В настоящее время сосудистые заболевания головного мозга являются одной из частых причин поражения центральной нервной системы, оставаясь одной из ведущих проблем нейрохирургии и невропатологии [2, 5, 7, 16, 17, 21, 27, 36, 37, 51, 70, 72, 77, 79, 92, 109, 146, 148, 205, 237]. На сегодняшний день изучение анатомии сосудистого русла нижней поверхности полушарий мозга, в особенности центральных артерий, направляющихся к переднему продырявленному веществу, не только не теряет своей актуальности, но, напротив, представляет значительный интерес для специалистов в области морфологии, нейрохирургии, сосудистой хирургии и функциональной диагностики [7, 12, 20, 24, 28, 32, 34, 36, 37, 42, 45, 56, 57, 59, 63, 68, 70, 78, 82, 84, 97, 110, 111, 160, 177, 189, 205]. Опираясь на результаты исследования современной морфологии, детально изучающей топографию и индивидуальные особенности крупных и мелких артерий головного мозга, врачи клинических специальностей в настоящее время имеют больше возможностей как для правильной интерпретации результатов МРТ и КТ – исследований, так и для топической диагностики нарушений кровообращения [3, 36, 37, 42, 51, 70, 72, 89, 90, 91, 99, 126, 146, 166, 173, 174, 176, 205, 217, 230]. Впервые на анатомию крупных артерий базальной области головного мозга обратил внимание Томас Уиллис (Thomas Willis) в 1662 году, и вскоре, спустя два года, опубликовавший свой научный труд «Анатомия головного мозга с добавлением к ней описания и функции нервов», где был описан артериальный круг [38, 122, 141, 156, 198, 231, 235]. Из других исследователей, занимавшихся фундаментальным изучением сосудистого русла данной области, можно отметить Йохана Отто Хойбнера (Otto Heubner) [122, 149, 151, 156, 197, 206]. В 1872 – 1874 годах им была выделена и описана возвратная артерия, выполняющая существенную роль в кровоснабжении полосатого тела и внутренней капсулы [119, 129, 149,

151, 172, 184, 192, 229]. В своих работах Отто Хойбнер показал, что данная артерия является практически постоянной, отходит в основном от посткоммуникативного отдела передней мозговой артерии и является самым крупным кровеносным сосудом проходящем через переднее продырявленное вещество [101, 119, 122, 151, 184, 187, 192, 229]. Данную артерию называли вначале «длинная артерия конечного мозга», «возвратная ветвь передней мозговой артерии», «возвратная артерия» и «длинная центральная артерия» [149, 168, 229]. Свой эпонимический термин артерия получила в 1909 году, когда Aitken назвал ее «артерия Хойбнера» [122, 149, 206, 229]. В 1920 году изучением «возвратной артерии Хойбнера» занимался Joseph Shelleshear [214]. В Нью-Йоркской анатомической терминологии 1998 года эта артерия имеет название «дистальная медиальная артерия полосатого тела» (дистальная медиальная стриарная артерия) [219]. Остальные артерии, проникающие через переднее и заднее продырявленное вещество, весьма многочисленны, маленькие по диаметру и отходят от сосудов, составляющих артериальный круг большого мозга. Эти артерии снабжают кровью глубинные структуры мозга и называются центральными, или перфорантными [45, 51, 68, 135, 146, 163, 164, 182, 205, 209, 220]. В нейрохирургической литературе все артерии, входящие в вещество мозга через переднее продырявленное вещество, наряду с названием по международной анатомической номенклатуре, имеют общее название «передние перфорирующие артерии» (aa. perforantes anteriores) [51, 89, 159, 189, 196, 205, 209, 218, 219]. Важно отметить, что с девятнадцатого века, наибольшую клиническую важность этих сосудов рассматривали не в связи с областью их кровоснабжения, а в связи с внутримозговыми кровоизлияниями из центральных артерий при повышенном артериальном давлении [20, 40, 73, 81, 108, 112, 135]. Во многих источниках имеются указания на крупную ветвь средней мозговой артерии, называемую «a. haemorrhagica» [39, 56, 70, 78, 79, 80, 81]. По мнению исследователей, эта артерия является причиной развития кровоизлияний при высоком артериальном давлении, что взаимосвязано с резким изгибом хода сосуда перед погружением в вещество мозга [56, 76, 79,

80, 81]. В начале двадцатого века немецкий анатом Г.К. Корнинг (Corning H.K.), называя центральные артерии «базальными ветвями», отмечал важную клиническую значимость данных сосудов в связи с высокой частотой разрывов и последующих кровотечений [131]. При этом упускались из виду нарушения в работе подкорковых мозговых структур, снабжаемых кровью данными артериями, что объяснимо, ввиду превалирования симптомов внутримозгового кровотечения над симптомами поражения базальных ядер [39, 62, 72, 77, 108, 130, 143, 161, 182, 216, 224]. Симптомы поражения последних могут проявляться в случае нарушения или отсутствия тока крови по центральным артериям при тромбозе, эмболии или перевязке сосудов во время оперативных вмешательств [7, 10, 12, 16, 19, 21, 28, 29, 36, 37, 41, 44, 48, 56, 82, 127, 160, 163]. А отсутствие анастомозов между центральными артериями на протяжении, подтвержденные во многих исследованиях, еще больше усугубляют ситуацию с кровоснабжением, поскольку артерии питают кровью строго определенные участки базальных ядер [5, 6, 28, 92, 127, 163, 204, 205, 213].

По результатам научных трудов, были выявлены участки перекрытия зон кровоснабжения между группами центральных сосудов, однако зачастую они очень малы и не могут обеспечить адекватное заместительное питание кровью базальных ядер [6, 10, 16, 21, 23, 33, 84, 89, 90]. Анастомозы между центральными артериями были описаны в некоторых исследованиях, но найдены они были только между прекапиллярными отделами сосудов [6, 10, 16, 18, 23, 62]. По мнению ряда ученых, такие анастомозы в виде сосудисто – капиллярной сети не могут обеспечить коллатеральное кровоснабжение бассейна выключенной артерии, так как малый диаметр прекапилляров замедляющий движение крови, вкуче с их большим суммарным поперечным сечением, предрасполагает падение давления и замедление кровотока, соответственно, подобные артерии не могут выполнять роль магистральных сосудов с функциональной точки зрения [9, 13, 15, 51, 58, 61, 62]. При этом, многие исследователи, изучая особенности кровоснабжения подкорковых ядер,

единодушны во мнении о получении ими артериальной крови посредством центральных артерий одновременно из разных сосудов, составляющих Виллизиев круг (многоугольник), благодаря чему обеспечивается непрерывное поступление крови в случае нарушения кровотока по какой-либо центральной ветви, нивелируя отсутствие между ними анастомозов [6, 10, 15, 16, 17, 21, 23, 24, 42, 43, 47, 52, 58, 59, 62, 81]. Нарушение снабжения кровью базальных ядер может возникнуть при встречающихся, в некоторых исследованиях, типах ветвления центральных артерий в виде пучка сосудов [13, 21, 37, 36, 50, 68, 70]. В таких случаях сосуды, начинаясь одним стволом, в дальнейшем одновременно распадаются на более мелкие, а прекращение кровотока по начальному отделу артерий пучкового типа, неизбежно приводит к прекращению кровоснабжения более обширной части мозгового вещества, чем при рассыпном типе ветвления сосудов [21, 45, 50, 54, 55, 58, 108, 218]. Следует отметить, что с конца девятнадцатого века, после работ О. Хойбнера (1896) и М. А. Тихомирова (1880) стало принято подразделять мозговые артерии на две большие группы: центральные (или базальные) артерии, которые отходят непосредственно от начальных отделов трех мозговых, передней и задних соединительных артерий, входящих в артериальный круг мозга, и периферические (или кортикальные) [6, 20, 38, 40, 58, 62, 73, 112, 131, 149, 151, 162].

Центральные артерии погружаются в глубину вещества мозга и снабжают кровью внутримозговые образования: базальные ядра полушарий, стенки желудочков, сосудистые сплетения, внутреннюю капсулу, ствол головного мозга [6, 21, 36, 37, 45, 51, 55, 58, 64, 70, 89, 90, 91, 92, 107, 167, 220, 233, 237]. Кортикальные артерии располагаются в субарахноидальном пространстве на поверхности полушарий головного мозга, отдают короткие ветви, которые погружаются в вещество мозга, и длинные, питающие белое вещество больших полушарий [6, 58, 148, 150, 161, 163, 217].

В дальнейшем, деление ветвей мозговых артерий на периферические и центральные, прочно укоренилось в литературе в связи с изложенными

особенностями их строения и применяется до настоящего времени [146, 163, 209, 218, 219, 223]. Однако, данная классификация содержит в себе определенную условность, поскольку возможны варианты отхождения кортикальных артерий от центральных, и центральных от кортикальных, что обусловлено с одной стороны большой вариабельностью анатомии и топографии сосудов головного мозга, а с другой стороны стремлением организма к более выгодному (зачастую более короткому) пути в кровоснабжении тканей [180, 182, 214, 223, 237]. Были попытки разработать и другие классификации, например, разделить сосуды головного мозга на внемозговые (сосуды основания мозга, кортикальные ветви этих сосудов и артериальная сеть анастомозов корковых ветвей на поверхности мозга) и внутримозговые (сосуды базальных ядер, плаща, обонятельной доли) [40, 58, 73, 107, 112, 135, 161, 167, 168, 180, 214, 237]. В настоящее время смысл этих понятий несколько трансформировался, а именно: в тех же центральных артериях, снабжающих кровью базальные ядра полушарий, выделяются внемозговые и внутримозговые отделы [146, 179, 180, 183, 200, 201, 203, 209, 205, 223].

В последние десятилетия пристальное внимание врачей клинических специальностей, в первую очередь нейрохирургов, уделяется особенностям анатомических вариантов расположения центральных ветвей крупных мозговых сосудов, составляющих передний отдел артериального круга мозга и ветвей некоторых сосудов не входящих в него, что необходимо для уверенного ориентирования в операционном поле во время выполнения эндоскопических вмешательств [2, 3, 11, 13, 14, 25, 27, 30, 34, 36, 37, 42, 45, 47, 51, 57, 59, 61, 65, 68, 70, 71, 74, 75, 86, 87, 96, 99, 110, 130, 147, 152, 166].

Особое место в изучении данных ветвей занимают такие сосуды, как переднелатеральные и переднемедиальные центральные артерии, дистальная медиальная стриарная артерия (артерия Хойбнера), ветви передней ворсинчатой артерии к переднему продырявленному веществу [13, 62, 64, 68, 95, 97, 113, 117, 118, 132, 140, 144, 150, 165, 167, 169, 171, 175, 177, 178, 183,

195, 191, 192, 199, 202, 208]. Это связано с функциональной важностью кровоснабжаемых ими подкорковых структур, таких как бледный шар, внутренняя капсула, головка и хвост хвостатого ядра, прозрачная перегородка, передняя спайка и других [6, 18, 36, 37, 40, 43, 51, 64, 89, 96, 107, 108, 125, 148, 154, 177, 205, 228, 233]. В случае прекращения движения крови по центральным артериям головного мозга возникает нарушение в работе базальных ядер, что проявляется расстройством двигательной активности, мышечного тонуса, патологическими изменениями безусловных рефлексов, условно-рефлекторного поведения и процессов оперативной памяти, психики в виде паллидонигроретикулярного, гипотонически–гиперкинетического, гипертонически–гипокинетического синдромов, ретро–антероградной амнезии, слабоумия, дезориентации в пространстве, депрессии, навязчивых состояний [8, 15, 20, 29, 59, 67, 70, 97, 110, 111, 125, 129, 160, 170, 193, 195, 201, 204, 211, 214, 215, 237].

Местом входа в вещество мозга центральных артерий, отходящих от сосудов переднего отдела артериального круга (каротидного происхождения) является переднее продырявленное вещество, которое принадлежит к обонятельному мозгу и представляет собой два участка серого вещества, расположенные по одному на нижней поверхности каждого полушария, имеющие вид площадок неправильной четырехугольной формы [4, 6, 18, 21, 36, 37, 40, 51, 47, 59, 70, 89, 108, 146, 167, 196, 209, 218, 237]. Прежним названием переднего продырявленного вещества было «перфорированная извилина обонятельного мозга» [18]. С точки зрения гистологии, переднее продырявленное вещество состоит из трех слоев клеток – молекулярного, пирамидного и полиморфного [69]. Границами переднего продырявленного вещества являются различные анатомические образования: с ростральной стороны находится обонятельный треугольник и обонятельные, латеральные и медиальные, полосы являющиеся дивергентами обонятельного тракта; с каудальной стороны к веществу прилежит зрительный тракт; с медиальной стороны находится перекрест зрительных путей и расположенные на

медиальной поверхности полушария паратерминальная извилина с подмозолистым полем; с латеральной стороны находится порог островка височной доли, сформированная переходом крючка в переднее продырявленное вещество энторинальная борозда и начало латеральной борозды [6, 18, 36, 37, 51, 64, 69, 70, 89, 131, 146, 167, 196, 209, 218]. В целом, по данным профильной литературы, переднее продырявленное вещество является своего рода «воротами» для входа питающих базальные ядра центральных артерий, которые вступают в вещество практически по одной линии, перпендикулярно оси мозгового ствола [18, 150, 161, 163, 164, 167, 176, 179, 218].

В начале двадцатого века переднее продырявленное вещество (по данным литературы тех лет – «передняя перфорированная субстанция») не имело деления на участки вовсе, или подразделялось на два участка представляющие собой так называемое «собственное переднее продырявленное вещество» и диагональную связку (ее другие названия: связка П. Брока (Broca P.P.), диагональная извилина обонятельного мозга) [18, 122]. Диагональная связка занимает небольшой, медиально – задний участок переднего продырявленного вещества, прилегая к зрительному тракту [69, 146, 196, 205, 209]. Отверстия, назначенные для прохождения сосудов в связке, имеют характерное расположение и форму: они овальные и ориентированы своим большим размером параллельно продольной оси диагональной связки [18, 161, 163, 162]. Остальная, большая по площади, поверхность продырявленного вещества выделялась как «собственное переднее продырявленное вещество», или «перфорированная извилина обонятельного мозга» [18, 82, 112, 131, 146, 151, 162, 182, 214]. Отверстия для прохождения сосудов в «собственном переднем продырявленном веществе» выявлялись и описывались больше в переднем, прилежащем к обонятельному треугольнику участке [18, 73, 214].

По последним данным, места входа центральных артерий в переднее продырявленное вещество ориентированы относительно виртуальной линии, расположенной спереди назад, как условное продолжение обонятельного тракта, разделяя вещество на медиальный и латеральный участок [21, 44, 51, 70,

89, 90, 91]. В свою очередь, медиальный и латеральный участки переднего продырявленного вещества делятся без видимых анатомических ориентиров на переднюю, среднюю и заднюю части [21, 51, 70, 89]. Топография проникновения переднемедиальных и переднелатеральных центральных сосудов головного мозга, в научных трудах последних двух десятилетий, ориентирована преимущественно на использование в описании шести участков продырявленного вещества [13, 21, 45, 51, 50, 68, 70, 89]. Так, центральные ветви ворсинчатого отрезка (сегмента) внутренней сонной артерии направляются к средней и задней части медиального и латерального участков переднего продырявленного вещества практически поровну [21, 70, 89, 196, 237]. Центральные ветви средней мозговой артерии подходят, в основной своей массе (до 90%), к средней и задней части латерального участка продырявленного вещества, а остальные – в аналогичные части медиального участка [21, 70, 89, 196, 209, 237]. До 80% центральных ветвей передней мозговой артерии прободают переднюю, среднюю и заднюю часть медиального участка продырявленного вещества, остальные ветви – аналогичные части латерального участка продырявленного вещества [70, 89, 196, 209, 237]. Ветви передней ворсинчатой артерии к переднему продырявленному веществу подходят в задней части медиального и латерального участка, причем к медиальному участку в два раза чаще [70, 89, 196, 209, 237]. Центральные артерии в разные годы имели различное название, так ветви передней мозговой артерии – «передние артерии полосатого тела», «медиальные ветви полосатого тела», «артерии центральных ганглиев», «короткие диэнцефалические ветви», «латеральные и медиальные ветви», «внутренние и наружные центральные ветви», «передние и задние ветви»; а ветви средней мозговой артерии – «внутренние и наружные ветви полосатого тела», «латеральные ветви полосатого тела», «артерии центральных ганглиев», «чечевично-полосатые артерии», «артерии бледного шара наружные и внутренние», «медиальные и латеральные ветви средней мозговой артерии» [4, 5, 6, 16, 20, 23, 40, 58, 62, 63, 73, 78, 92, 95, 112, 131, 139, 143, 229, 182, 210, 214]. Многие авторы

придерживались простой терминологии, по которой центральные артерии назывались по источнику их отхождения: передние, средние (они же медиальные и латеральные) и задние артерии полосатого тела [14, 19, 20, 41, 43, 44, 113, 114, 161, 162, 163, 164, 168]. Б.К. Гиндце предложил называть центральные артерии вместо прежнего термина «артерии полосатого тела», «перфорирующими артериями» по способу проникновения их в полушария [23, 43, 44, 62, 189]. Со временем термин «центральные перфорирующие артерии» стал общеупотребительным и стал нести собирательное и уточняющее значение применительно к артериям, идущим в переднее и заднее продырявленное вещество головного мозга к базальным ядрам полушарий от артерий базальной области мозга, в том числе составляющих артериальный круг большого мозга (другие его названия: Виллизиев круг, Виллизиев многоугольник) [13, 24, 25, 45, 50, 68, 70, 189].

Центральные артерии, идущие к переднему продырявленному веществу головного мозга, являются ветвями крупных сосудов, составляющих передний отдел артериального круга большого мозга [6, 7, 8, 21, 34, 36, 37, 43, 44, 51, 66, 70, 81, 89, 113, 116, 142, 153, 163, 202, 216, 222, 230, 236]. Этими артериями являются: начальный отрезок передней мозговой артерии, отдающий ветви от своего прекоммуникативного отдела и на участке отхождения передней соединительной артерии, непосредственно передняя соединительная артерия, отдающая центральные ветви от 5 до 30% наблюдаемых случаев по результатам различных исследователей, и конечный отрезок внутренней сонной артерии – ее супраклиноидный отдел [13, 21, 36, 37, 45, 51, 70, 89, 117, 133, 158, 164, 205, 237].

Средняя мозговая артерия, отдающая свои ветви на протяжении нескольких (3 – 3,5) сантиметров своей начальной длины, по существу не входит в артериальный круг большого мозга, но начальный ее участок некоторые исследователи считают входящим в него [6, 8, 19, 23, 34, 43, 44, 51, 62, 70, 81, 118, 191, 145, 150, 153, 164, 234, 201, 190, 205, 146, 188, 185, 213, 237].

Центральные артерии к переднему продырявленному веществу идут так же от артерий, не входящих в артериальный круг большого мозга: от передней ворсинчатой, отдающей свои ветви в 50 – 70% случаев и посткоммуникативного отдела передней мозговой артерии [157, 179, 177, 228].

Многие авторы в специальной литературе достаточно полно описывают количество, диаметр центральных артерий, уделяя особое внимание месту отхождения их с учетом длины и стенки основного сосуда (верхняя, нижняя, передняя, задняя) [97, 177, 178, 179, 180, 200, 209, 228]. Так, по данным доступных источников, из передней мозговой артерии отходит различное количество центральных ветвей: от одной – двух до семи – двенадцати, как без деления их на подгруппы, так и с выделением на две подгруппы (латеральная и медиальная, внутренняя и наружная, передняя и задняя) [6, 7, 13, 19, 20, 23, 33, 40, 47, 58].

Согласно современной анатомической номенклатуре, центральные ветви передней мозговой артерии являются медиальными, которые подразделяются, в свою очередь, как проксимальные медиальные и дистальные медиальные [49, 70, 89, 219]. Медиальные дистальные стриарные артерии (медиальные дистальные центральные артерии, длинные центральные артерии, артерии Хойбнера) отходя от передней мозговой артерии, как правило, не учитываются в общей сумме с остальными ее центральными ветвями. Это связано с анатомическими и топографическими особенностями артерии Хойбнера: большим диаметром, ретроградным ходом сосуда и значительной по сравнению с остальными центральными артериями длиной [4, 21, 51, 62, 63, 70, 81, 89]. Данные артерии, по результатам многих исследований, практически постоянные и лишь в 1 – 7% обнаруживается их удвоение, утроение или отсутствие [13, 30, 51, 68, 70, 89]. По результатам других исследований, удвоение медиальных дистальных стриарных артерий встречается в 25 – 29% наблюдений, утроение в 1 – 2% наблюдений [19, 23, 44, 58]. Уровень отхождения артерии Хойбнера от передней мозговой, в среднем регистрируется на участке примыкания передней соединительной артерии к передней

мозговой, чаще всего несколько дистальнее (начальный отрезок просткоммуникативного сегмента передней мозговой артерии), реже проксимальнее (конечный отрезок прекоммуникативного сегмента передней мозговой артерии) [6, 19, 37, 36, 89]. В процентном соотношении, уровень отхождения медиальных дистальных стриарных артерий от передних мозговых сосудов по результатам многих научных работ, имеет значительный разброс своих данных: от прекоммуникативного сегмента отходят артерии в 7 – 15% случаев, от посткоммуникативного сегмента – в 52 – 66% случаев, от участка отхождения передней соединительной артерии – в 19 – 36% случаев [13, 19, 23, 30, 44, 51, 58, 68, 69, 70, 76, 89, 108, 119, 144, 146, 169, 172, 184, 192, 205, 229, 237]. Встречаемые в литературе сведения о кровоснабжении артерией Хойбнера головки хвостатого ядра, зачастую дополняются информацией об обратной корреляции между величиной сосуда и степенью развития центральных ветвей средней мозговой артерии [21, 45, 51, 62, 70, 89, 169]. При недоразвитии центральных ветвей средней мозговой артерии, область кровоснабжения артерии Хойбнера дополнительно увеличивается на часть тела хвостатого ядра, передний отдел бледного шара, скорлупы и внутренней капсулы [21, 51, 70, 89, 119, 144, 169, 184, 187, 192, 229]. Имеются в профильных публикациях сведения и о наличии у медиальных дистальных стриарных артерий (длинных центральных артерий) редко встречающихся корковых ветвей [21, 51, 70, 89, 146, 205, 209, 237].

Согласно литературным данным, от средней мозговой артерии отходит наибольшее число центральных ветвей к базальным ядрам полушарий [20, 23, 36, 37, 51, 62, 70, 89, 107, 127, 150, 163, 195, 220]. В начале периода изучения сосудов малого диаметра базальной области головного мозга, авторами описывалось общее количество центральных артерий, являющихся ветвями средней мозговой, без деления их на группы, составляя в разных исследованиях числом от двух до двадцати штук [18, 73, 112, 131, 135]. В дальнейшем, до середины двадцатого столетия было принято различать две группы данных центральных сосудов: медиальную и латеральную, числом от

одной до шести – семи артерий в каждой группе [20, 23, 40, 43, 44, 58]. Связано это было в первую очередь с особенностями их макроанатомического строения: артерии, относимые к медиальной группе, являются тонкими и более короткими, чем артерии латеральной группы, причем в 3 – 20% наблюдений они отсутствуют [13, 21, 45, 51, 68, 70, 89]. При этом, выделяемые в препаратах сосуды латеральной группы, в подавляющем большинстве имели извилистый ход своих стволов, были более толстыми и длинными, чем артерии медиальной группы [13, 45, 51, 68, 70, 89]. В наблюдениях всегда отмечался ретроградный ход центральных артерий, относящихся к латеральной группе ветвей средней мозговой артерии [21, 45, 51, 62, 68, 70, 89, 108]. Некоторые авторы выделяли еще группу задних ветвей в количестве двух – четырех артерий, что так же было связано с особенностями топографии отхождения их от стенки основного сосуда [51, 62, 70, 89, 108, 209].

В последние несколько десятилетий в публикациях принято деление переднелатеральных центральных артерий (ветвей средней мозговой артерии) на три группы: медиальную, промежуточную и латеральную [13, 21, 45, 51, 68, 70, 89, 209, 237]. Связано это деление с изменившимися взглядами на анатомию внемозговых отделов переднелатеральных центральных артериальных ветвей. Как правило, более тонкие переднелатеральные центральные стволы медиальной группы представлены как сосуды с прямолинейным ходом, отходящие от начального отрезка средней мозговой и развилки внутренней сонной артерий, с местом проникновения в медиальный квадрант переднего продырявленного вещества. Центральные сосуды промежуточной группы, как правило, берут начало от среднего участка клиновидного сегмента средней мозговой артерии, имеют свое строение в виде слегка изогнутых одиночных ветвей, либо пучка изогнутых ветвей с отхождением от питающего сосуда одним стволом, сочетанием этих типов, с проникновением в переднее продырявленное вещество в переднем и латеральном квадрантах. Началом центральных артерий латеральной группы являются пребифуркационный и постбифуркационный отделы клиновидного сегмента средней мозговой

артерии, данные сосуды, в сравнении с двумя предыдущими группами, обладают большим диаметром и длиной, зачастую извилистым S-образным ретроградным ходом своих ветвей с проникновением в переднее продырявленное вещество ближе к наружному участку его латерального квадранта [13, 45, 51, 68, 70, 89].

Подразделяя переднелатеральные центральные артерии на три группы, многие авторы не применяют указание на стенку (переднюю, заднюю) основного сосуда при описании места отхождения данных артерий, уделяя основное внимание общности их макроанатомического строения и топографии [13, 51, 70, 89]. Встречаемость трех групп переднелатеральных центральных артерий в исследованиях, как, собственно, и количество артерий в каждой группе, по данным литературных источников, различно. Медиальная группа выявляется в 50-79% наблюдений с количеством артерий от одной до четырех. Промежуточная группа обнаруживается в 80-94% наблюдений с количеством артерий от одной до девяти. Латеральная группа встречается в 100% наблюдений с количеством артерий от одной до девяти [13, 21, 45, 51, 68, 70, 89]. В современной литературе встречаются работы с подробным описанием различных (в том числе редких) вариантов топографии и анатомии центральных артерий с указанием расположения, частоты встречаемости и количества сосудов, вариантов отхождения от конкретных стенок питающей артерии, положения относительно находящихся рядом структур, области кровоснабжения [107, 117, 118, 143, 150, 183, 189, 209].

Помимо центральных артерий, являющихся ветвями передней и средней мозговой артерии, в публикациях имеются указания на отхождение к переднему продырявленному веществу ветвей передней ворсинчатой артерии [157, 205, 208, 209, 228]. Передняя ворсинчатая артерия во всех доступных научных источниках, относится к сосудам вентральной поверхности мозга, дающим центральные ветви [157, 205, 208, 209, 223, 228, 233]. В нейрохирургической литературе передняя ворсинчатая артерия подразделяется на два сегмента: цистернальный (базальный) и плексальный (желудочковый,

или плексический) [146, 157, 228]. В цистернальный сегмент, входит участок передней ворсинчатой артерии с момента ее начала от задней поверхности внутренней сонной до участка проникновения через сосудистую щель в ворсинчатое сплетение нижнего рога бокового желудочка [70, 89, 108, 162, 223, 228]. Единого мнения относительно места начала передней ворсинчатой артерии нет, как, впрочем, и постоянства ее обнаружения: в основном местом возникновения данного сосуда является внутренняя сонная артерия, но в некоторых материалах упоминается возможность начала от средней мозговой или задней соединительной артерии, при этом, большинство авторов считает артерию постоянной [20, 23, 45, 51, 62, 89, 108, 125, 154, 157, 162, 163, 170, 204, 208, 209, 217]. По результатам различных исследований от цистернального сегмента передней ворсинчатой артерии отходят от одной до десяти ветвей к переднему продырявленному веществу со средним диаметром 0,3 мм, что позволило ряду ученых выдвинуть предположение о возможной роли ее, в том числе как дополнительный источник питания базальных ядер [20, 62, 70, 89, 127, 129, 162, 208, 228, 233, 237]. Ветви передней ворсинчатой артерии к переднему продырявленному веществу в основном отходят вблизи от места начала данной артерии и направляются к медиальному участку продырявленного вещества, питая медиальную часть бледного шара, медиальную часть колена и задние две трети задней ножки внутренней капсулы, миндалевидное тело [125, 127, 157, 170, 228, 233, 237]. При закупорке артерии тромбом, или её перевязке лигатурой, неврологические нарушения могут быть незначительными, но при индивидуальных особенностях топографии сосудов артериального круга мозга и центральных артерий (разомкнутый круг, малое количество и диаметр переднелатеральных центральных артерий) возможен гемипарез, гемианестезия, гемианопсия противоположной стороны [110, 111, 125, 170, 204, 208, 228, 233, 237]. Поскольку базальные ядра являются более древними и развиваются раньше остальных отделов головного мозга, то и артериальное снабжение они получают раньше остальных [6, 20, 22, 23, 31, 53, 62, 70, 81, 65, 100, 108].

Именно с этих позиций с течением времени получил объяснение факт отхождения центральных артерий от начальных отделов сосудов артериального круга мозга [40, 51, 62, 65, 81, 146].

## **1.2. Анатомические данные об организации сосудов артериального круга большого мозга человека**

Во многих научных трудах, при изучении анатомии центральных артерий, обращается внимание на анатомию и строение сосудов артериального круга большого мозга [6, 8, 13, 14, 21, 22, 25, 28, 32, 45, 62, 67, 74, 94, 98, 115, 126, 133, 152, 153, 173, 174, 175, 181, 225, 227, 232]. Артериальный круг большого мозга, иначе называемый Виллизиевым кругом, представляет собой непрерывное многостороннее артериальное образование, соединяющее все источники кровоснабжения головного мозга (внутренние сонные и базилярную артерию) в сосудистое кольцо [6, 8, 20, 23, 32, 36, 37, 40, 43, 44, 51, 62, 64, 75, 76, 89, 128, 146, 148, 161, 183, 205, 209, 216, 237]. Форма самого артериального круга, как геометрической фигуры, описывается авторами различно: шестиугольник, семиугольник, восьмиугольник, девятиугольник, десятиугольник, в большинстве случаев склоняясь к определению формы как многоугольник [6, 8, 13, 21, 24, 40, 43, 44, 51, 58, 62, 70, 81, 89]. В научной литературе артериальный круг большого мозга рассматривается как основной внутричерепной анастомоз, своего рода «предуготованный» путь коллатерального кровообращения, через который при необходимости осуществляется перераспределение крови по сосудам и в конечном итоге восстанавливается кровоснабжение [8, 9, 12, 15, 19, 24, 29, 40, 56, 62, 63, 70, 78, 146, 237]. Таким образом, наличие довольно специфического анатомического образования как артериальный круг, реализует принцип относительного постоянства мозгового кровообращения, что подтверждается многочисленными экспериментами [8, 9, 12, 15, 56, 62, 63, 70, 78, 146, 205, 209, 237].

Артериальный круг большого мозга за всю историю его изучения имел множество названий, отражающих его суть: наиболее часто это «артериальный

анастомоз основания мозга» и «центральный анастомоз артерий большого мозга» [6, 7, 8, 14, 19, 20, 23, 40, 41, 43, 44, 58, 62, 73, 161, 162, 165, 182]. В научной, в большинстве своем зарубежной, литературе, эпонимический термин артериального круга мозга «Виллизиев круг», употребляется до сих пор [56, 74, 82, 93, 94, 98, 115, 126, 130, 232].

По мнению большинства авторов, составными частями артериального круга мозга являются передняя и две задние соединительные артерии, предкоммуникационные части обеих передних и задних мозговых артерий, участок внутренней сонной артерии от места отхождения задней соединительной артерии до деления на переднюю и среднюю мозговые артерии [6, 8, 20, 21, 23, 25, 32, 37, 40, 43, 51, 58, 62, 64, 67, 74, 89, 98, 115, 126, 146, 152, 153, 173, 183, 205, 209, 225, 227, 232, 237].

Участие средней мозговой артерии в формирование артериального круга большого мозга, как уже упоминалось, не так однозначно: авторами в основном указывается на то, что начальный отрезок средней мозговой артерии может быть отнесен к составной части артериального круга [8, 19, 20, 43, 44, 64, 74, 81, 185, 188, 190, 200, 201, 213, 226, 234]. В других работах средняя мозговая артерия или не имеет отношения к формированию артериального круга, или вовлечена в формирование круга, являясь источником отхождения задней соединительной артерии [4, 6, 23, 40, 58, 62, 63, 153, 159, 161, 201]. Тем не менее, в ряде публикаций, средняя мозговая артерия ввиду большой практической значимости, рассматривается и объединяется совместно с артериями, входящими в артериальный круг мозга [21, 34, 24, 36, 37, 51, 70, 89, 146, 205, 209, 237]. В международной анатомической терминологии 1999 года, средняя мозговая артерия относится к числу сосудов, входящих в артериальный круг большого мозга [49, 219].

Артериальный круг большого мозга расположен на нижней поверхности полушарий в субарахноидальном пространстве и в соответствии с особенностями формирования подразделяется на два отдела: передний – каротидный и задний – вертебробазиллярный [6, 23, 31, 40, 51, 53, 65, 70, 93, 148,

176, 182, 194, 196, 205, 209]. К переднему отделу относятся две передние мозговые артерии с анастомозом между ними – передней соединительной артерии. К заднему отделу относятся начальные отделы задних мозговых артерий и две задние соединительные артерии [13, 23, 40, 44, 51, 62, 88, 89, 186]. Внутренние сонные артерии (каротидный бассейн) и позвоночные артерии (вертебробазилярный бассейн) развиваются у эмбриона независимо друг от друга из различных частей нисходящей аорты, основное кровоснабжение мозга происходит за счет внутренней сонной артерии [31, 53, 65, 98, 102, 116, 130, 167]. На третьем месяце внутриутробного развития позвоночные артерии соединяются с ветвями внутренней сонной артерии посредством базилярной артерии, образуя на основании мозга закладку артериального круга [30, 31, 53, 65, 98, 196]. Все основные сосудистые бассейны головного мозга выделяются к четвертому месяцу внутриутробного развития с образованием артериального круга (Виллизиева круга), где задние соединительные артерии объединяют каротидную систему кровоснабжения с вертебральной, и являются ветвями внутренних сонных артерий, а диаметр задних соединительных артерий практически не отличается от других составляющих круг сосудов [65, 93, 100, 146, 181, 182, 194]. Объединение артериальных сосудов каротидного происхождения в артериальный круг большого мозга происходит посредством передней соединительной артерии [104, 132, 158, 178, 189, 199, 202, 203]. Как правило, отмечается выраженная индивидуальная анатомическая изменчивость в строении артериального круга, в большей степени проявляющаяся в заднем его отделе, в меньшей степени – в переднем [136, 139, 140, 147, 152, 159, 165, 189, 195, 216]. В связи с этим, при некоторых типах строения круга, условия для распределения крови по артериям мозга варьируют за счет индивидуальных различий сосудов, оказываясь неодинаковыми у разных людей [22, 94, 96, 153, 162, 205, 209, 222, 224, 232, 236]. В таких случаях, при возникновении препятствия току крови (например, тромбоэмболия или перевязка сосуда) происходят зачастую фатальные

последствия для человека [3, 5, 7, 8, 10, 21, 29, 36, 37, 48, 51, 54, 67, 70, 72, 77, 79, 80, 81, 87, 90, 91, 102, 105, 110, 146, 155, 205, 209, 211, 227, 237].

По литературным данным, в зависимости от особенностей строения артериального круга большого мозга, выделяются различные его типы: замкнутый и незамкнутый, полный и неполный, основной и примитивный, обычный или с гипоплазией какой-либо артерии его составляющей, симметричный и несимметричный, «классический» и «неклассический», сочетанием этих типов [6, 7, 8, 14, 19, 20, 23, 40, 43, 44, 47, 58, 59, 62, 67, 75, 74, 76, 85, 87, 105, 113, 131, 152, 153, 161, 163, 167].

В основном варианты Виллизиева круга по форме своей конструкции делятся на две большие группы: а) замкнутый симметричный («классический»); б) с вариациями по диаметру и количеству артерий, симметричности и степени замкнутости («вариативный») [6, 13, 16, 50, 51, 232]. В свою очередь, последняя большая группа делится на три – четыре подгруппы: а) с удвоением артерий, входящих в состав многоугольника; б) с передней или задней трифуркацией внутренних сонных артерий («эмбриональный»); в) с гипоплазией артерий, входящих в состав артериального круга; г) разомкнутый (отсутствие какой либо, в основном соединительной, артерии) [6, 8, 23, 40, 47, 65, 66, 67, 75, 165, 181, 202, 203, 222]. В других источниках группа с вариантами артериального круга мозга, объединенная понятием «вариативный», делится на три подгруппы: а) с аномалиями соединительных артерий (гипоплазия, гиперплазия, отсутствие, удвоение); б) с аномалиями позвоночных и базилярной артерий; в) с аномалиями отдельных сосудов, входящих в артериальный круг [14, 20, 22, 43, 44, 75, 96, 102, 104, 105, 132, 137, 158, 161, 237].

В подавляющем большинстве исследований, так называемый «классический» вариант конфигурации артериального круга обнаруживается в 35 – 60%, в остальных случаях имеются варианты его строения связанные с изменениями анатомии сосудов в переднем и заднем отделе [6, 24, 25, 34, 58, 74, 75, 76, 95, 116, 139, 152, 162, 210, 224]. Варианты конфигурации

артериального круга связанные с изменениями анатомии сосудов в переднем отделе обнаруживаются редко (в 10 – 25%) и представлены аплазией, гипоплазией, удвоением чаще всего передней соединительной (7 – 16%), реже – предкоммуникативного сегмента передней мозговой артерии (3 – 9%) [6, 13, 29, 33, 54, 57, 62, 82, 124, 140, 147, 152, 153, 173, 212, 202]. Высокая степень вариабельности в строении сосудов более характерна для заднего отдела артериального круга, встречаясь в 25 – 35% наблюдений. Наблюдения представлены в основном вариантами с аплазией, гипоплазией, эмбриональным типом задней соединительной артерией и задней трифуркацией внутренней сонной артерии (22 – 28%), реже – вариантами с аплазией, гипоплазией, удвоением предкоммуникативного участка задней мозговой артерии (3 – 7%) [6, 8, 14, 20, 23, 24, 34, 57, 59, 62, 88, 140, 147, 152, 153, 173, 186, 230].

С точки зрения эмбрионального развития человека, в основном выделяют основную, «эмбриональную» (или фетальную) и разобщенную форму строения артериального круга большого мозга [31, 44, 47, 54, 62, 65, 100, 139, 140, 153, 176]. Основная форма характеризуется замкнутостью артериального круга, объединением прекоммуникативных частей передних мозговых артерий, являющихся ветвями внутренних сонных артерий, посредством передней соединительной артерии, а внутренних сонных артерий, посредством задних соединительных артерий малого диаметра, с задними мозговыми артериями, исходящими из одной базилярной артерии [4, 6, 8, 13, 20, 40, 58, 62, 74, 140, 146, 147, 152, 153, 210, 216]. Так называемая «эмбриональная», или «примитивная» форма, характеризуется значительным развитием задней соединительной артерии с двух или с одной стороны, а также вариантами, где задняя мозговая артерия является продолжением задней соединительной, возникающей из внутренней сонной артерии, а базилярная артерия анастомозирует с задней мозговой артерией каротидного происхождения посредством гипоплазированных сосудов [31, 33, 53, 62, 63, 75, 81, 100, 139, 152, 153, 186, 194]. По литературным данным, у плодов до 7-го месяца внутриутробной жизни, диаметр задней соединительной артерии практически

соответствует диаметру передней, средней и задней мозговых артерий, а затем, начиная с 6 – 7-го месяца внутриутробной жизни, калибр всех артерий, исключая заднюю соединительную, увеличивается [30, 31, 53, 62, 65, 93, 194]. Совместное с остальными сосудами увеличение калибра задних соединительных артерий, считается ненормальным развитием, при этом тип строения Виллизиева круга с такими артериями носит название «эмбриональный» [62, 75, 81, 93, 146, 194, 209, 210, 216, 218].

Важно отметить, что по данным некоторых публикаций, наблюдаются билатеральные отличия в диаметре задней соединительной артерии: резкое уменьшение диаметра, вплоть до гипоплазии артерии, с одной стороны, чаще всего сопровождается увеличением диаметра артерии с другой стороны [6, 8, 20, 21, 24, 74, 76, 173, 175]. Разобшенная форма характеризуется отсутствием, в основном, задней соединительной артерии, реже - отсутствием прекоммуникативной части передней мозговой артерии, либо разобщением артериального круга в области задней мозговой артерии [6, 40, 43, 44, 58, 64, 75, 76, 89]. Во многих исследованиях выявлено, что при разобщенной форме левая сторона артериального круга большого мозга развита зачастую лучше правой [11, 13, 25, 47, 54, 62, 66]. В литературных источниках встречается указание на полное отсутствие задних соединительных артерий [6, 23, 28, 29, 30, 36, 37, 51, 62, 67, 75, 88, 89]. В этом случае каротидные и позвоночные источники кровоснабжения имеют анастомозы в зонах смежного кровоснабжения тканей: между передней ворсинчатой артерией или задней мозговой артерией каротидного происхождения и задними мозговыми артериями из бассейна позвоночной артерии, или с задними ворсинчатыми артериями [4, 10, 12, 62, 63, 65, 66, 78, 81, 82, 89, 94, 205, 209].

Много работ посвящено корреляции формы артериального круга большого мозга с краниометрическими характеристиками (индексом черепа) [13, 25, 65, 66, 68, 89]. Результаты монографий, статей и диссертаций свидетельствуют, что у людей с долихоцефалическим строением черепа наиболее изменчивая форма артериального круга, чем у брахицефалов. У

долихоцефалов чаще бывает обнаружен разомкнутый артериальный круг (до 70%), а у брахицефалов артериальный круг чаще выявляется замкнутый (до 80%) [12, 13, 24, 25, 50, 66, 68, 70, 89, 139, 140, 199, 203, 210]. При этом в анатомических параметрах сосудов, составляющих артериальный круг большого мозга, была выявлена и описана определенная зависимость от особенностей конструкции черепа человека. Так, было установлено, что средняя мозговая артерия имеет в основном дихотомический тип своего строения, а передние и задние мозговые артерии – имеют ветвление своих стволов по магистральному типу при долихоцефалическом строении черепа и ветвление по рассыпному или дихотомическому типу при брахицефалическом его строении [11, 30, 33, 40, 45, 47, 51, 56, 57, 62, 66, 80, 81, 82, 86, 87, 88, 89, 133, 161, 166, 210].

По литературным источникам, анализ анатомической изменчивости сосудов, составляющих артериальный круг большого мозга, позволяет сделать вывод о том, что стабильность в своих количественных данных уменьшается в ряду: средняя мозговая, передняя мозговая, задняя мозговая, передняя соединительная, задняя соединительная артерия [6, 8, 11, 14, 20, 23, 30, 33, 40, 44, 47, 57, 59, 62, 70, 82, 85, 87, 89, 117, 118, 144, 146, 157, 161, 183, 209].

Средняя мозговая артерия, являясь, по сути, продолжением внутренней сонной, имеет колебания своего калибра от 1,5 мм до 5,0 мм и длину до начала отхождения вторичных ветвей от 15 мм до 35 мм, с регистрацией центральных ветвей на протяжении 5 – 35 мм основного ствола. Артерия имеет очень малый процент встречаемости вариантов своей анатомии: гипоплазия (до 0,4 мм в диаметре) выявляется менее чем в 2,5%, добавочная артерия – менее 3% [6, 13, 24, 33, 45, 47, 51, 62, 70, 87, 118, 137, 150, 164, 190, 191, 193, 201, 209, 213, 234].

Передняя мозговая артерия имеет более вариативные данные своей анатомии. Диаметр сосуда имеет колебания своего калибра от 0,5 мм до 5,0 мм, и по этому параметру регистрируется как продолжение внутренней сонной артерии в 10 – 13% наблюдений. Длина предкоммуникативного отрезка артерии колеблется от 13 мм до 19 мм [6, 13, 24, 33, 45, 47, 51, 62, 70, 87, 103, 104, 117,

164, 171, 209, 212]. Частота встречаемости вариантов анатомии передней мозговой артерии в разных исследованиях существенно различается: гипоплазия сосуда (диаметр 0,1 – 0,6 мм) регистрируется в 2 – 20%, отсутствие сосуда регистрируется в 1 – 25% и, как правило, справа в два раза чаще, образование артерии мозолистого тела регистрируется в 2 – 15%, слияние в одну – в 1 – 13% случаев [6, 13, 24, 33, 45, 47, 50, 51, 62, 70, 86, 209].

Задняя мозговая артерия имеет небольшие вариации в своем диаметре (от 2,6 до 3 мм), в основном различаясь длиной предкоммуникационных сегментов в несколько раз [6, 13, 24, 33, 45, 47, 51, 62, 70, 171, 209, 237].

Передняя соединительная артерия в виде одиночного сосуда по данным литературы встречается в 40 – 90% исследованных препаратов. В остальных случаях были отмечены варианты ее анатомии в виде отсутствия (менее 1,5%), гипоплазии (менее 3%), удвоения (10 – 19%), утроения (менее 1%), сосудистой сети (1 – 30%), резко выраженных изгибов хода ствола (2 – 15%). Диаметр и длина артерии имеют колебания количественных значений в широких пределах, составляя от 0,1мм до 10 мм. В большей своей массе артерия, имеющая единый ствол, встречалась в виде четырех разновидностей: широкая и длинная (2 мм и 8 мм соответственно), узкая и короткая (0,5 мм и 1 мм), широкая и короткая, узкая и длинная [6, 7, 8, 11, 14, 23, 24, 33, 40, 44, 45, 47, 50, 51, 59, 62, 85, 86, 87, 104, 132, 171, 209].

Встречается в публикациях и вариант с отхождением посткоммуникативного сегмента передней мозговой артерии одной стороны (при недоразвитии предкоммуникативного сегмента) от соответствующей артерии противоположной стороны. Формально, передняя соединительная артерия в таких случаях существует, но она является началом посткоммуникативного сегмента передней мозговой артерии [6, 8, 16, 20, 22, 33, 40, 41, 44, 47, 58, 62, 87, 146].

Задняя соединительная артерия является самым анатомически изменчивым сосудом в артериальном круге. По сведениям литературы, длина артерии в препаратах варьирует от 2 мм до 35 мм. Частота ее отсутствия в

наблюдаемых исследователями препаратами, составляла 2 – 10%, доходя в некоторых случаях до 60%. Задняя соединительная артерия «эмбрионального» типа встречается в 20 – 30%, гипоплазия артерии встречается в 20 – 24%, в остальных случаях артерия имеет диаметр от 1,2 мм до 1,6 мм [6, 8, 20, 29, 30, 40, 41, 44, 47, 54, 57, 62, 85, 89, 100, 146, 194, 225]. В последнее время некоторые авторы обращают большое внимание на недостаточные исследования в области взаимоотношения вариантов анатомии крупных артерий и сосудов артериального круга большого мозга с вариантами анатомии и топографии их центральных ветвей [13, 25, 50, 51, 66, 68, 70, 89, 209]. Выполненные работы в этом направлении в основном касаются изучения взаимоотношения вариантов анатомии средней мозговой артерии с вариантами анатомии ее центральных ветвей, без анализа остальных сосудов артериального круга [13, 25, 45, 51, 70, 89, 205].

Как правило, от особенностей строения сосудов артериального круга мозга зависит распределение крови по самим сосудам. Еще Angelo Mosso в 1881 году говорил о том, что ведущим признаком функциональной состоятельности артериального круга большого мозга, как сосудистого анастомоза, является степень его замкнутости – это находит подтверждение и в других исследованиях [12, 48, 56, 65, 67, 72, 75, 77, 78, 79, 80, 82, 84, 89, 94, 103, 116, 161, 162, 219]. Проблемы, касающиеся особенностей гемодинамики в сосудах артериального круга большого мозга, при различных вариантах его строения, изучались некоторыми авторами [17, 19, 24, 33, 40, 47, 48, 53, 62, 63, 67, 71, 74, 76, 89, 92, 108, 152, 162, 182, 215, 216]. Было выявлено, что в обычных условиях, при «классическом» строении артериального круга мозга, кровь, поступая из основных магистральных артерий под одинаковым давлением в Виллизиев круг, не смешивается в нем, а направляется в сосуды соответствующей стороны вследствие возникающего динамического равновесия между потоками [8, 10, 12, 16, 19, 40, 41, 44, 62, 75, 77, 81]. Теряется равновесие при незамкнутых (так называемых «неклассических») вариантах анатомии сосудов артериального круга мозга, с возникновением в

магистральных артериях препятствия движению крови [12, 19, 20, 29, 48, 56, 62, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 130, 155, 210, 215]. Разобщение путей коллатерального кровообращения может происходить и в случае «классического» (замкнутого, полного, симметричного) строения сосудов артериального круга мозга, при поражении атеросклерозом самих сосудов круга [56, 77, 79, 80, 82, 174, 193]. Варианты строения артериального круга, по мнению ряда авторов, оказывают влияние на распределение крови по мозговым сосудам [4, 32, 63, 71, 92, 209, 205, 237]. Во многих исследованиях показано, что в основе сосудистой патологии головного мозга находится, в том числе, и анатомическая изменчивость артерий [32, 50, 67, 68, 84, 204, 227, 230]. Статистические данные свидетельствуют о более высокой частоте инфарктов мозга у людей с различными вариантами анатомии Виллизиева круга, по сравнению с вариантами, при которых артериальный круг замкнут, имел симметричное строение без гипоплазии отдельных сосудов [12, 51, 56, 70, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 105, 160, 215, 230].

Опираясь на данные некоторых исследований, можно отметить, что кроме влияния на распределение крови, различные варианты Виллизиева круга сопряжены и с наличием артериальных аневризм, в основном, в переднем его отделе [27, 39, 45, 51, 2, 70, 72, 56, 81, 89, 90, 91, 221, 96, 102, 122, 134, 207, 205, 103, 109, 211]. Так, при удвоении передней соединительной артерии, при наличии срединной артерии мозолистого тела, при гипоплазии прекоммуникативного отдела передней мозговой артерии, очень часто отмечаются аневризмы в области данных сосудов, реже в области средней мозговой артерии [102, 103, 104, 118, 120, 123, 136, 138, 155, 209, 211, 212]. При гипоплазии прекоммуникативного отдела задней мозговой артерии, аневризмы часто отмечаются в области базилярной артерии [120, 137, 138, 209].

Анализ литературных данных свидетельствует о том, что при оперативных вмешательствах по поводу аневризм на сосудах головного мозга, следует учитывать варианты анатомии средней, передней, задней мозговых артерий, передней и задней соединительных артерий, передней ворсинчатой

артерии [11, 13, 55, 57, 58, 59, 109, 124, 134, 136, 143, 154, 211, 212, 227, 237]. На реципрокные взаимоотношения между размером, числом, площадью вхождения в продырявленное вещество всех центральных артерий, на которые имеется множество указаний в исследованиях последнего времени, так же следует обращать пристальное внимание во время выполнения операций [45, 51, 70, 89, 90, 91, 146, 187, 205, 209, 237].

Выбор метода оперативного лечения должен принимать во внимание так же и некоторые данные корреляций, к примеру, между длиной сфеноидального отдела средней мозговой артерии и вариантами ветвления ее центральных артерий в виде рассыпного и пучкового типов, между величиной дистальной медиальной стриарной артерии и степенью развития центральных ветвей средней мозговой артерии [13, 45, 50, 51, 62, 68, 70, 89, 90, 91, 196, 205, 209].

В публикациях нередко поднимается вопрос о недостаточности данных в исследованиях темы корреляционных отношений между строением крупных артерий нижней поверхности полушарий мозга и анатомией идущих от них центральных артерий непосредственно к переднему продырявленному веществу в зависимости от стороны тела [13, 24, 62, 89].

Из приведенного обзора литературы следует, что, имея в наличии значительное число исследований по анатомии и топографии артерий вентральной области головного мозга, существует целый ряд вопросов, не нашедших до настоящего времени своего окончательного разрешения. Описание внемозговых отрезков центральных артерий дается без учета гендерных различий, стороны мозга, особенностей конструкции самого артериального круга.

Таким образом, данные литературы не дают в полной мере судить о некоторых закономерностях морфологии сосудов нижней поверхности полушарий головного мозга, способных иметь прикладное значение.

## **ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **2.1. Объект и методы исследования**

Исследование выполнено на материале головного мозга современной, этнически однородной группы мужчин и женщин в возрасте от 21 до 60 лет, полученном во время аутопсий, причина смерти которых не была связана с острой или хронической сосудистой церебральной патологией. При сборе материала учитывался пол, возраст, клинический диагноз, причина смерти (табл. 1). Материал был получен из коллекции кафедры сердечно-сосудистой, рентгенэндоваскулярной, оперативной хирургии и топографической анатомии, кафедры анатомии ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, Рязанского областного бюро судебно-медицинской экспертизы, отделения патологической анатомии ГБУ РО ОКБ. Секционный материал, находящийся в коллекциях, забирался не позднее 24-х часов с момента смерти.

Для более детального изучения и разделения имеющегося материала по возрастным группам была использована периодизация, принятая на 7-й Всесоюзной научной конференции по проблемам возрастной морфологии, физиологии и биохимии (М., Изд-во АПН СССР, 1965), которая рекомендована и широко используется в медицинской морфометрии [1].

Изучались две возрастные группы (табл. 2). Первый зрелый возраст: мужчины – от 22 до 35 лет, женщины – от 21 до 35 лет. Второй зрелый возраст: мужчины – от 36 до 60 лет, женщины – от 36 до 55 лет.

**Таблица 1 – Количественное распределение материала по полу и причинам смерти**

Причины смерти	Количество	
	Мужчины	Женщины
Острые формы ИБС (острый коронарный синдром, инфаркт миокарда)	11	6
Хронические формы ИБС (ДКС*, ПИКС**, ХНК***, ХСН****, ДАКС*****)	16	11
Хроническая почечная недостаточность	5	10
Хроническая печеночная недостаточность, цирроз печени, гепатиты	13	6
Злокачественные новообразования	4	9
Отравление этиловым алкоголем (суррогатами алкоголя)	5	3
Пневмония	2	1
Внешние причины (травматические повреждения, исключая повреждения головы)	8	6

Примечания:

ДКС\* - Диффузный кардиосклероз.

ПИКС\*\* - Постинфарктный кардиосклероз.

ХНК\*\*\* - Хроническая недостаточность кровообращения.

ХСН\*\*\*\* - Хроническая сердечная недостаточность.

ДАКС\*\*\*\*\*- Диффузный атеросклеротический кардиосклероз.

**Таблица 2 – Количество исследованных препаратов головного мозга в различных возрастно-половых группах**

Возраст	Пол	Возраст (годы)	Количество исследованных препаратов в возрастно-половой группе	Всего исследованных препаратов
1-й период зрелого возраста	Муж.	22 - 35	16 (25%)	27
	Жен.	21 - 35	11 (21,2%)	
2-й период зрелого возраста	Муж.	36 - 60	48 (75%)	89
	Жен.	36 - 55	41 (78,8%)	
Итого:				116

В соответствии с задачами исследования в работе применены макрометрические, микрометрические, морфометрические методы исследования и методы математического анализа (табл. 3).

Для анатомического исследования, после удаления кожных покровов головы по общепринятой методике, проводилось широкое вскрытие полости черепа, затем извлекался головной мозг с отсечением его от спинного мозга на границе с продолговатым мозгом. На препарате оставляли как можно более длинные участки внутренних сонных артерий и базилярной артерии, без повреждения остальных сосудов основания мозга. Далее, после выделения головного мозга из полости черепа, выполняли промывание сосудов головного мозга 5% раствором формалина на 0,9% растворе хлорида натрия путем нагнетания в базилярную артерию с помощью 10 мл шприца под небольшим давлением данного раствора в течение 8 - 10 минут. В последующем, выполнялось контрастное окрашивание центральных артерий тушь – желатиновой массой посредством инъекции ее в просвет сосудистого русла. Массу готовили непосредственно перед использованием.

В умеренно горячей воде растворяли порошкообразный желатин до густоты силикатного конторского клея, затем при постоянном помешивании прибавляли художественную жидкую акриловую тушь на водной основе черного цвета производства "Koh-i-noor" (Чехия) в количестве, необходимом для получения интенсивной окраски. Для введения в сосуды были использованы стандартные пластиковые шприцы объемом 10 мл с предварительно затупленными иглами во избежание создания случайных дополнительных отверстий в стенках сосудов.

**Таблица 3 – Распределение материала для решения задач исследования**

<b>Параметры</b>	<b>Количество препаратов</b>	<b>Количество измерений/расчетов</b>
Площадь переднего продырявленного вещества	116	232
Деление переднего продырявленного вещества на квадранты	116	232
Число центральных ветвей, входящих в переднее продырявленное вещество от сосудов артериального круга, с учетом его строения и билатеральной симметрии	116	232
Число центральных ветвей передней мозговой артерии, входящих в переднее продырявленное вещество с учетом билатеральной симметрии	116	232
Число центральных ветвей средней мозговой артерии, входящих в переднее продырявленное вещество с учетом билатеральной симметрии	116	232
Число центральных ветвей передней коммуникативной и передней ворсинчатой артерий, входящих в переднее продырявленное вещество с учетом билатеральной симметрии	116	232
Диаметр артерий, входящих в переднее продырявленное вещество справа и слева с учетом источника отхождения	116	4217
Площадь артерий, входящих в переднее продырявленное вещество справа и слева с учетом источника отхождения	116	4217
Определение особенностей расположения центральных артерий в квадрантах переднего продырявленного вещества	116	232
Всего	116	10058

Инъекционная масса для контрастного окрашивания вводилась медленно через базилярную артерию, проникая во все крупные и мелкие артерии базальной области препарата головного мозга человека. В связи с невозможностью контрастирования у части препаратов (до 30%) сосудов переднего отдела артериального круга мозга через базилярную артерию в связи с особенностями строения задних коммуникативных артерий, тушь –

желатиновая окрашивающая масса вводилась через участки внутренних сонных артерий, оставшиеся непосредственно у артериального круга большого мозга.

Для окрашивания инъекционной массы в красный цвет использовалась художественная жидкая акриловая тушь на водной основе производства "Koh-i-noor" (Чехия) красного цвета. Сразу же после окончания инъекции сосуд, через который вводилась масса, перевязывался. Для ускорения застывания массы после инъекции орган охлаждался в холодильнике в среднем 10 минут.

У части препаратов, для контрастного окрашивания центральных артерий, идущих в переднее продырявленное вещество, был использован способ, предложенный Р.М. Рагимовым и Т.С. Гусейновым (2006) с нашими незначительными изменениями [60]. В отличие от оригинального рецепта, был использован высокотемпературный силиконовый герметик другого производителя, что не повлияло на растворимость и сроки застывания.

По данной методике в сосудистое русло под напором, создаваемым поршнем использующегося шприца, вводилась наливочная масса, представляющая собой растворенный в бензине АИ-92 серый высокотемпературный силиконовый герметик - прокладка (Hi-Temp GREY RTV Silicone GASKET MAKER) производства Доктор Кемикалс Корп., США 9639 Hillcroft, Houston, растворенный до вязкости силикатного конторского клея. Наливочная масса готовилась непосредственно перед введением в сосуды, так как срок ее использования ограничивался двумя часами, в дальнейшем масса постепенно застывала, и введение ее в сосуды становилось невозможным. Состав становился твердым через 8 – 10 часов, достигая конечной прочности через 24 часа.

После контрастного окрашивания сосудистого русла, препараты фиксировали в кислом формалине. После фиксации инъекционной массы удаляли мягкую и паутинную оболочку головного мозга, после чего выполняли препарирование сосудистых стволов артериального круга мозга и отходящих от них центральных артерий. Производили фотографирование и схематическую зарисовку этих артерий.

В работе использовался метод цифровой фотограмметрии, представляющий собой измерение объектов по их фотографиям, выполненным с одновременным использованием в укладках стандартной металлической линейки (ГОСТ 427-75). Измерения проводились в программе Image J. Определялись следующие параметры артерий и переднего продырявленного вещества головного мозга:

1. Количество центральных артерий, идущих к переднему продырявленному веществу от средней мозговой, передней мозговой, передней соединительной, передней ворсинчатой артерии, характер их ветвления и особенности отхождения.

2. Средний диаметр центральных артерий, являющихся ветвями средней мозговой, передней мозговой, передней соединительной, передней ворсинчатой артерии.

3. Средняя площадь центральных артерий, являющихся ветвями средней мозговой, передней мозговой, передней соединительной, передней ворсинчатой артерии.

4. Средняя площадь и индивидуальные особенности переднего продырявленного вещества, с использованием собственной методики подразделения переднего продырявленного вещества на квадранты.

Все измерения проводились в зависимости от половой принадлежности и с учетом полушарной латерализации мозга. Отдельно определялись особенности отхождения центральных артерий, идущих к переднему продырявленному веществу, в зависимости от вариантов строения сосудов артериального круга головного мозга.

Определение диаметра центральных артерий производилось путем измерения их поперечного сечения после выделения и тонкого препарирования сосудов основания мозга и, собственно, самих центральных артерий. С помощью микроскопа Bresser 10x16 и насадки - фотоаппарата Webbers MYscope 310 M Digital camera к данному микроскопу, при увеличении 0,6 и 1,0 были сделаны фотографии базальной области и переднего продырявленного

вещества на всех имеющихся препаратах головного мозга человека. Предварительно для измерения линейных размеров объектов цифровая система измеряющего прибора была откалибрована согласно формуле:

$$N (\text{мкм.}) = N (\text{пикс.}) \times C,$$

где:  $C$  – калибровочный фактор (factor), который вводится в настройку программы (был задан программой для вычисления линейных размеров в метрической системе мер).

Перед калибровкой было настроено освещение микроскопа, и использовано то увеличение объектива и требуемое разрешение изображения, при которых проводились измерения и делались фотографии. Так же для калибровки были использованы: объект-микрометр (ОМП ГОСТ 7513-55) и ступенчатый ослабитель – оптический клин (применяется для измерения спектральных характеристик, например, оптической плотности), который представляет собой устройство с участками, имеющими известную степень поглощения света.

Для дальнейшей обработки фотографий использовалась компьютерная программа AxioVisionRe 1.4.8.

Было произведено измерение поперечного сечения отдельно каждой артерии, идущей в переднее продырявленное вещество в пикселях с дальнейшим умножением полученных результатов на factor. В результате этих вычислений получали диаметр артерий в миллиметрах.

Определение площади центральных артерий, идущих в переднее продырявленное вещество, производилось математически после вычисления их диаметра.

Площадь артерий вычисляли по формуле:

$$S = \pi r^2$$

где:  $\pi$  – 3,14;  $r$  – радиус артерий.

Полученные величины площади центральных артерий складывали по отдельности справа и слева, получая в итоге суммарную площадь артерий

проходящих в данном (конкретном) переднем продырявленном веществе с учетом билатеральной симметрии.

В дальнейшем вычисляли процентное отношение суммарной площади сосудов к общей площади переднего продырявленного вещества отдельно для каждой стороны головного мозга:

$$X \% = (S(\text{арт.}) \cdot 100\%) / S(\text{ппв}),$$

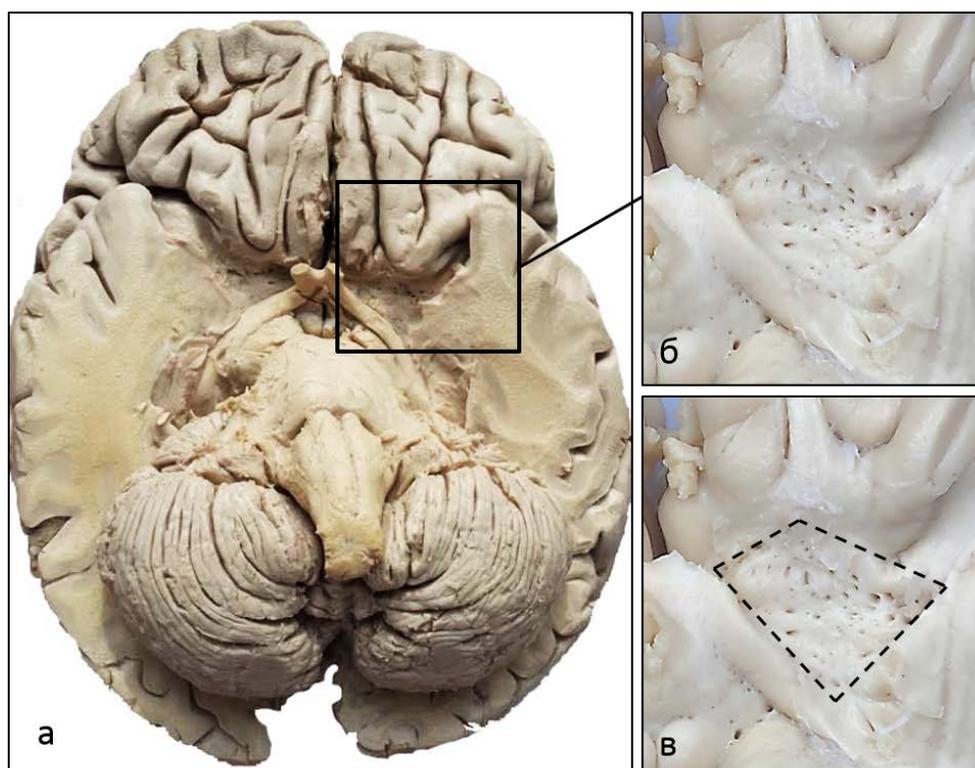
где:  $S(\text{арт.})$  – суммарная площадь сосудов, входящих в переднее продырявленное вещество одной стороны (справа или слева),  $S(\text{ппв})$  – числовое значение площади переднего продырявленного вещества одной стороны (справа или слева).

Определение границ переднего продырявленного вещества проводилось на подготовленной к исследованию базальной поверхности головного мозга человека путем удаления височных долей и ствола мозга.

На фиксированных препаратах головного мозга переднее продырявленное вещество, расположенное на базальной поверхности, с точки зрения геометрии имеет вид пластинки четырехугольной формы (рис. 1).

Границами переднего продырявленного вещества являются:

1. рострально – обонятельный треугольник, и обонятельные полоски (латеральная и медиальная, являющиеся дивергентами обонятельного тракта);
2. каудально – зрительный тракт;
3. медиально – перекрест зрительных путей, паратерминальная извилина и подмозолистое поле (расположены на медиальной поверхности полушария);
4. латерально – височная доля (порог островка), энторинальная борозда (сформированная переходом крючка в переднее продырявленное вещество) и начало латеральной борозды.



**Рисунок 1 – Топография переднего продырявленного вещества головного мозга (натуральный препарат головного мозга)**

а – базальная поверхность мозга (височные доли резецированы), б – переднее продырявленное вещество (увеличено), в – границы переднего продырявленного вещества

По данным границам проводили измерение длины сторон отдельно правого и левого переднего продырявленного вещества с использованием миллиметровой линейки, с фиксированием результатов на плоскости. Так как площадь любого многоугольника состоит из суммы площадей составляющих его треугольников, производился расчет площади каждого треугольника, входящего в измеряемый многоугольник по формуле:

$$S = (1/2) \cdot a \cdot h,$$

где: а- основание треугольника, h- высота треугольника, опущенная на данное основание.

Использовалась также формула Герона для вычисления площади треугольника [35]:

$$S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)},$$

где:  $p$  - полупериметр треугольника;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  - длины сторон треугольника.

Далее площади треугольников, входящие в данный конкретный неправильный многоугольник, суммировались, Получаемое числовое значение является площадью отдельно для каждого переднего продырявленного вещества справа и слева. Данное значение площади записывалось в сводную таблицу с разбивкой по возрасту и полу, справа и слева. Кроме того, в указанную таблицу заносили так же и некоторые другие характеристики:

1. Число центральных ветвей, входящих в переднее продырявленное вещество от сосудов артериального круга мозга, с учетом стороны полушария и питающего сосуда;
2. Минимальный и максимальный диаметр артерий, входящих в переднее продырявленное вещество, с учетом стороны полушария и питающего сосуда.
3. Среднюю и суммарную площадь артерий, входящих в переднее продырявленное вещество, с учетом стороны полушария и питающего сосуда.
4. Соотношение суммарной площади всех входящих в переднее продырявленное вещество артерий к его площади, с учетом стороны полушария («степень васкуляризации ППВ»).
5. Отдельно отмечалось наличие, диаметр и место отхождения от передней мозговой артерии медиальной дистальной стриарной артерии «возвратной артерии Хойбнера».

При работе с данными площади поверхности переднего продырявленного вещества, отмечали особенность вхождения в него центральных артерий. Центральные артерии входили в переднее продырявленное вещество неравномерно относительно его поверхности.

В связи с этим, было принято решение разделить всю площадь поверхности переднего продырявленного вещества на квадранты, для более полного описания топографии проникновения центральных артерий.

Переднее продырявленное вещество было разделено на четыре квадранта: ростральный, каудальный, медиальный и латеральный (проиллюстрировано в соответствующем разделе результатов). Такое

подразделение наиболее полно соответствует топографии проникновения в переднее продырявленное вещество центральных артерий, и позволяет легко его применить как на препарате головного мозга, так и во время нейрохирургических вмешательств у людей.

Четких топографических образований, позволяющих ориентировать линии подразделения переднего продырявленного вещества на квадранты, нет. При разделении на квадранты следует соединить линиями середины противоположных границ переднего продырявленного вещества: переднемедиальную и заднелатеральную, переднелатеральную и заднемедиальную. Получившиеся таким образом четыре неправильных четырехугольника являются ростральным, каудальным, медиальным и латеральным квадрантами.

## **2.2. Статистическая обработка и анализ данных**

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием пакета прикладных программ STATISTICA 6.0 (StatSoft Inc., США) и Microsoft Office Excel 2003. Проверка на нормальность распределения исследуемого материала показала, что распределение данных отличается от нормального (тест Шапиро-Уилка). Поскольку распределение количественных данных отличалось от нормального, были использованы непараметрические методы описательной статистики (производилось вычисление медианы и интерквартильных интервалов) и анализа (представляющие собой функции, зависящие непосредственно от вариантов данной совокупности с их частотами).

Для параметров (количественных данных) определяли следующие значения: минимальное значение (Min), максимальное значение (Max). Описательная статистика количественных признаков представлена в виде центральной тенденции — медианы (Me) и дисперсии — интерквартильного размаха (верхний и нижний квартили: 25 и 75 процентиля). В тексте это представлено как Me (LQ;UQ).

Для определения статистической значимости различия средних величин (в двух независимых группах по одному признаку) был использован непараметрический статистический критерий Манна – Уитни (данный критерий не зависит от вида распределения выборки и хорошо подходит как для нормального распределения количественных признаков, так и для распределения данных, отличающихся от нормального вида распределения). Различия средних арифметических величин считали достоверными при 95%-ном пороге вероятности (нулевая гипотеза отклонялась, если уровень статистической значимости ( $p$ ) был менее 0,05).

Анализ взаимосвязи двух признаков (количественных данных) выполнялся с помощью непараметрического метода корреляционного анализа по Спирмену. Интерпретация наличия и силы связи корреляции в зависимости от значения коэффициента корреляции ( $r$ ), осуществлялась следующим образом: при  $(r) \leq 0,25$  – корреляция считалась слабой (слабой силы); при нахождении данных в интервале (значении ( $r$ )) от 0,25 до 0,75 – корреляция считалась умеренной (средней силы); при  $(r) \geq 0,75$  – корреляция считалась сильной (значительной). Знак (плюс или минус) при коэффициенте корреляции указывал на направление связи. При отрицательном значении коэффициента корреляции признаки обнаруживали обратную корреляцию (чем больше было значение одного признака, тем меньше было значение другого признака), наоборот, при положительном значении коэффициента корреляции связь считалась прямой.

Варьирование морфометрических показателей оценивалось коэффициентом вариации ( $C_v$ ). Варьирование считалось слабым при  $C_v$  менее 10%, средним – при  $C_v$  от 11 до 25%, значительным – при  $C_v$  больше 25%. При коэффициенте варьирования больше 50% распределение считалось асимметричным. За среднюю величину признака принимался диапазон варьирования  $M \pm s$  [26].

Варианты, лежащие в пределах  $M \pm 1s$ , условно считались относящимися к «норме»; лежащие в пределах  $M \pm 2s$  – отклоняющимися от средней величины;

лежащие за пределами  $M \pm 2s$  – резко отклоняющимися от средней величины. Близость анатомического варианта к крайним значениям нормального вариационного ряда ( $\bar{x} \pm 2-3\sigma$ ) свидетельствует о его приближенности к аномалиям [26, 71].

Для уточнения преобладания величин парных артерий на одной из сторон мозга, вычислялись показатели их диссимметрии [71]:

1. Процентная частота преобладания искомого параметра артерий справа и слева.

2. Абсолютная величина диссимметрии ( $D_{абс}$ ), которая представляет собой модуль разности между величиной параметра артерии справа и слева:

$$D_{абс} = (X_{пр} - X_{лев}) / n,$$

где:  $X_{пр}$ ,  $X_{лев}$  – значения сравниваемых признаков справа и слева;  $n$  – число наблюдений.

3. Относительная величина диссимметрии ( $D_{от}$ ), которая представляет собой отношение абсолютной величины диссимметрии к полусумме средних величин справа и слева.

$$D_{от} = D_{абс} \cdot 2 \cdot 100 / \bar{x}_{пр} + \bar{x}_{лев},$$

где:  $\bar{x}_{пр}$ ,  $\bar{x}_{лев}$  – средние арифметические значения сравниваемых признаков справа и слева.

4. Коэффициент диссимметрии ( $K_{дис}$ ), который представляет собой отношение величины параметра справа к его величине слева. При правостороннем преобладании коэффициент больше единицы. При левостороннем преобладании коэффициент меньше единицы.

$$K_{дис} = (X_{пр} / X_{лев}) / n,$$

где:  $X_{пр}$ ,  $X_{лев}$  – значения сравниваемых признаков справа и слева;  $n$  – число наблюдений.

5. Коэффициент направленности диссимметрии ( $K_{н}$ ), который представляет собой удвоенную разность средних величин правых и левых параметров, поделенных на сумму средних величин.

$$K_{н} = 2(\bar{x}_{пр} - \bar{x}_{лев}) / \bar{x}_{пр} + \bar{x}_{лев},$$

где:  $\bar{x}_{\text{пр}}$ ,  $\bar{x}_{\text{лев}}$  – средние арифметические значения сравниваемых признаков справа и слева.

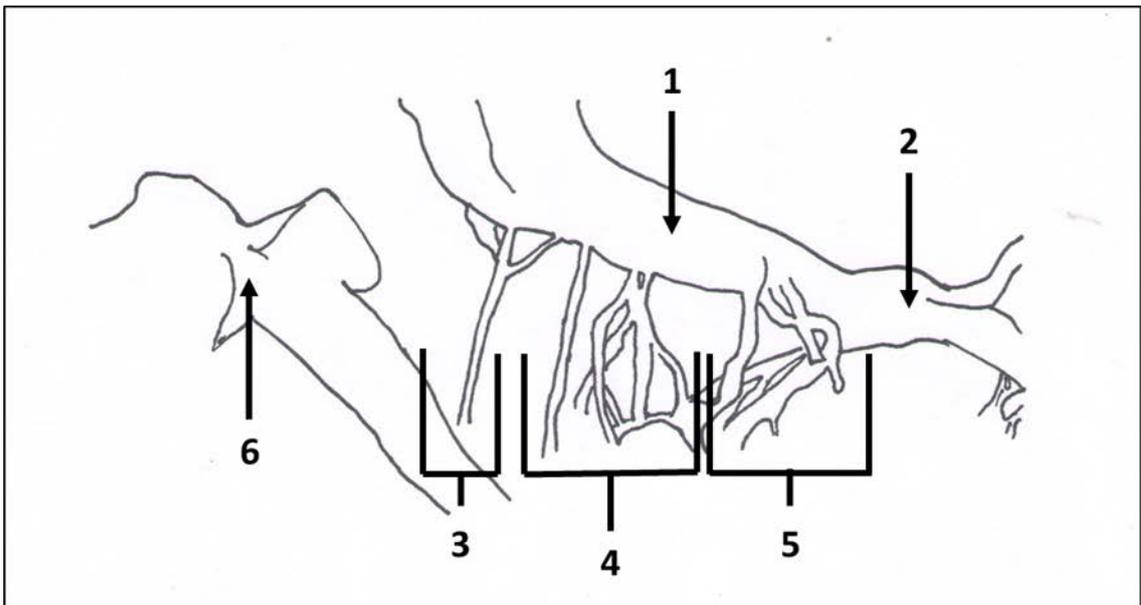
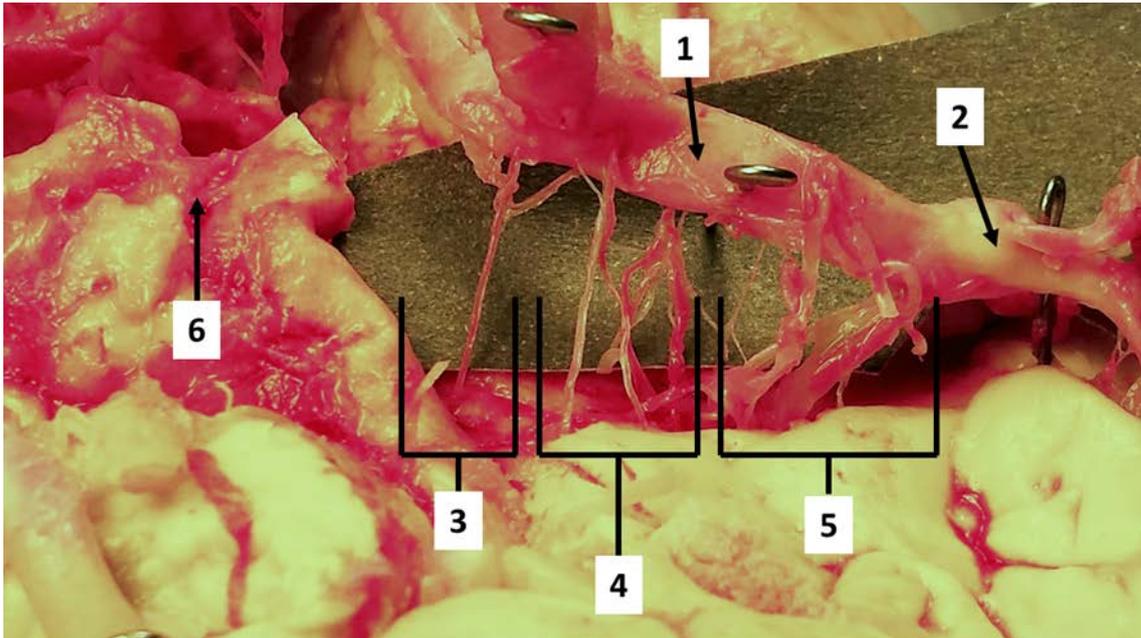
Положительный знак числового значения, получающегося при вычислении, указывает на правостороннюю асимметрию. Отрицательный знак числового значения, получающегося при вычислении, указывает на левостороннюю асимметрию. Значимым считался коэффициент больше 0,05.

## **ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **3.1 Анатомическая изменчивость немозговых отделов центральных артерий, идущих к переднему продырявленному веществу у мужчин**

#### **3.1.1 Анатомическая изменчивость немозговых отделов центральных артерий, идущих к переднему продырявленному веществу от средней мозговой артерии**

При исследовании артериальных стволов, проходящих через переднее продырявленное вещество у мужчин в возрасте от 22 лет до 60 лет, были получены следующие результаты. По нашим наблюдениям, основным источником артерий, идущих к переднему продырявленному веществу, является средняя мозговая артерия, отдающая центральные ветви во всех исследованных случаях. Было исследовано 64 препарата головного мозга, изъятых во время аутопсии у мужчин, причина смерти которых не была связана с церебральной патологией. В препаратах выделены три группы центральных ветвей средней мозговой артерии: медиальная, промежуточная и латеральная (рис. 2). Выявлено, что латеральная группа центральных ветвей встречается в 100% случаев справа и слева, промежуточная группа центральных ветвей встречается в 94% случаев справа и 89% случаев слева, медиальная группа центральных ветвей встречается в 75% справа и 78% слева. Количество центральных артерий медиальной группы варьировало справа от 0 до 4, слева от 0 до 3, средние значения (медиана) количества артерий в медиальной группе справа и слева были одинаковые. Количество центральных артерий промежуточной группы варьировало справа от 0 до 3, слева от 0 до 3, с одинаковым значением медианы количества артерий справа и слева. Количество центральных артерий латеральной группы составляло справа от 1 до 6, слева от 1 до 5, с превалированием медианы справа на одну артерию. Во всех случаях, при сравнении полученных результатов справа и слева, данные являлись не достоверными ( $p > 0,05$ ) (табл. 4).



**Рисунок 2 – Деление на группы центральных ветвей средней мозговой артерии**

1 – внутренняя сонная артерия; 2 – бифуркация средней мозговой артерии; 3 – медиальная группа центральных артерий; 4 – промежуточная группа центральных артерий; 5 – латеральная группа центральных артерий; 6 – перекрест зрительных нервов. (Мужчина, 56 лет, инъекционная окраска сосудов тушь – желатиновой смесью)

**Таблица 4 – Количественная характеристика центральных ветвей средней мозговой артерии по группам (мужчины, n = 64)**

<b>Группы центральных ветвей средней мозговой артерии</b>	<b>Справа (шт.) Me(LQ;UQ)</b>	<b>Слева (шт.) Me(LQ;UQ)</b>	<b>U – коэфф.</b>	<b>p - уровень</b>
медиальная	1,5(0,5;3)	1,5(1;2)	480,00	p > 0,05
промежуточная	2(2;2,5)	2(1;2)	404,00	p > 0,05
латеральная	4(3;4)	3(2;4)	423,00	p > 0,05

Вместе с тем, с обеих сторон была выявлена достоверная тенденция к увеличению количества артериальных ветвей средней мозговой артерии от медиальной группы к латеральной группе. Медиана количества артерий латеральной группы справа на 45,4% превышала значения медиальной группы, на 33,4% превышала значения промежуточной группы, и на 6,6% превышала суммарные значения медиальной и латеральной группы.

Препараты, в которых, средняя мозговая артерия отдавала свои центральные ветви в общем количестве от четырех до двенадцати, равномерно по всей длине клиновидного сегмента, либо с возможностью визуального подразделения их на три (медиальную, промежуточную, латеральную) группы, принимались как наблюдения с рассыпным («классическим») типом строения переднелатеральных центральных артерий. Рассматривая формы анатомической изменчивости, были выделены и крайние варианты ветвления вне мозговых отделов центральных сосудов, берущих свое начало от средней мозговой артерии. Такими крайними формами являются варианты с минимальным количеством центральных ветвей, варианты с максимальным количеством центральных ветвей, варианты с различным типом строения центральных ветвей (в виде пучка), редко встречающиеся варианты с отхождением от вторичных ветвей клиновидного (M-1) и островкового (M-2) сегментов. Число наблюдений, где встречались крайние варианты

анатомической изменчивости, было, как правило, невелико и всегда составляло меньше десяти процентов.

Были выделены препараты, в которых показатели и расположение центральных ветвей средней мозговой артерии не являлись крайними формами анатомической изменчивости. Данные препараты составляли большинство наблюдений (58%), а тип строения переднелатеральных центральных артерий, распознавался как «классический». Длина участка средней мозговой артерии, отдающего переднелатеральные центральные ветви, находилась в диапазоне значений справа от 12,7 до 32,9 мм, слева от 12,1 до 31,5 мм, в среднем равнялась справа  $24,2 \pm 3,9$  мм, слева  $22,7 \pm 3,4$  мм (табл. 5).

**Таблица 5 – Количество наблюдений в зависимости от длины клиновидного сегмента средней мозговой артерии, отдающего переднелатеральные центральные ветви (мужчины, n = 64)**

Длина клиновидного сегмента средней мозговой артерии (мм)	Количество наблюдений	
	справа	слева
До 15,0	3	3
От 15,1 до 20,0	6	9
От 20,1 до 25,0	32	31
От 25,1 до 30,0	16	16
Свыше 30,1	7	5

Влияние характера последующего ветвления основного ствола средней мозговой артерии на строение и уровень отхождения переднелатеральных центральных артерий детально не изучалось. Однако, как при магистральном характере ветвления, так и при дихотомической и рассыпной форме деления средней мозговой артерии, а также в случае с вариантами с ранними корковыми ветвями, центральные ветви возникали на протяжении 1,0 – 9,0 мм (в среднем 4,0 мм) от начала средней мозговой, без корреляции с ее ветвлением.

Последние центральные ветви, как правило, брали свое начало от участка средней мозговой артерии в области бифуркации и от постбифуркационной части клиновидного сегмента. Следует отметить, чем длиннее была пребифуркационная часть клиновидного сегмента средней мозговой артерии, тем чаще последние центральные ветви отходили от ее участка в области бифуркации, а не от постбифуркационной части (табл. 6).

**Таблица 6 – Количество препаратов с местом отхождения последних переднелатеральных центральных ветвей средней мозговой артерии в зависимости от длины клиновидного сегмента (мужчины, n = 64)**

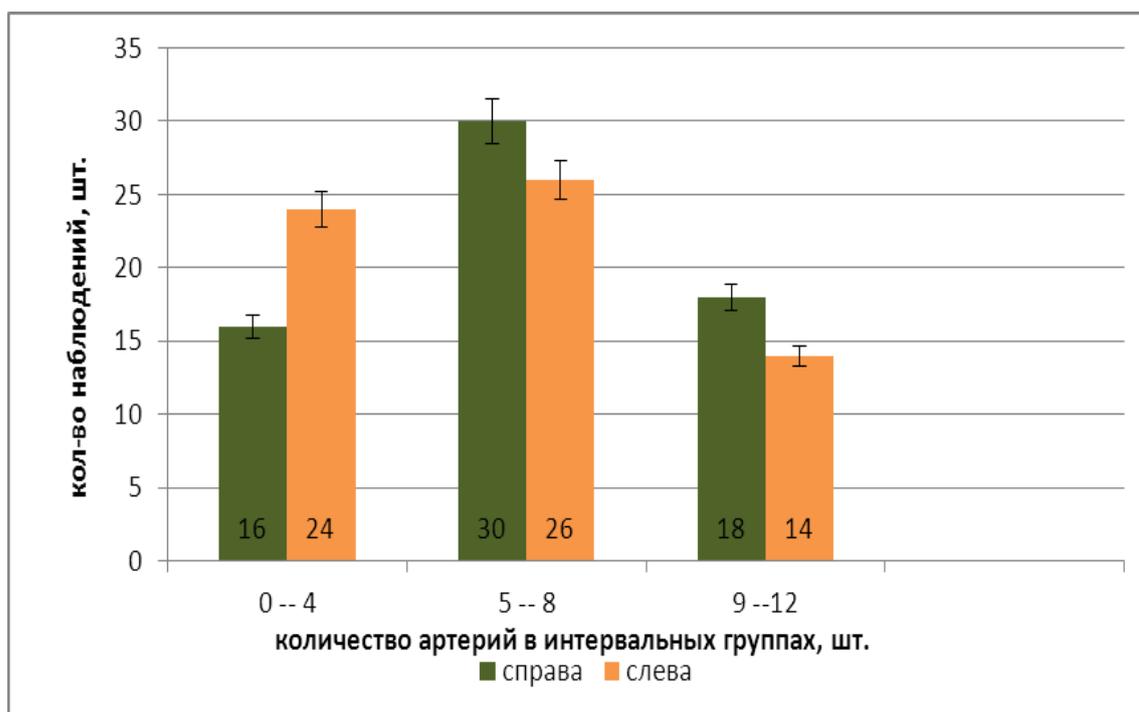
<b>Клиновидный сегмент средней мозговой артерии</b>		<b>Количество препаратов с местом отхождения последних центральных артерий (шт.)</b>	
<b>Длина (мм)</b>	<b>отдел</b>	<b>справа</b>	<b>слева</b>
До 15,0	пребифуркационный	1	0
	постбифуркационный	2	3
От 15,1 до 20,0	пребифуркационный	1	3
	постбифуркационный	5	6
От 20,1 до 25,0	пребифуркационный	23	26
	постбифуркационный	9	5
От 25,1 до 30,0	пребифуркационный	13	12
	постбифуркационный	3	4
Свыше 30,1	пребифуркационный	6	5
	постбифуркационный	1	0

Стоит упомянуть тот факт, что центральные артерии брали свое начало и от ранних корковых ветвей. Анатомия переднелатеральных центральных артерий медиальной, промежуточной и латеральной групп была несколько различной. Как правило, более тонкие центральные артерии медиальной

группы представляли собой сосуды с прямолинейным ходом, отходящие от начального отдела средней мозговой и развилки внутренней сонной артерий с местом их проникновения в медиальный квадрант переднего продырявленного вещества. Центральные артерии промежуточной группы отходили от средней части клиновидного сегмента средней мозговой, и имели вид прямых или слегка изогнутых одиночных ветвей, пучка изогнутых ветвей с отхождением от питающего сосуда одним стволом, сочетанием этих типов. Проникновение артерий этой группы в переднее продырявленное вещество отмечалось в переднем и латеральном квадрантах. Центральные артерии латеральной группы брали свое начало от пребифуркационного и постбифуркационного отдела клиновидного сегмента средней мозговой артерии обладали большим диаметром и длиной в сравнении с двумя предыдущими группами, имели извилистый S-образный, зачастую ретроградный, ход своих ветвей и проникали в переднее продырявленное вещество в наружных отделах его латерального квадранта. При изучении группы препаратов с рассыпным типом строения центральных ветвей были определены средние значения количества, диаметра и площади артерий справа и слева (табл. 7). Для удобства оценки полученных данных числовые значения признаков (количество, диаметр, площадь) в наблюдениях были сгруппированы в интервальные ряды (рис. 3 - 5). Выявлена статистическая недостоверность всех определяемых показателей справа и слева, при этом, существует обратная зависимость средней силы между числом сосудов и их средним диаметром: при увеличении количества переднелатеральных центральных артерий, средний диаметр артерий уменьшается. Коэффициент корреляции Спирмена у мужчин: -0,598977 справа (при p-level = 0,000000), -0,404471 слева (при p-level = 0,000917).

**Таблица 7 – Средние значения количества, диаметра и площади центральных ветвей средней мозговой артерии справа и слева (мужчины, n = 64)**

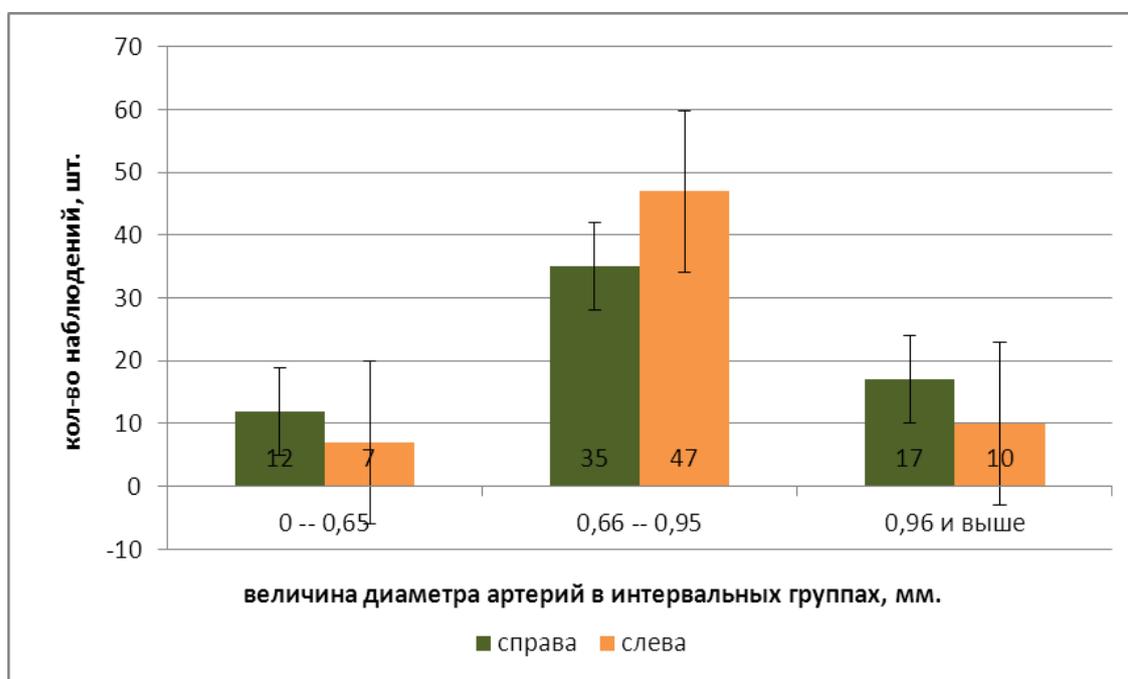
Определяемые показатели		Центральные ветви средней мозговой артерии	
		Справа	Слева
Количество артерий (шт)	Медиана (25 и 75 процентиля) Me(LQ;UQ)	7(4,5;9)	6(4;8)
	Минимум и максимум (Min - Max)	4 - 12	4 - 11
Диаметр артерий (мм)	Медиана (25 и 75 процентиля) Me(LQ;UQ)	0,8(0,75;1,0)	0,8(0,7;0,9)
	Минимум и максимум (Min - Max)	0,4 – 1,2	0,3 – 1,2
Площадь артерий (мм <sup>2</sup> )	Медиана (25 и 75 процентиля) Me(LQ;UQ)	0,65(0,55;0,85)	0,65(0,5;0,8)
	Минимум и максимум (Min - Max)	0,3 – 1,1	0,3 – 1,6



**Рисунок 3 – Распределение количества исследованного материала в интервальных рядах числа переднелатеральных центральных артерий справа и слева (мужчины, n = 64)**

Наибольшее число препаратов было выявлено в интервальной группе с количеством переднелатеральных центральных артерий от 5 до 8 как справа, так и слева. Количество наблюдений в данной интервальной группе справа составило 47% (что на 6% меньше наблюдений в оставшихся интервальных группах), слева составило 40,5% (что на 19% меньше наблюдений в оставшихся интервальных группах). При анализе первой (от 0 до 4 центральных артерий) и третьей (от 9 до 12 артерий) интервальных групп было выявлено увеличение в первой интервальной группе на 20% количества наблюдений слева по сравнению с правой стороной, и на 26% по сравнению с левой стороной в третьей интервальной группе. Выявлено увеличение в третьей интервальной группе на 12% количества наблюдений справа по сравнению с левой стороной, и на 6% по сравнению с правой стороной в первой интервальной группе. Таким образом, отмечается очевидная, но недостоверная ( $p > 0,05$ ), тенденция в увеличении количества наблюдений с большим числом переднелатеральных

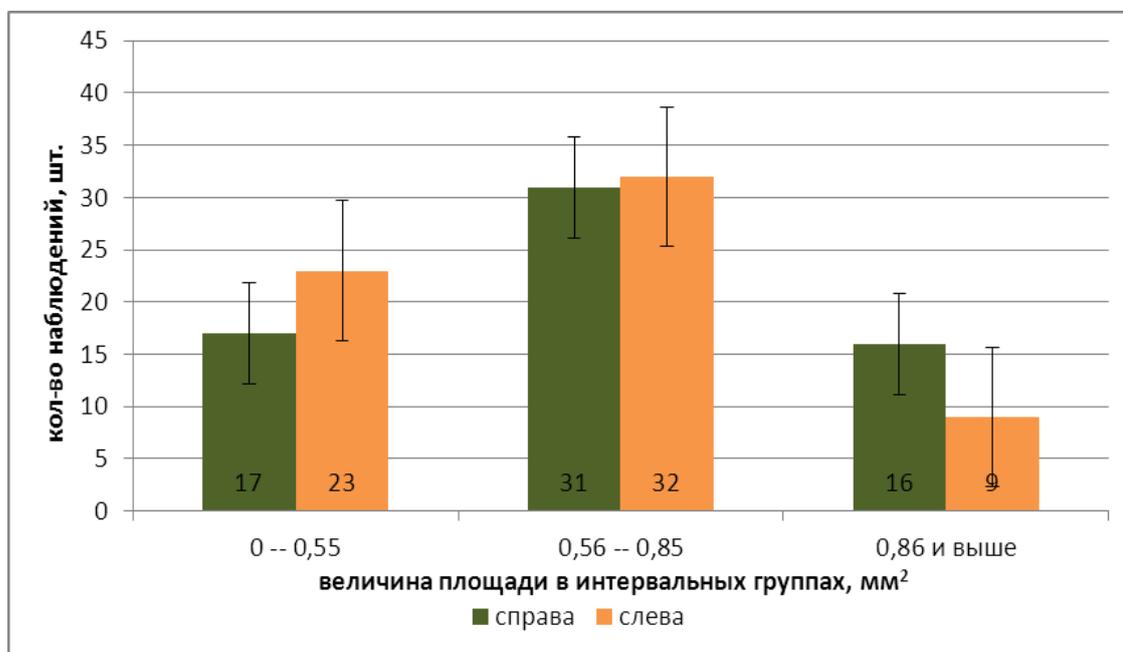
центральных артерий справа и увеличении количества наблюдений с меньшим числом переднелатеральных центральных артерий слева.



**Рисунок 4 – Распределение количества исследованного материала в интервальных рядах среднего диаметра переднелатеральных центральных артерий справа и слева (мужчины, n = 64)**

Чаще всего диаметр переднелатеральных центральных артерий в препаратах приходился на интервал значений от 0,66 мм до 0,95 мм. Количество наблюдений в данном интервале составило 73,4%, в оставшихся интервальных группах – только 26,6%. Таким образом, подавляющее большинство артерий слева имело диаметр от 0,66 мм до 0,95 мм (на 46,8% больше оставшихся интервальных группировок: практически в три раза больше). Справа структура распределения артерий по интервальным группировкам диаметра была несколько иной: диаметр от 0,66 мм до 0,95 мм имели только 54,7% переднелатеральных центральных артерий, что на 9,4% больше оставшихся интервальных группировок, на которые приходилось 45,3% переднелатеральных центральных артерий. При сравнении первой (от 0 до 0,65 мм) и последней (от 0,96 мм и выше) интервальных групп, было отмечено увеличение на 18% количества препаратов с центральными артериями

диаметром от 0,96 мм и выше. При анализе количества препаратов в данных интервальных группах была выявлена следующая особенность: и в первой, и в последней интервальной группе количество наблюдений справа было больше количества наблюдений слева на одинаковую величину (на 26%).



**Рисунок 5 – Распределение количества исследованного материала в интервальных рядах средней площади переднелатеральных центральных артерий справа и слева (мужчины, n = 64)**

Наибольшее число препаратов было выявлено в интервале значений средней площади переднелатеральных центральных артерий от 0,56 мм<sup>2</sup> до 0,85 мм<sup>2</sup>. Количество наблюдений в данной интервальной группе составило 48% справа и 50% слева. Остальные наблюдения (52% справа и 50% слева) приходились на оставшиеся интервальные группы. При сравнении этих интервальных групп была отмечена тенденция в увеличении количества препаратов слева со средней площадью переднелатеральных центральных артерий до 0,55 мм<sup>2</sup> при практически равном распределении препаратов справа между двумя (0 – 0,55 мм<sup>2</sup> и 0,86 мм<sup>2</sup> и выше) интервальными группами. В интервальной группе «от 0 до 0,56 мм<sup>2</sup>» количество наблюдений слева на 15% было больше, чем справа, и на 44% превышало количество наблюдений в последней интервальной группе

(от 0,86 мм<sup>2</sup> и выше) своей же стороны. В интервальной группе «от 0,86 мм<sup>2</sup> и выше» количество наблюдений справа на 28% превышало показатели левой стороны, однако, на 3% было меньше количества наблюдений в первой интервальной группе (от 0 до 0,59 мм<sup>2</sup> и выше) своей стороны.

В ходе дальнейшего исследования были изучены препараты, в которых количество переднелатеральных центральных артерий было минимальным и максимальным. Из всего количества исследованного материала было выявлено 14% препаратов (6% справа и 8% слева), содержащие минимальное и максимальное количество центральных ветвей средней мозговой артерии, входящих в переднее продырявленное вещество.

Минимальное число центральных ветвей средней мозговой артерии справа составило три артерии (3% наблюдений), при этом их минимальный и максимальный диаметр составил 0,7 мм и 1,1 мм соответственно (рис. 6). Средний диаметр центральных ветвей средней мозговой артерии в этих наблюдениях был равен  $0,9 \pm 0,14$  мм. Минимальная и максимальная сумма площади данных ветвей в наблюдениях составила 1,5 мм<sup>2</sup> и 2,2 мм<sup>2</sup> соответственно. Средняя площадь центральных артерий справа в наблюдениях составила  $0,65 \pm 0,19$  мм<sup>2</sup>.

Минимальное число центральных ветвей средней мозговой артерии слева составило две артерии (6,3% наблюдений). Из этих шести процентов наблюдений в половине случаев центральные артерии представляли собой одиночные артериальные стволы, топографически относящиеся к промежуточной и латеральной группе центральных ветвей средней мозговой артерии. Минимальный и максимальный диаметр составил 0,8 мм и 1,3 мм соответственно. Средний диаметр центральных ветвей средней мозговой артерии в этих наблюдениях был равен  $1,05 \pm 0,19$  мм. Минимальная и максимальная сумма площади данных ветвей в наблюдениях составила 1,3 мм<sup>2</sup> и 2,3 мм<sup>2</sup> соответственно. Средняя площадь центральных артерий слева в наблюдениях составила  $0,89 \pm 0,31$  мм<sup>2</sup>.

Характерно, что в препаратах группы с минимальным количеством центральных ветвей средней мозговой артерии слева, диаметр сосудов латеральной группы превалировал над диаметром сосудов промежуточной группы в половине наблюдений. В 25% случаев диаметр центральных сосудов промежуточной группы превышал диаметр сосудов латеральной группы, и в 25% случаев диаметры были равны.

В 1/4 наблюдений (из 6%), центральные ветви представляли собой сосуды, отходящие одним стволиком от средней мозговой артерии с дальнейшим дихотомическим их делением в своей проксимальной трети длины и вхождением в переднее продырявленное вещество уже четырьмя артериями (рис. 7).

В оставшихся наблюдениях слева (1/4 из 6%), центральные ветви представляли собой комбинацию сосудов, характерных для вышеперечисленных препаратов, а именно: один из сосудов проходил от средней мозговой артерии к переднему продырявленному веществу одним стволиком, другой – делился дихотомически и относился к латеральной группе (рис. 8). Минимальный и максимальный диаметр сосудов (до деления) составил 0,5 мм и 1,1 мм соответственно. После деления суммарный диаметр сосудов превышал диаметр сосуда до деления на 30%. Средний диаметр центральных ветвей средней мозговой артерии в минимальных по числу наблюдениях слева составил  $0,9 \pm 0,31$  мм (до их дихотомического деления). Минимальная и максимальная суммарная площадь центральных артерий в данных наблюдениях составила  $0,5 \text{ мм}^2$  и  $3,3 \text{ мм}^2$  соответственно. Средняя площадь центральных артерий слева в этих наблюдениях составила  $0,5 \pm 0,18 \text{ мм}^2$ .

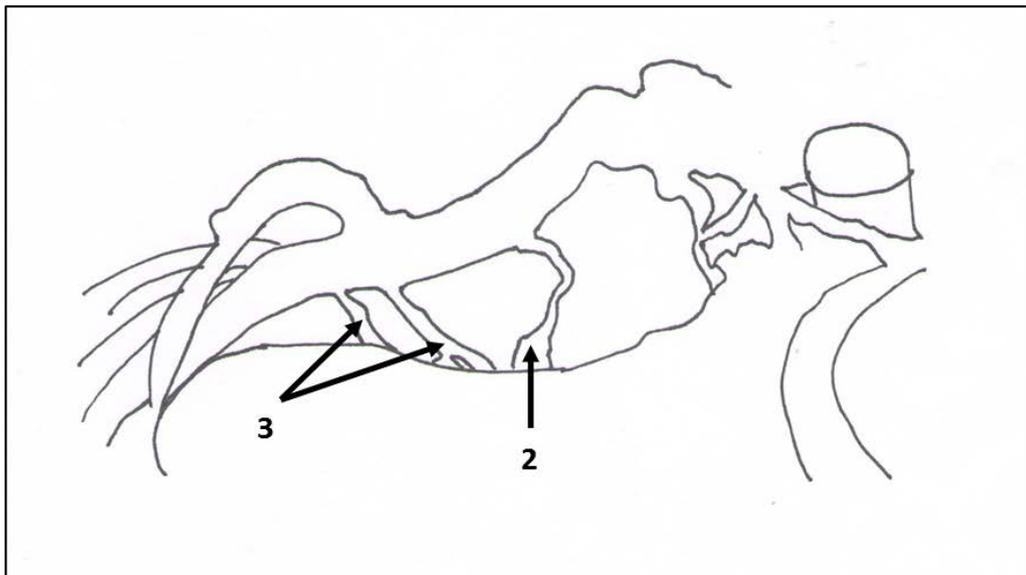
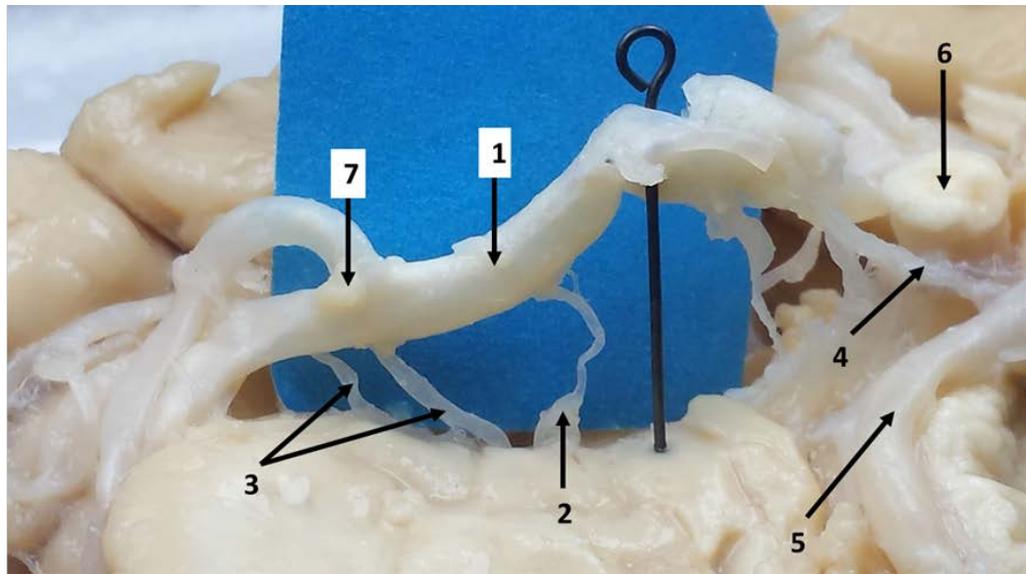
Максимальное количество вне мозговых отделов центральных ветвей средней мозговой артерии, идущих к переднему продырявленному веществу справа, было зарегистрировано 14 (в 3% наблюдений). Не все артерии в наблюдениях были представлены одиночными стволиками: в промежуточной группе в отдельных препаратах артерии или делились дихотомически или отходили от одного начального стволика далее в виде пучка. Подавляющее

большинство центральных ветвей отходили от клиновидного (М-1) сегмента средней мозговой артерии на всем протяжении практически равномерно, в некоторых препаратах, без видимого подразделение на три группы, единичные артерии отходили от островкового сегмента (М-2) средней мозговой (рис. 9, 10). Минимальный и максимальный диаметр центральных ветвей составил 0,2 мм и 1,3 мм соответственно. Средний диаметр ветвей составил  $0,8 \pm 0,26$  мм, Минимальная и максимальная площадь всех ветвей в наблюдениях составила  $6,5 \text{ мм}^2$  и  $7,5 \text{ мм}^2$  соответственно. Средняя площадь центральных артерий справа в этих наблюдениях составила  $0,5 \pm 0,3 \text{ мм}^2$ .

Слева максимальное количество центральных ветвей средней мозговой артерии так же составило 14 (в 1,7% наблюдений). Топографически их ход практически соответствовал таковому в наблюдениях с максимальным количеством соответствующих артерий справа (рис. 11). Минимальный и максимальный диаметр центральных артерий в этих наблюдениях составил 0,2 мм и 1,2 мм соответственно. Средний диаметр центральных ветвей составил  $0,5 \pm 0,26$  мм. Минимальная и максимальная площадь суммы центральных артерий в наблюдениях составила  $3,3 \text{ мм}^2$  и  $3,5 \text{ мм}^2$  соответственно. Средняя площадь центральных артерий справа в этих наблюдениях составила  $0,3 \pm 0,28 \text{ мм}^2$ .

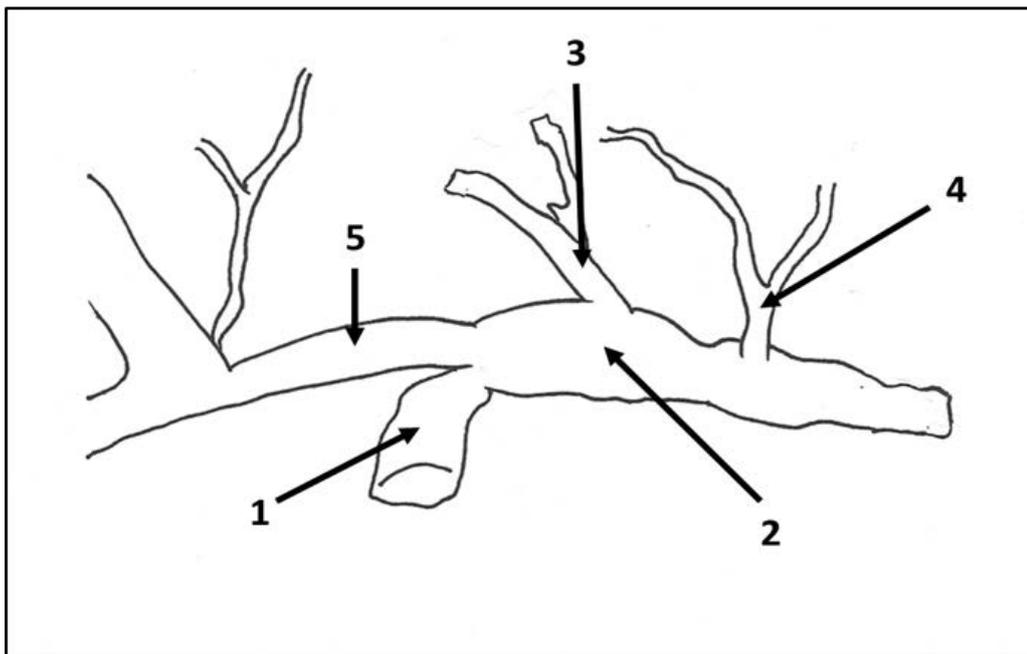
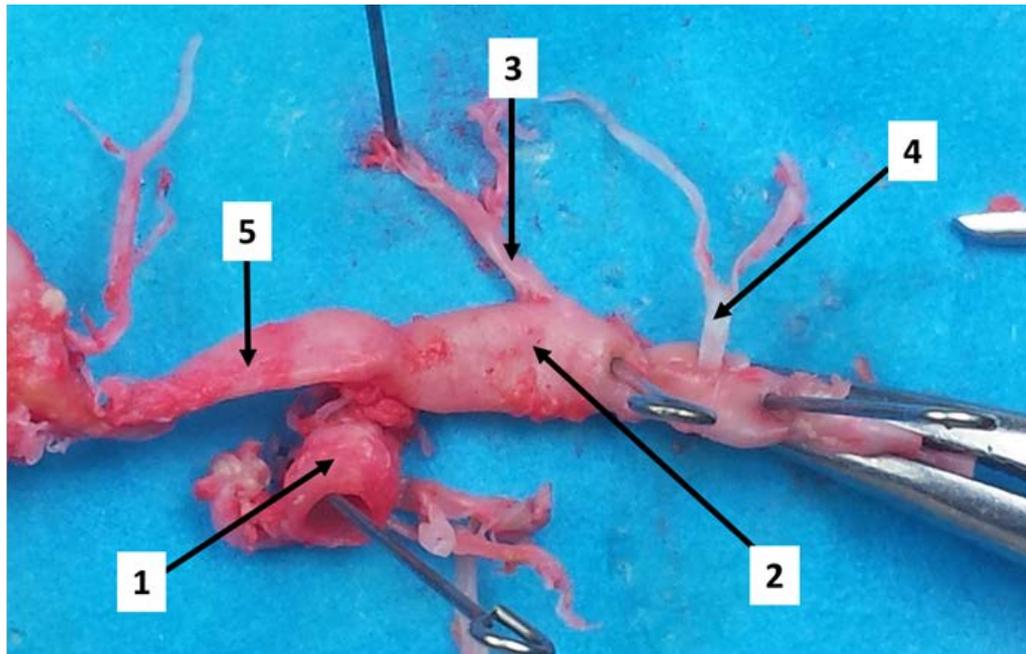
Таким образом, сравнивая между собой данные, справа и слева в наблюдениях с минимальным и максимальным количеством центральных ветвей средней мозговой артерии, все средние значения диаметра и площади артерий не всегда выражены справа. В препаратах с минимальным количеством центральных артерий, разница значений в среднем диаметре и площади сосудов справа и слева составила, соответственно, 8% и 4%, с преимуществом левой стороны. В препаратах с максимальным количеством центральных артерий, разница значений справа и слева в среднем диаметре и площади сосудов составила, соответственно, 23% и 25% с преимуществом правой стороны. При сравнении полученных данных между препаратами с минимальным и препаратами с максимальным количеством центральных артерий, отмечается

тенденция к уменьшению их среднего диаметра и средней площади при увеличении количества сосудов, как справа, так и слева.



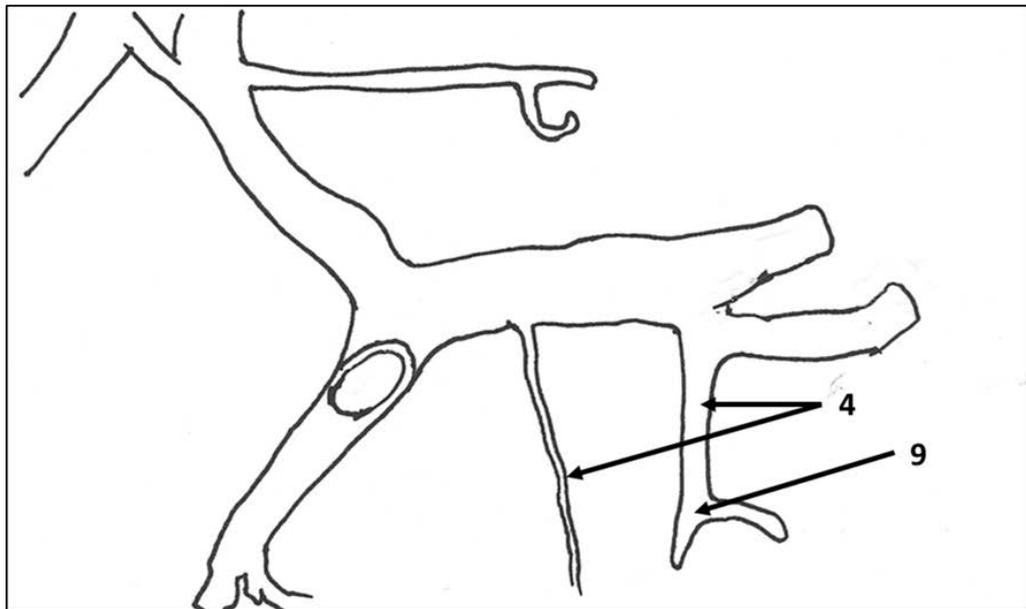
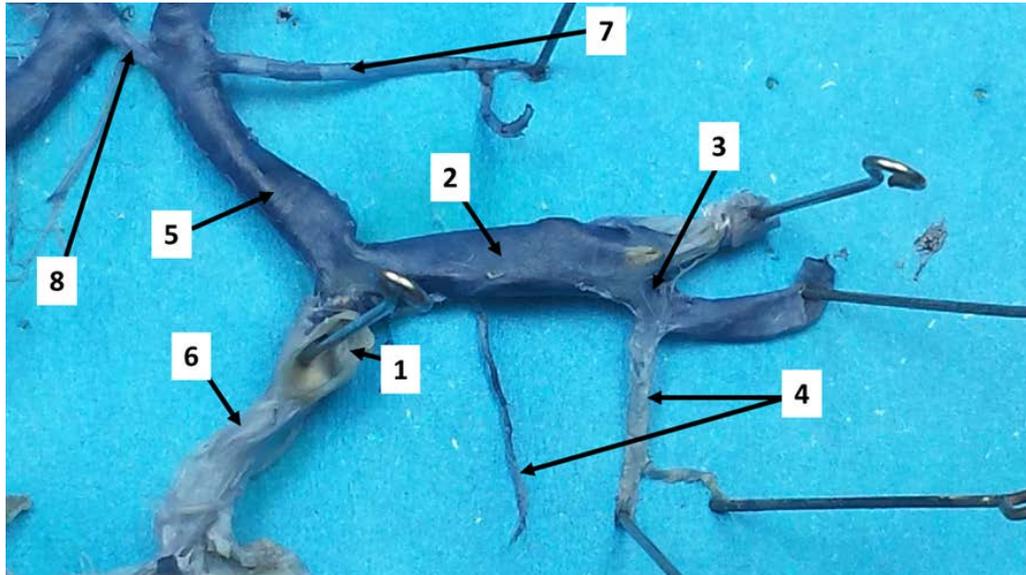
**Рисунок 6 – Минимальное количество центральных ветвей правой средней мозговой артерии**

1 – правая средняя мозговая артерия; 2 – промежуточная группа центральных артерий; 3 – латеральная группа центральных артерий; 4 – задняя соединительная артерия; 5 – задняя мозговая артерия; 6 – правый зрительный нерв; 7 – бифуркация средней мозговой артерии. (Мужчина, 36 лет, нативный препарат головного мозга без заполнения сосудов инъекционной окрашивающей массой)



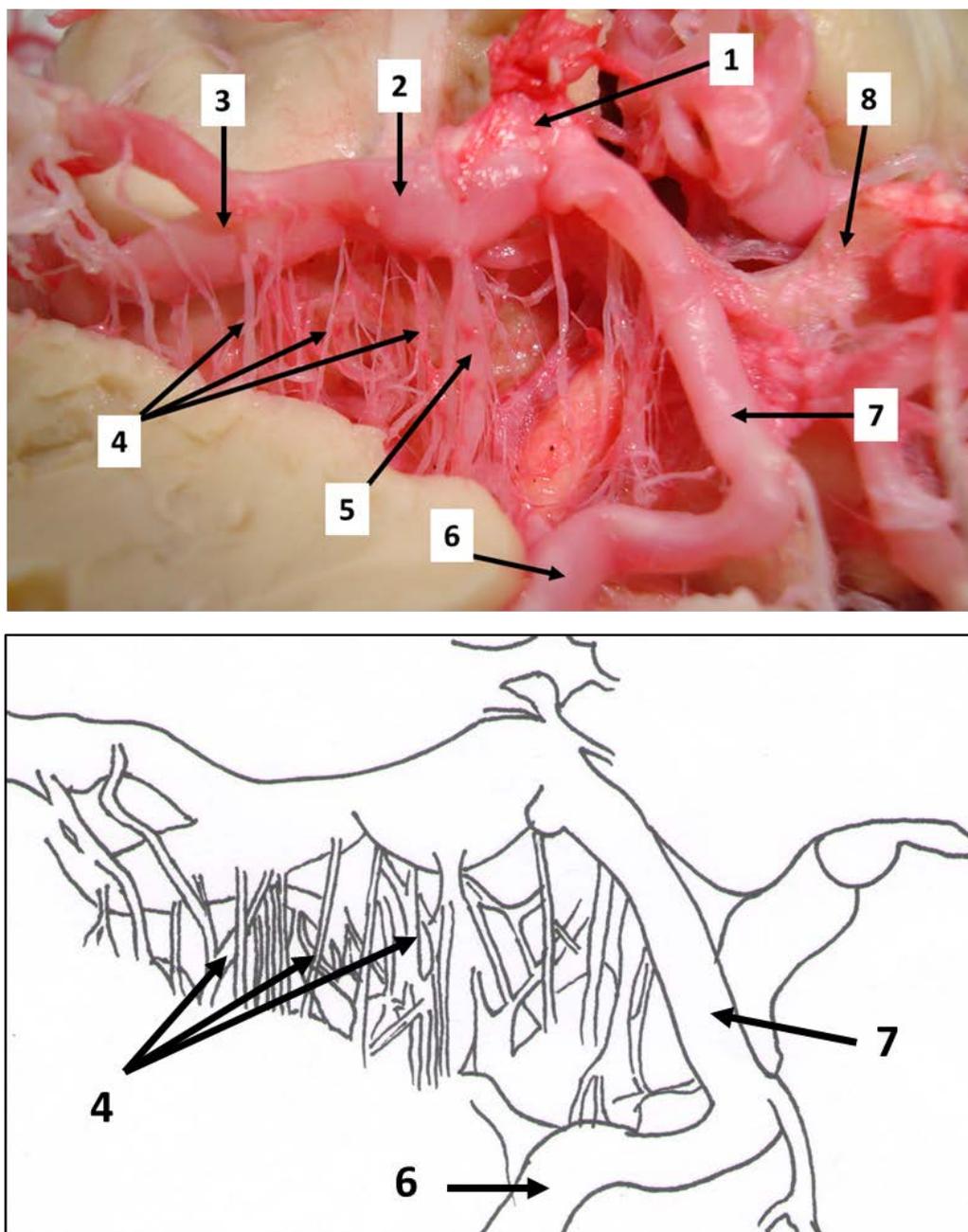
**Рисунок 7 – Минимальное количество центральных ветвей левой средней мозговой артерии с дихотомическим делением сосудов латеральной и промежуточной группы**

1 – внутренняя сонная артерия; 2 – средняя мозговая артерия; 3 - центральные артерии промежуточной группы; 4 – центральные артерии латеральной группы; 5 – передняя мозговая артерия. (Мужчина, 57 лет, инъекционная окраска сосудов тушь – желатиновой смесью)



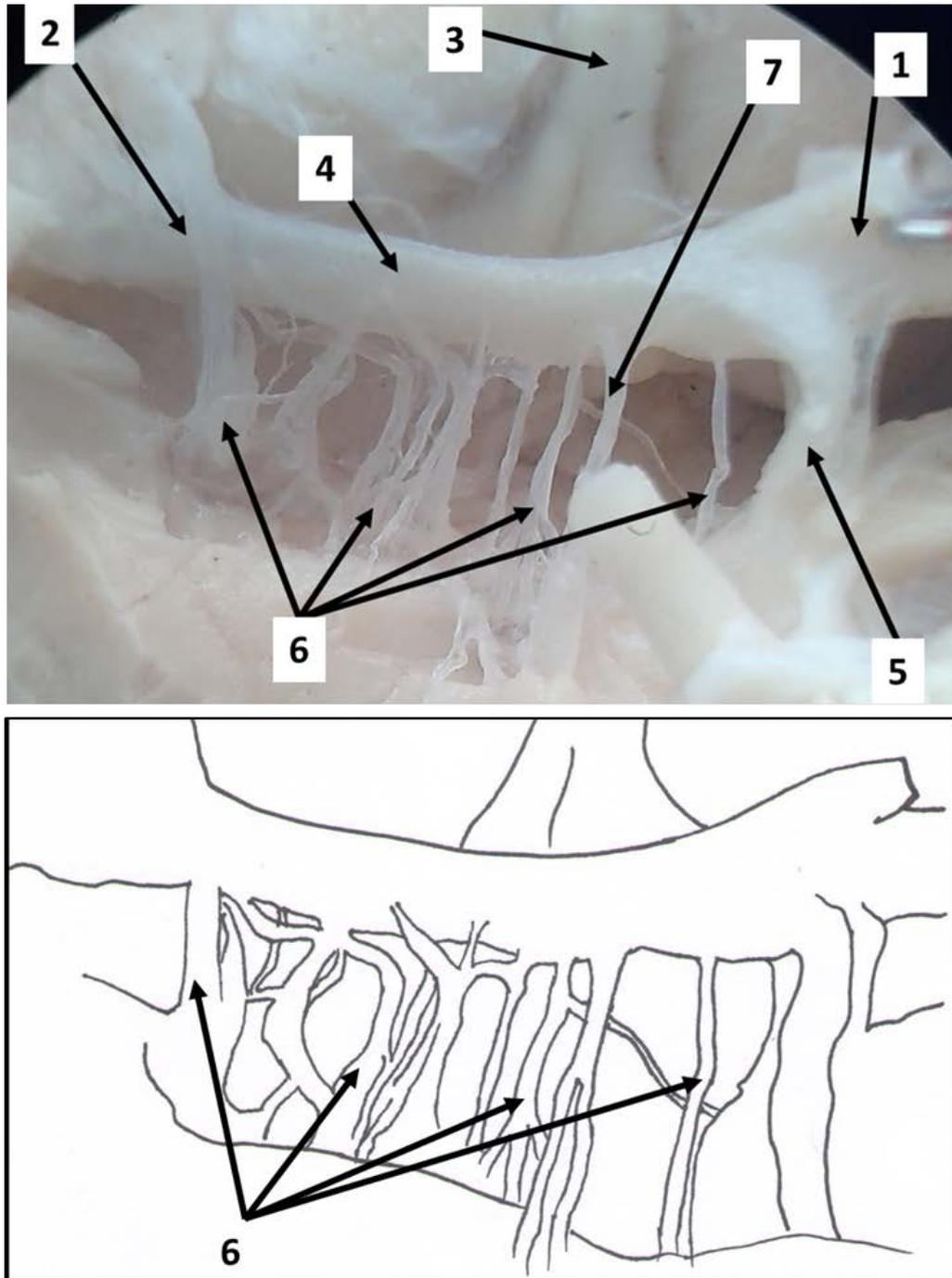
**Рисунок 8 – Минимальное количество центральных ветвей левой средней мозговой артерии (с дихотомическим делением сосудов латеральной группы центральных ветвей)**

1 – внутренняя сонная артерия; 2 – средняя мозговая артерия; 3 – бифуркация средней мозговой артерии; 4 – центральные артерии промежуточной и латеральной групп (с дихотомическим делением последней); 5 – передняя мозговая артерия; 6 – задняя соединительная артерия; 7 – артерия Хойбнера; 8 – передняя соединительная артерия; 9 – дихотомическое деление латеральной группы центральных артерий. (Мужчина, 58 лет, инъекционная окраска сосудов тушь – желатиновой смесью)



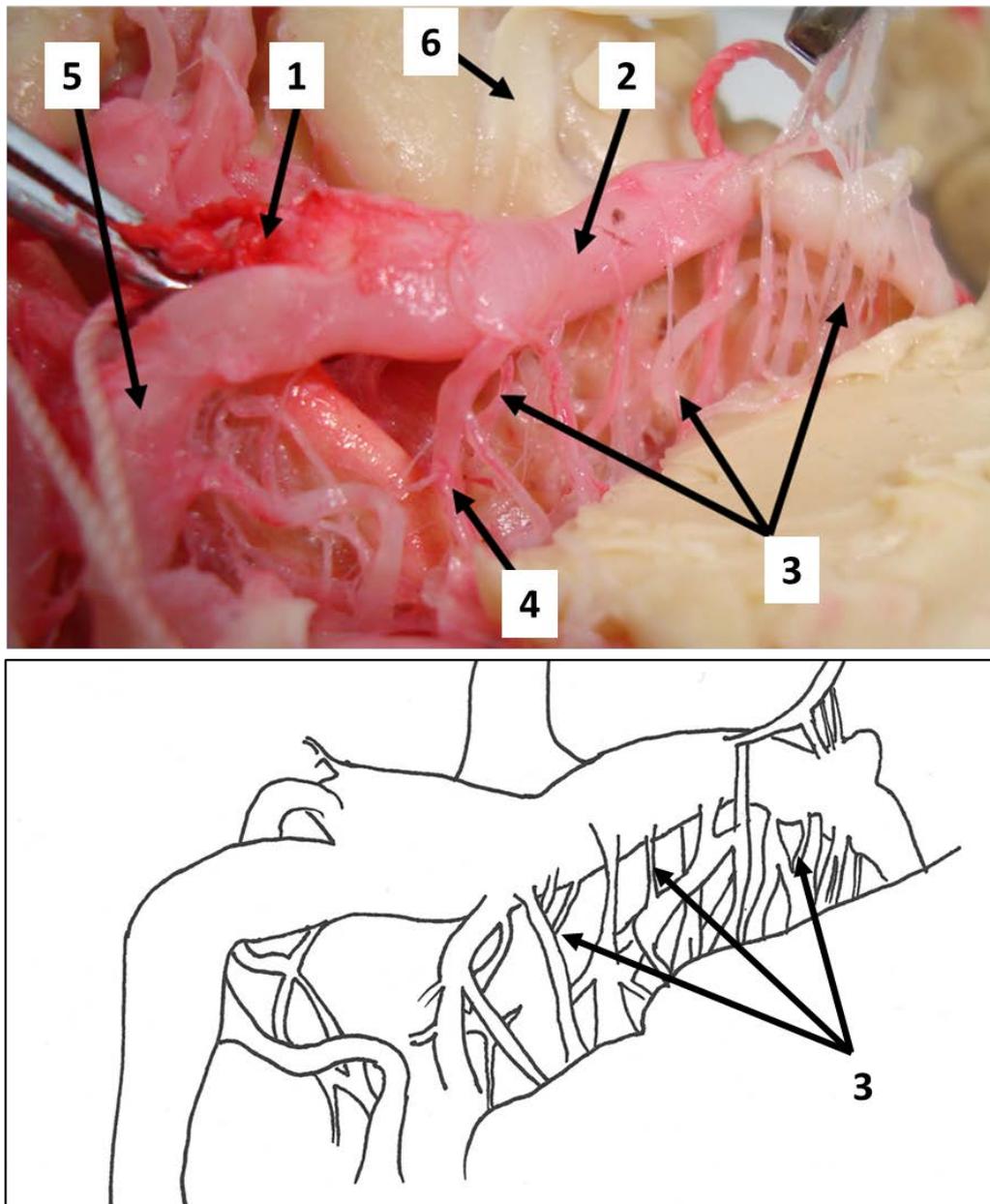
**Рисунок 9 – Многочисленные центральные ветви правой средней мозговой артерии**

1 – внутренняя сонная артерия; 2 – средняя мозговая артерия; 3 – бифуркация средней мозговой артерии; 4 – центральные артерии; 5 – передняя ворсинчатая артерия; 6 – задняя мозговая артерия; 7 – задняя соединительная артерия; 8 – правый зрительный нерв. (Мужчина, 46 лет, инъекционная окраска сосудов тушь – желатиновой смесью)



**Рисунок 10 – Многочисленные центральные ветви правой средней мозговой артерии**

1 – внутренняя сонная артерия; 2 – бифуркация средней мозговой артерии; 3 – обонятельный тракт; 4 – средняя мозговая артерия; 5 – задняя соединительная артерия; 6 – центральные артерии; 7 – передняя ворсинчатая артерия.  
 (Мужчина, 47 лет, нативный препарат головного мозга без заполнения сосудов инъекционной окрашивающей массой)

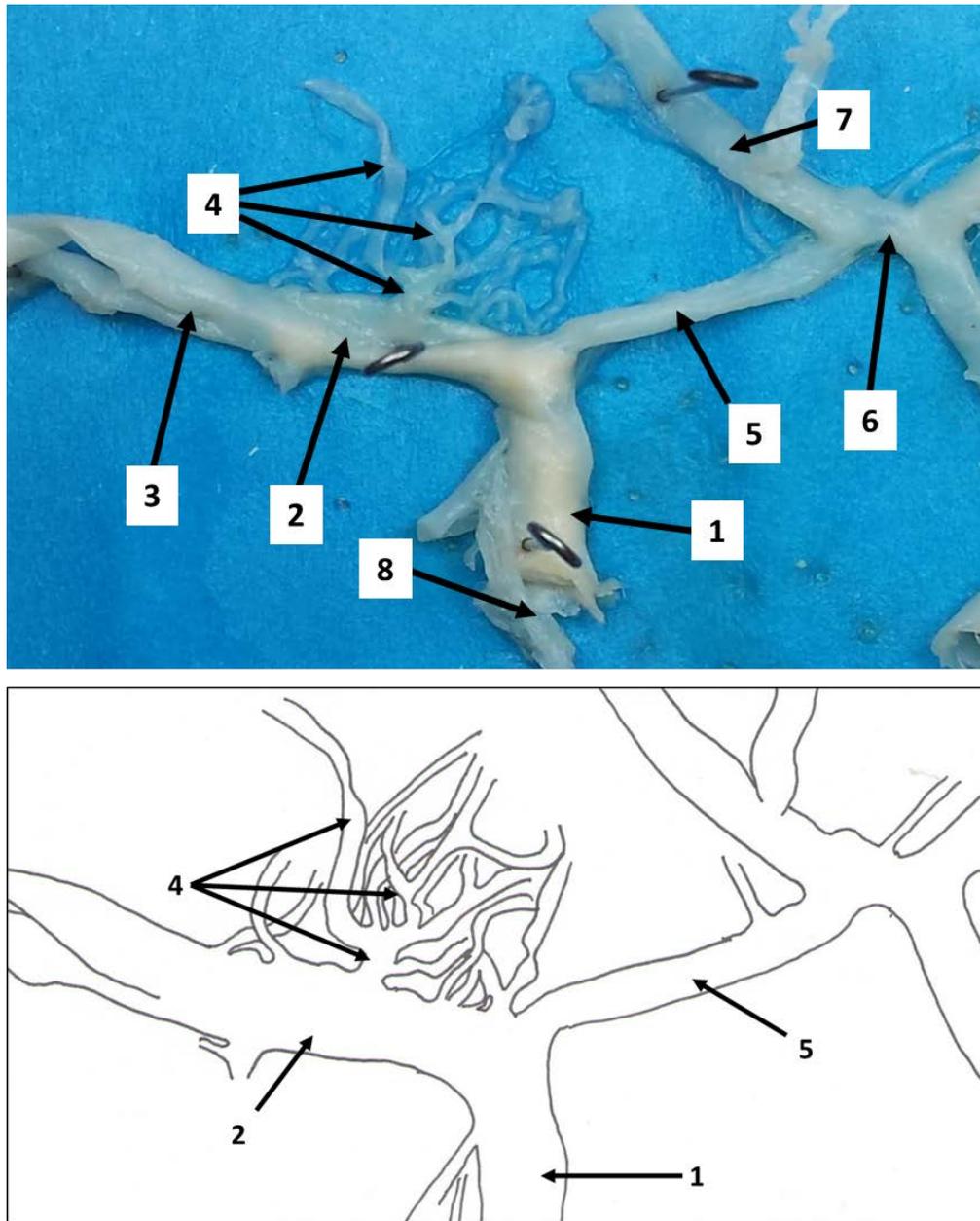


**Рисунок 11 – Многочисленные центральные ветви левой средней мозговой артерии**

1 – внутренняя сонная артерия; 2 – средняя мозговая артерия; 3 – центральные артерии; 4 – передняя ворсинчатая артерия; 5 – задняя соединительная артерия; 6 – обонятельный тракт. (Мужчина, 34 года, инъекционная окраска сосудов тушь – желатиновой смесью)

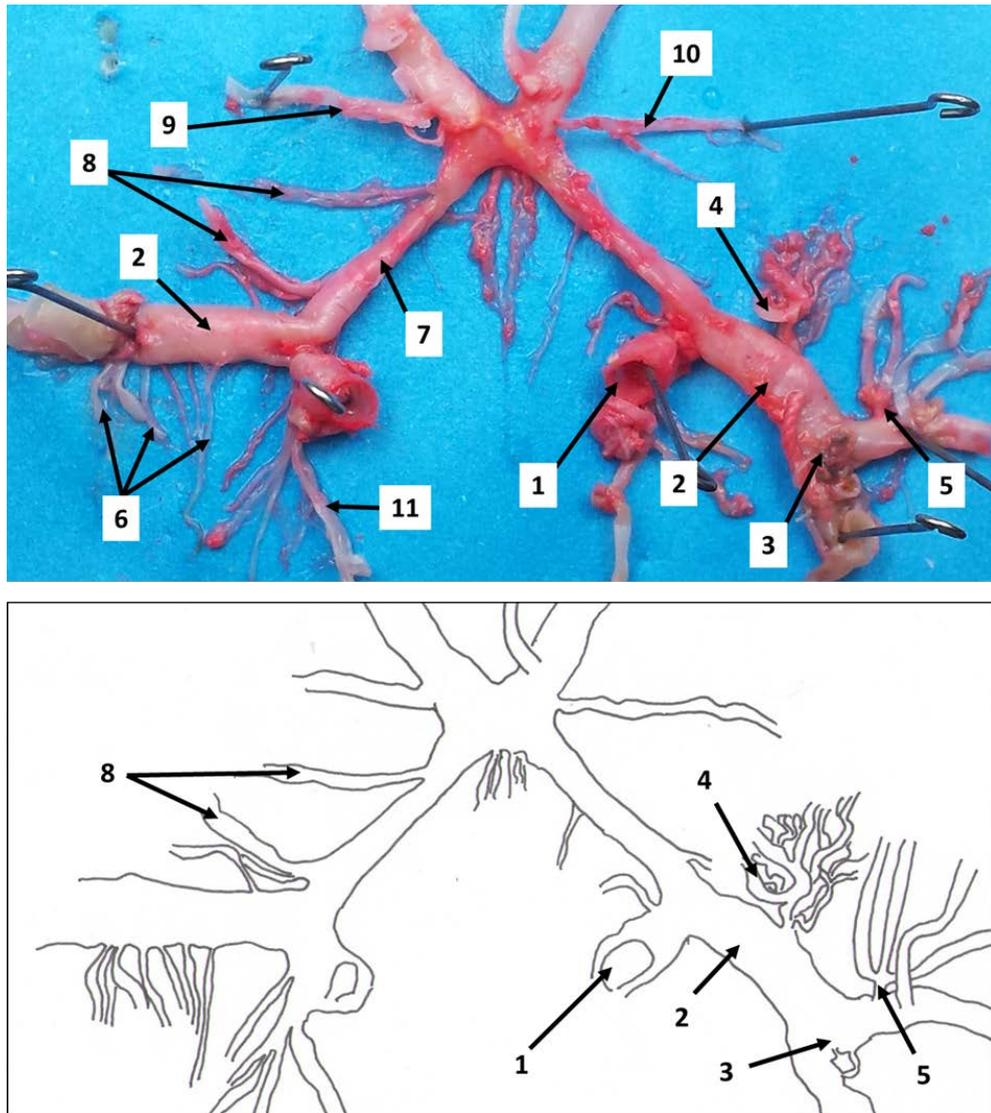
При исследовании были обнаружены также препараты, в которых немозговые отделы переднелатеральных центральных артерий имели варианты своего строения в виде пучка сосудов, который начинается единым стволом и распадается в дальнейшем на несколько мелких, идущих к переднему продырявленному веществу, стволиков. Из всех препаратов

головного мозга мужчин, были выявлены 23,4% препаратов, имеющих тип строения внемозговых отделов переднелатеральных центральных ветвей средней мозговой артерии в виде пучка. При анализе данных препаратов было обнаружено, что переднелатеральные центральные артерии в виде пучка встречаются: справа в 7,8% препаратов, слева в 14,1% препаратов, одновременное расположение (по одному с каждой стороны) в 1,5% препаратов. Слева, в 10,9% препаратов (из 14,1%), переднелатеральные центральные артерии с типом строения в виде пучка были представлены одним сосудом, в остальных 3,2% препаратов – было обнаружено одновременное наличие двух сосудов с разной степенью выраженности своего последующего ветвления. Все обнаруженные препараты были разделены на варианты по частоте встречаемости: часто встречающиеся варианты с отхождением сосудов от основного ствола средней мозговой артерии в пределах ее клиновидного сегмента (частота встречаемости 78,6%) и редко встречающиеся варианты с отхождением от вторичных ветвей клиновидного (M-1) сегмента (рис. 12, 13). В препаратах были обнаружены и редкие варианты отхождения центральных ветвей в виде пучка от ранних корковых ветвей клиновидного сегмента средней мозговой артерии (рис. 14). Во всех этих наблюдениях так же можно было выделить медиальную группу, промежуточную и латеральную группы центральных артерий, причем сосуды в виде пучка в основном относились к промежуточной группе и в меньшей мере - к латеральной (рис. 12, 13). Количество сосудов после деления в среднем составляло шесть артерий (минимум - три артерии, максимум – восемь). Минимальный и максимальный диаметр участков центральных сосудов до их деления в виде пучка составил 0,9 мм и 1,8 мм соответственно.



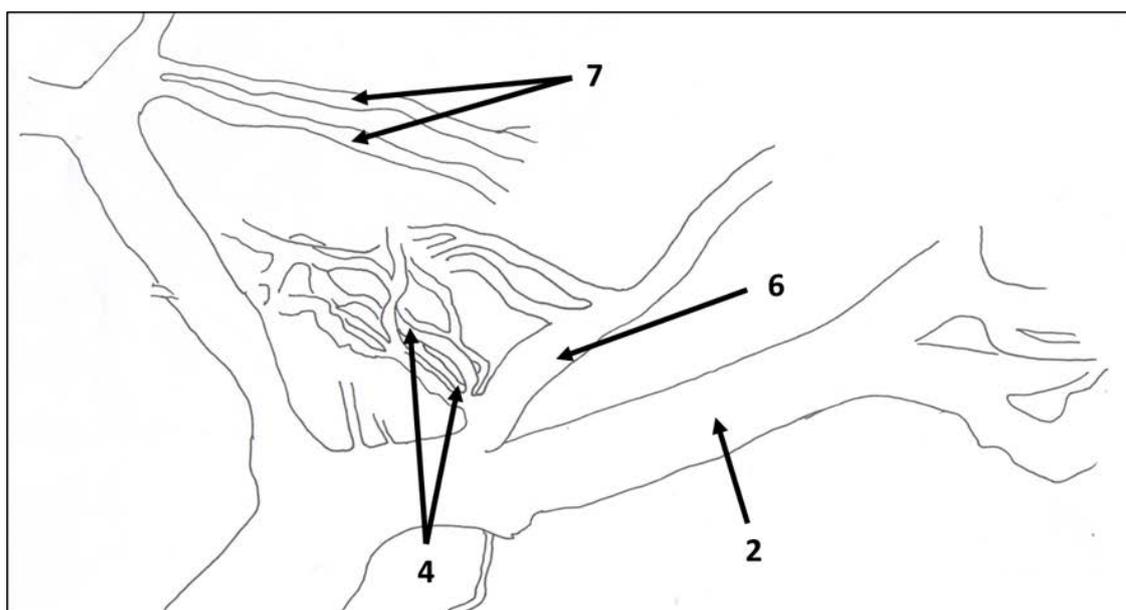
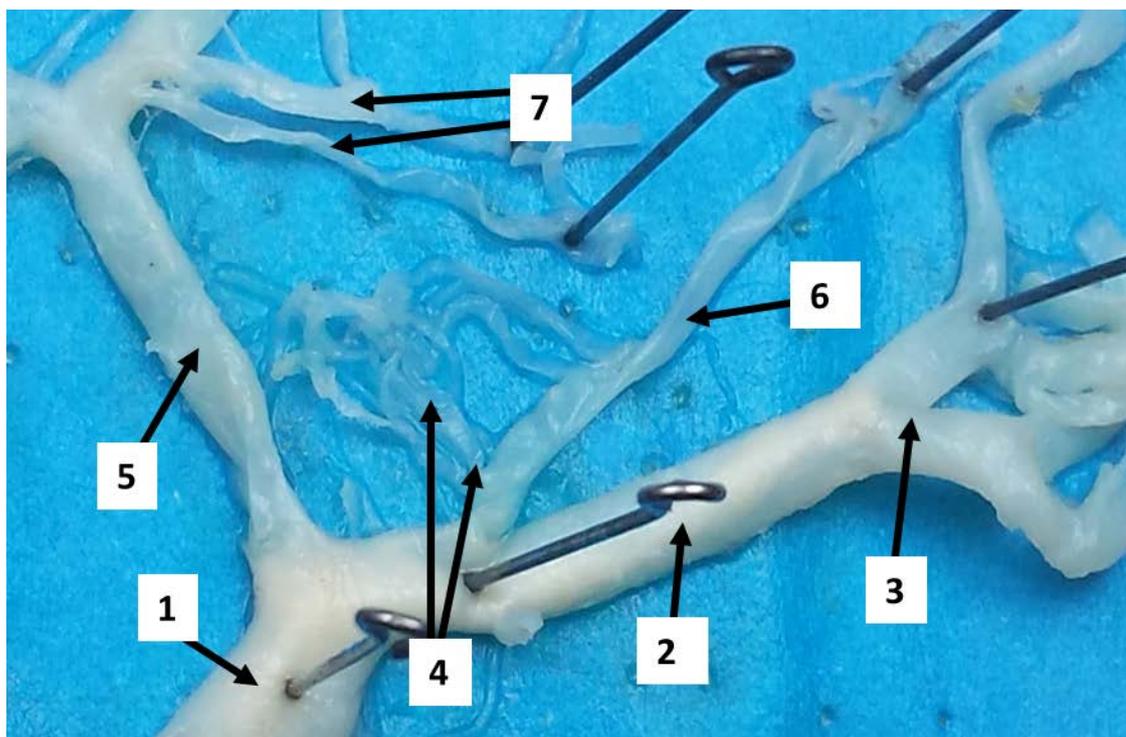
**Рисунок 12 – Отхождение от основного ствола средней мозговой артерии центральных ветвей по типу пучка сосудов**

1 – внутренняя сонная артерия; 2 – средняя мозговая артерия; 3 – бифуркация средней мозговой артерии; 4 – переднелатеральная центральная артерия пучкового типа; 5 – предкоммуникативный сегмент передней мозговой артерии; 6 – передняя соединительная артерия; 7 – посткоммуникативный сегмент передней мозговой артерии; 8 – задняя соединительная артерия.  
(Мужчина, 59 лет, нативный препарат головного мозга без заполнения сосудов инъекционной окрашивающей массой)



**Рисунок 13 – Отхождение переднелатеральных центральных артерий по типу пучка сосудов, от вторичных ветвей клиновидного (М-1) сегмента средней мозговой артерии**

1 – внутренняя сонная артерия; 2 – средняя мозговая артерия; 3 – бифуркация средней мозговой артерии; 4 – переднелатеральная центральная артерия пучкового типа (от основного ствола средней мозговой артерии); 5 – переднелатеральная центральная артерия пучкового типа (от вторичных ветвей средней мозговой артерии); 6 – переднелатеральные центральные артерии (рассыпной тип строения); 7 – предкоммуникативный сегмент передней мозговой артерии; 8 – переднемедиальные центральные артерии; 9 – правая длинная центральная артерия (артерия Хойбнера); 10 – левая длинная центральная артерия (артерия Хойбнера); 11 – задняя соединительная артерия. (Мужчина, 23 лет, инъекционная окраска сосудов тушь – желатиновой смесью)



**Рисунок 14 – Отхождение центральных ветвей по типу пучка сосудов от ранних корковых ветвей средней мозговой артерии**

1 – внутренняя сонная артерия; 2 – средняя мозговая артерия; 3 – бифуркация средней мозговой артерии; 4 – переднелатеральная центральная артерия пучкового типа; 5 – предкоммуникативный сегмент передней мозговой артерии; 6 – ранняя корковая ветвь средней мозговой артерии; 7 – удвоение артерии Хойбнера слева. (Мужчина, 59 лет, нативный препарат головного мозга без заполнения сосудов инъекционной окрашивающей массой)

После деления и формирования центральных артерий в виде пучка, минимальный и максимальный диаметр этих участков сосудов составил 0,3 мм и 0,7 мм соответственно. Средний диаметр отходящих от средней мозговой артерии центральных ветвей до деления в этих наблюдениях был равен  $1,4 \pm 0,29$  мм, после деления –  $0,5 \pm 0,14$  мм. Минимальная и максимальная площадь центральных ветвей до деления составила  $0,6$  мм<sup>2</sup> и  $2,6$  мм<sup>2</sup> соответственно, после деления –  $0,1$  мм<sup>2</sup> и  $0,4$  мм<sup>2</sup> соответственно. Средняя площадь центральных артерий с ветвлением в виде пучка составила  $1,6 \pm 0,36$  мм<sup>2</sup> до деления и  $0,2 \pm 0,10$  мм<sup>2</sup> после деления на многочисленные сосуды. Следует отметить, что суммарная площадь сосудов после деления, как правило, превосходила площадь сосуда до деления в пределах от 23% до 30%.

Таким образом, в препаратах у мужчин, все средние показатели числа, диаметра и площади переднелатеральных центральных артерий не зависят от стороны полушария головного мозга при имеющемся значительном коэффициенте вариабельности у данной выборки. Была выявлена обратная зависимость средней силы между числом сосудов и их средним диаметром: при увеличении количества центральных артерий – их средний диаметр уменьшается.

### **3.1.2 Анатомическая изменчивость внемозговых отделов центральных артерий, идущих к переднему продырявленному веществу от передней мозговой артерии**

Варианты ветвления вне мозговых отделов центральных сосудов, берущих свое начало от передней мозговой артерии представлены, в основном, наблюдениями с тремя сосудами в среднем. Для переднемедиальных центральных артерий были определены средние значения количества, диаметра и площади артерий справа и слева. Наблюдения, в которых отсутствуют переднемедиальные центральные артерии, идущие к переднему продырявленному веществу справа, в таблице не учитывались (табл. 8). Отсутствие переднемедиальных центральных артерий, отходящих от А-1

сегмента передней мозговой артерии, было выявлено в 9,4% наблюдений справа.

Следует отметить, что в препаратах тип строения у переднемедиальных центральных артерий был всегда один: тонкие одиночные сосуды без ветвления по ходу своих вне мозговых отделов.

В 21,9% наблюдений справа минимальное количество центральных артерий было представлено одним сосудом. Минимальный и максимальный диаметр центральной артерии в данных наблюдениях составил 0,3 мм и 0,7 мм соответственно. Средний диаметр центральных (переднемедиальных) артерий в наблюдениях был равен  $0,4 \pm 0,09$  мм. Минимальная и максимальная площадь центральных артерий в наблюдениях составила 0,07 мм<sup>2</sup> и 0,4 мм<sup>2</sup> соответственно. Средняя площадь артерий в этих наблюдениях составила  $0,2 \pm 0,10$  мм<sup>2</sup>.

Максимальное количество переднемедиальных центральных артерий справа было представлено десятью сосудами (в 3,1% наблюдений). Минимальный и максимальный диаметр центральных артерий в этих наблюдениях составил 0,1 мм и 0,5 мм соответственно. Диаметр переднемедиальных центральных артерий в среднем составил  $0,3 \pm 0,19$  мм. Минимальная и максимальная площадь артерий составила 0,01 мм<sup>2</sup> и 0,2 мм<sup>2</sup> соответственно. Средняя площадь переднемедиальных центральных артерий в наблюдениях составила  $0,1 \pm 0,08$  мм<sup>2</sup>.

Слева переднемедиальные центральные артерии определялись во всех исследованных препаратах. Минимальное количество переднемедиальных центральных артерий в препаратах слева было представлено одним сосудом. Такой вариант встречался в 37,5% случаев. Минимальный и максимальный диаметр центральных артерий в данных наблюдениях составил 0,1 мм и 0,6 мм соответственно. Диаметр переднемедиальных центральных артерий в среднем составил  $0,4 \pm 0,13$  мм. Минимальная и максимальная площадь артерий составила 0,01 мм<sup>2</sup> и 0,3 мм<sup>2</sup> соответственно. Средняя площадь

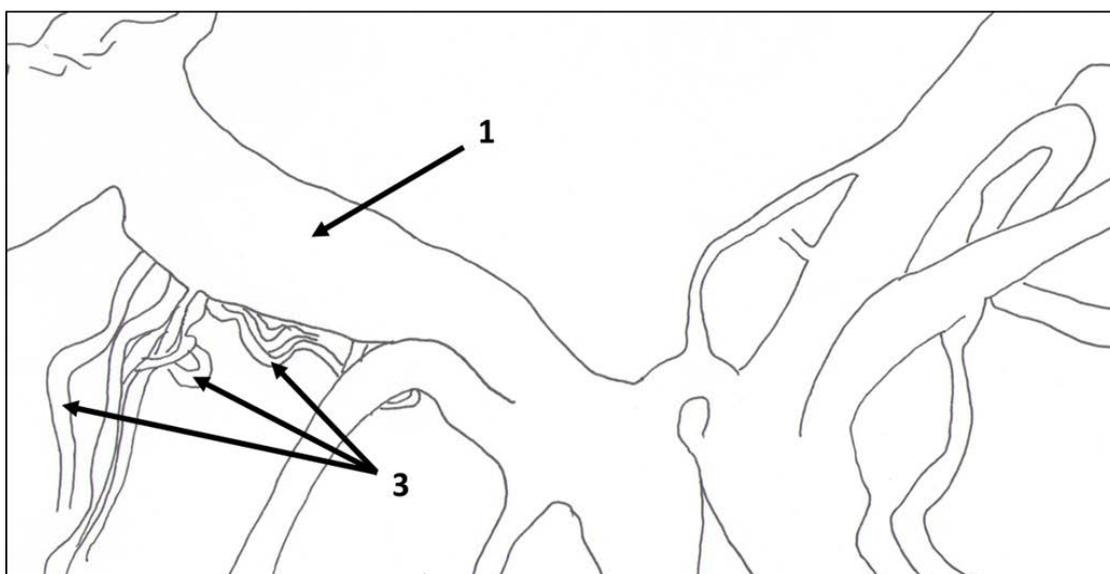
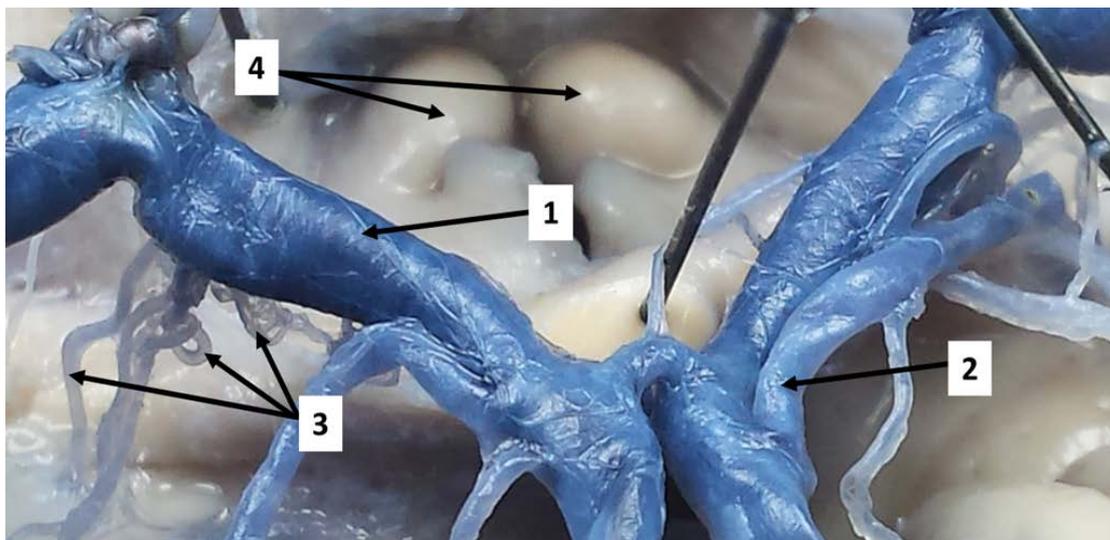
переднемедиальных центральных артерий в наблюдениях составила  $0,2 \pm 0,09$  мм<sup>2</sup>.

Максимальное количество переднемедиальных центральных артерий слева было представлено семью сосудами. Такой вариант встречался в 3,1% наблюдений. Минимальный и максимальный диаметр центральных артерий в этих наблюдениях составил 0,2 мм и 0,4 мм соответственно. Диаметр переднемедиальных центральных артерий в среднем составил  $0,3 \pm 0,1$  мм. Минимальная и максимальная площадь артерий составила 0,03 мм<sup>2</sup> и 0,13 мм<sup>2</sup> соответственно. Средняя площадь переднемедиальных центральных артерий в наблюдениях составила  $0,1 \pm 0,03$  мм<sup>2</sup>.

Так же были выявлены крайние варианты анатомической нормы, представленные наблюдениями с отсутствием и минимальным количеством переднемедиальных центральных ветвей, с максимальным количеством переднемедиальных центральных ветвей (рис. 15, 16). Были найдены и варианты с различным типом строения длинных центральных артерий (их отсутствие, удвоение).

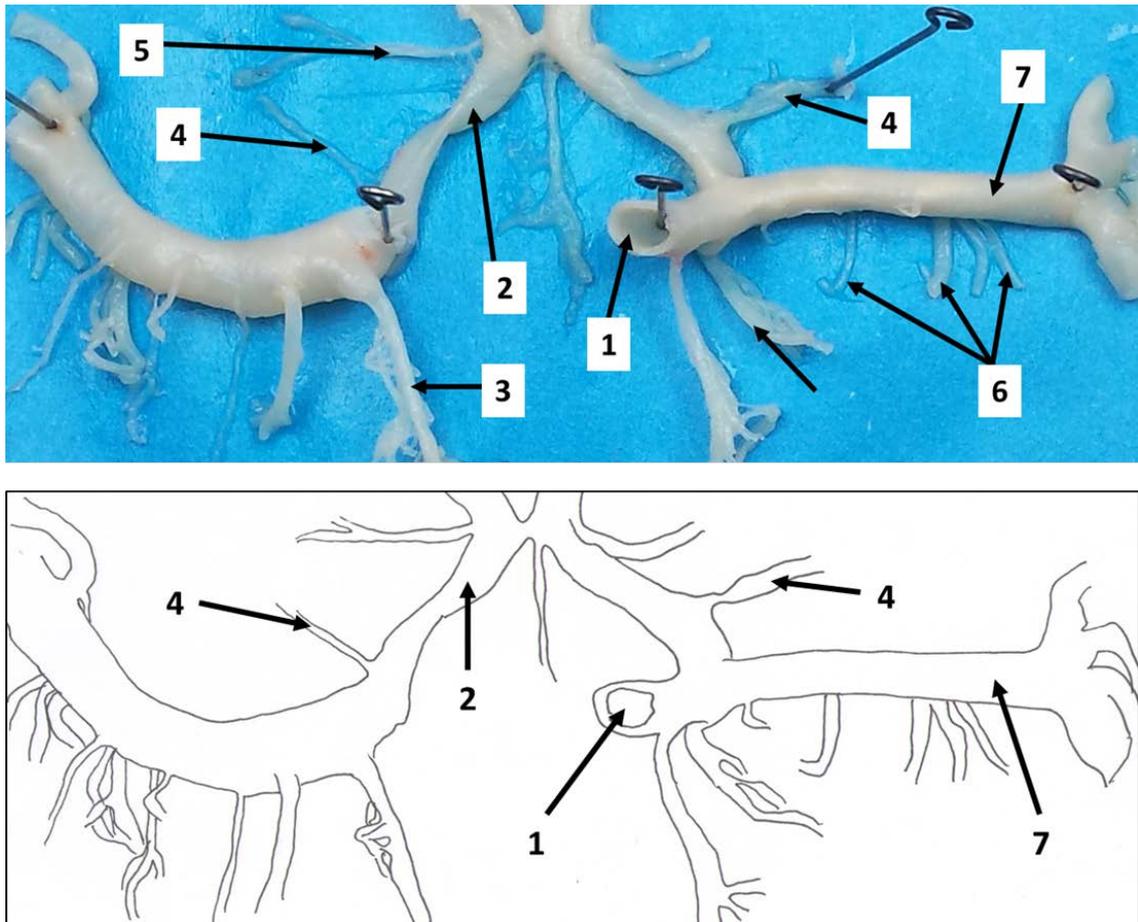
**Таблица 8 – Средние значения количества, диаметра и площади переднемедиальных центральных артерий, идущих к переднему продырявленному веществу от передней мозговой артерии, справа (мужчины, n = 58) и слева (мужчины, n = 64)**

Определяемые показатели		Переднемедиальные центральные артерии	
		Справа	Слева
Количество артерий (шт)	Медиана (25 и 75 процентиля) Me(LQ;UQ)	3(2;5)	3(1;4)
	Минимум и максимум (Min - Max).	1 - 10	1 - 7
Диаметр артерий (мм)	Медиана (25 и 75 процентиля) Me(LQ;UQ)	0,4(0,3;0,5)	0,4(0,25;0,5)
	Минимум и максимум (Min - Max).	0,1 – 0,7	0,1 – 0,7
Площадь артерий (мм <sup>2</sup> )	Медиана (25 и 75 процентиля) Me(LQ;UQ)	0,115(0,1;0,2)	0,13(0,075;0,2)
	Минимум и максимум (Min - Max).	0,01 – 0,4	0,01 – 0,4



**Рисунок 15 – Множественные переднемедиальные центральные артерии, отходящие от предкоммуникативного сегмента передней мозговой артерии (фотографирование выполнено в обратной укладке – со стороны передней соединительной артерии)**

1 – предкоммуникативный сегмент левой передней мозговой артерии; 2 – правая длинная центральная артерия (артерия Хойбнера); 3 – множественные переднемедиальные центральные ветви; 4 – сосцевидные тела. (Мужчина, 58 лет, инъекционная окраска сосудов тушь – желатиновой смесью)



**Рисунок 16 – Единичные переднемедиальные центральные артерии, отходящие от предкоммуникативного сегмента передней мозговой артерии**  
 1 – внутренняя сонная артерия; 2 – предкоммуникативный сегмент правой передней мозговой артерии; 3 – задняя соединительная артерия; 4 – единичные переднемедиальные центральные ветви справа и слева; 5 – правая длинная центральная артерия (артерия Хойбнера); 6 – левые переднелатеральные центральные ветви; 7 – левая средняя мозговая артерия. (Мужчина, 44 лет, нативный препарат головного мозга без заполнения сосудов инъекционной окрашивающей массой)

Анатомическая изменчивость длинных центральных артерий (возвратные артерии, артерии Хойбнера) в основном выразилась местом их отхождения, и в значительно меньшей степени в количестве, ветвлении, диаметре (табл. 9, 10). По данным исследования, этот сосуд присутствует в подавляющем большинстве препаратов. Найденные в препаратах редкие варианты анатомии длинных центральных артерий были представлены наблюдениями с их

отсутствием, удвоением и ветвлением. В имеющихся образцах головного мозга мужчин, все эти варианты анатомии были обнаружены слева.

**Таблица 9 – Частота отхождения длинных центральных артерий от различных сегментов передней мозговой артерии у мужчин, с учетом билатеральной симметрии (мужчины, n = 64)**

Уровень отхождения длинных центральных артерий от передней мозговой артерии	Частота встречаемости длинных центральных артерий (в процентах)	
	Справа	Слева
Посткоммуникативный (А-2) сегмент	53	62,5
уровень передней соединительной артерии (ПСА)	28	23,5
Предкоммуникативный (А-1) сегмент	19	12,5
Отсутствие длинных центральных артерий	0	1,5

Чаще всего местом возникновения возвратной артерии являлся посткоммуникативный (А-2) сегмент передней мозговой артерии на участке от 1 мм до 9 мм дистальнее передней коммуникативной: такой вариант встречался в 57,7% наблюдений (с учетом стороны: 53% справа и 62,5% слева). В значительно меньшем числе наблюдений место возникновения возвратной артерии соответствовало границе предкоммуникативного (А-1) и посткоммуникативного (А-2) сегментов передней мозговой артерии, то есть уровню передней соединительной: такой вариант встречался в 25,8% случаев (с учетом стороны: 28% справа и 23,5% слева).

**Таблица 10 – Показатели диаметра длинных центральных артерий, в зависимости от уровня своего отхождения от передней мозговой артерии у мужчин, с учетом билатеральной симметрии (мужчины, n = 64)**

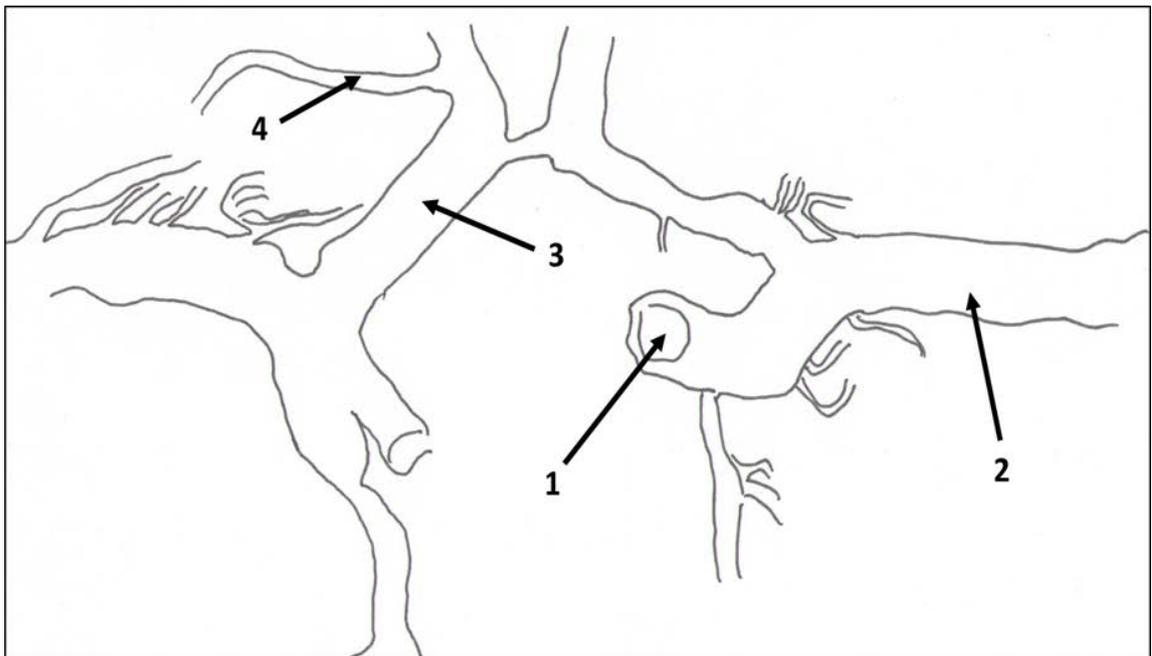
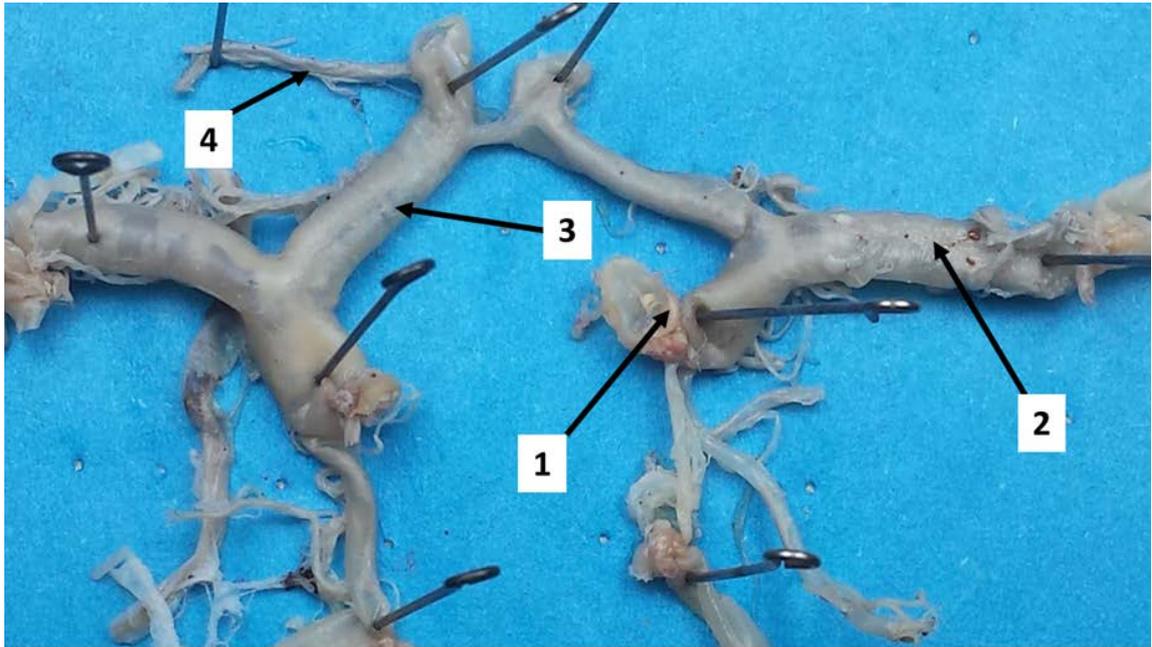
Уровень отхождения длинных центральных артерий от передней мозговой артерии	диаметр длинных центральных артерий (в миллиметрах)	
	Справа Медиана (25 и 75 процентиля) Me(LQ;UQ)	Слева Медиана (25 и 75 процентиля) Me(LQ;UQ)
Посткоммуникативный (А-2) сегмент	0,9(0,8;1,2)	0,9(0,75;1,3)
Уровень передней соединительной артерии (ПСА)	0,85(0,75;1,1)	0,8(0,8;1)
Предкоммуникативный (А-1) сегмент	0,8(0,7;1)	0,8(0,7;1)

Еще реже возвратная артерия являлась ветвью предкоммуникативного (А-1) сегмента передней мозговой артерии: такой вариант встречался в 15,8% наблюдений (с учетом стороны: 19% справа и 12,5% слева). Отсутствие длинных центральных артерий было отмечено в 1,5% наблюдений (без учета стороны: 0,7%) (рис 17). Во всех случаях отсутствовала левая артерия, при этом справа, в данных препаратах, возвратные артерии присутствовали всегда и представляли собой одиночную артерию со средним диаметром 1,0 мм и площадью 0,8 мм<sup>2</sup>. Удвоение длинных центральных артерий было отмечено в 1% наблюдений слева. Длинные центральные артерии в этих случаях отходили от посткоммуникативного (А-2) сегмента левой передней мозговой артерии и представляли собой два лежащих рядом друг с другом одиночных сосуда, диаметром 0,76 мм и 0,8 мм и средней площадью 0,5 мм<sup>2</sup> (рис. 14, 18). Справа

возвратные артерии в данных препаратах присутствовали, и представляли собой одиночные артерии со средним диаметром 1,1 мм и площадью 0,9 мм<sup>2</sup>.

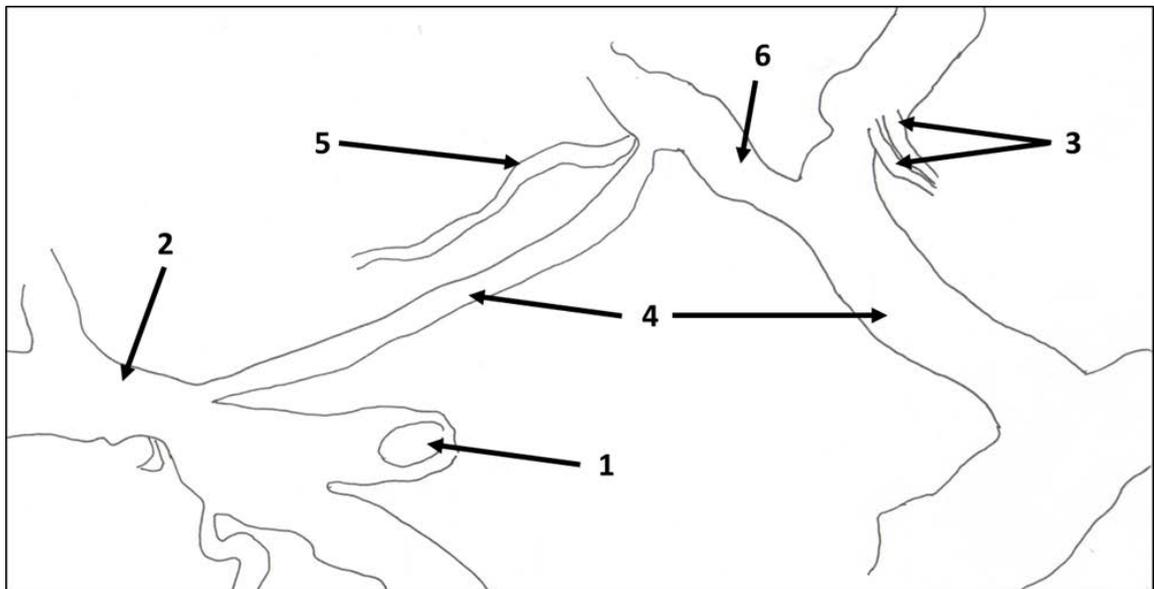
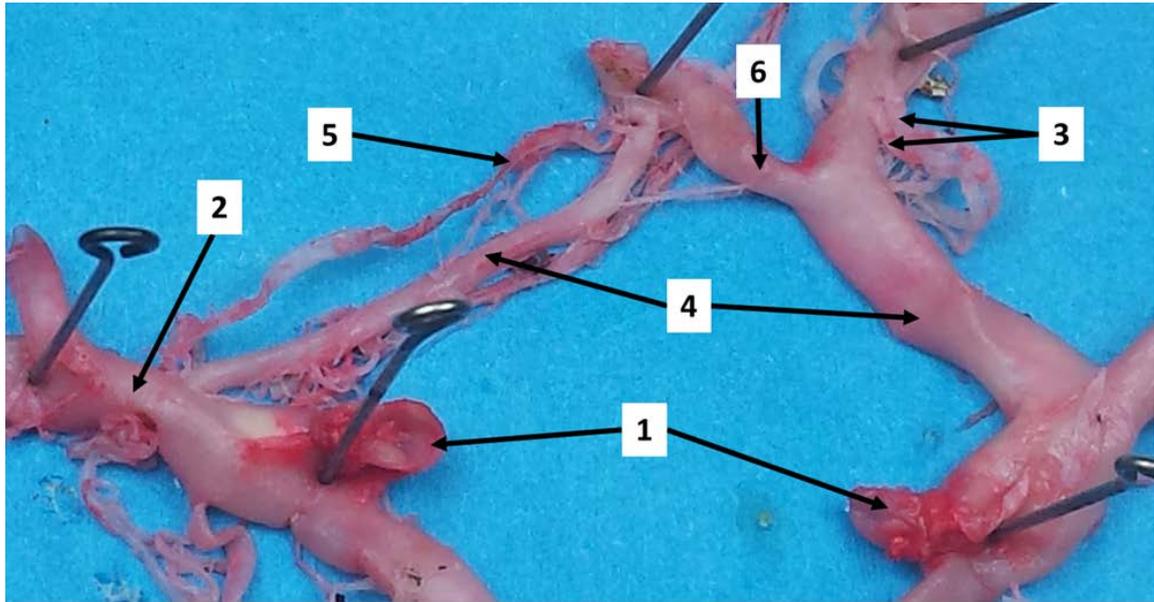
В одном препарате наблюдалась трифуркация длинной центральной артерии слева (рис. 19). Данная возвратная артерия отходила от передней мозговой на уровне передней коммуникативной артерии в средней трети своей длины, отдавая одну корковую ветвь, идущую рострально к лобной доле мозга, и две ветви к переднему продырявленному веществу с местом вхождения в передний и латеральный его квадрант. Диаметр артерии Хойбнера до трифуркации составил 0,9 мм, площадь 0,6 мм<sup>2</sup>. После трифуркации диаметр артерий в среднем составил 0,7 мм, площадь 0,4 мм<sup>2</sup>.

Выявлена статистическая недостоверность ( $p > 0,05$ ) показателей среднего диаметра справа и слева, а также при сравнении данных значений между собой на разных уровнях отхождения длинных центральных артерий от передней мозговой артерии. При этом отмечается тенденция к увеличению среднего диаметра длинных центральных артерий от предкоммуникативного (А-1) сегмента передней мозговой артерии к посткоммуникативному (А-2) сегменту, справа и слева на 6% (табл. 10).



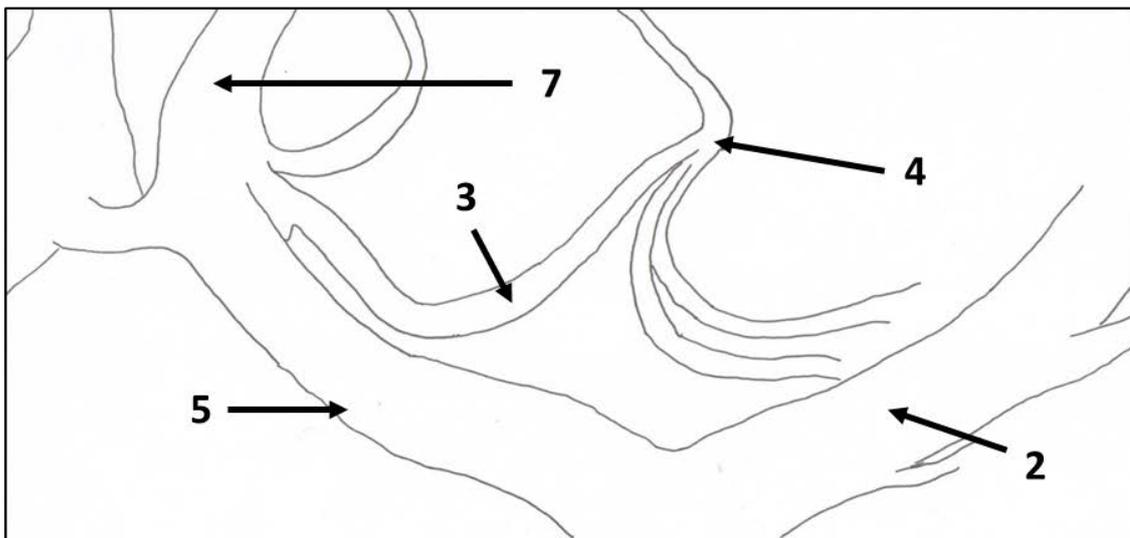
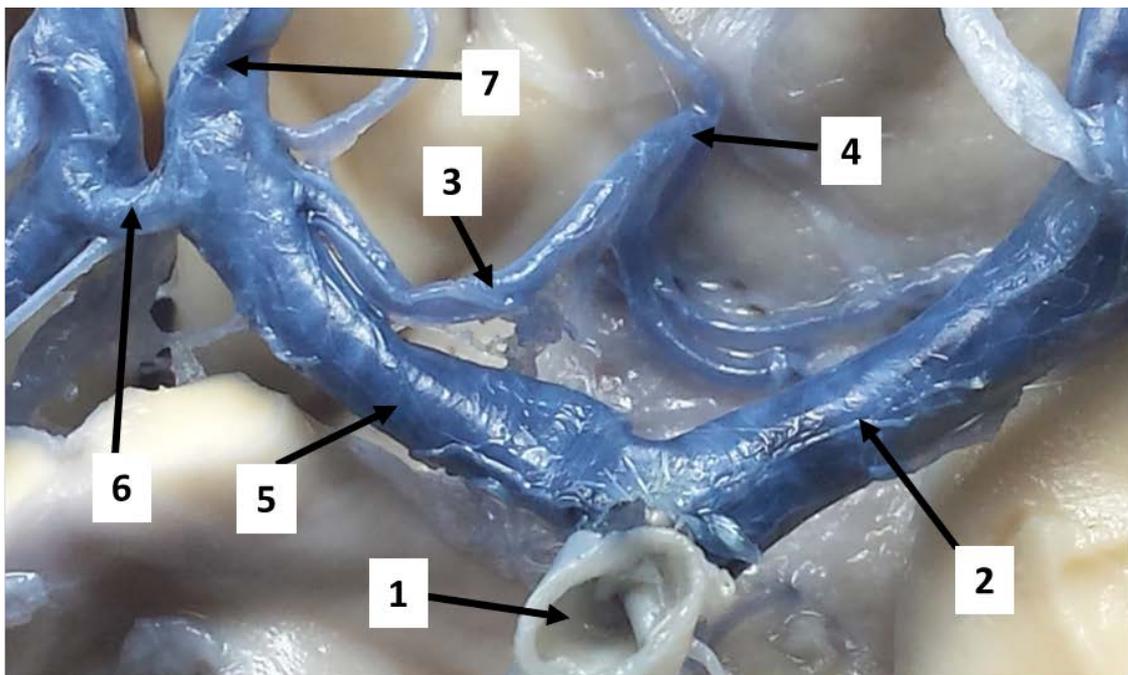
**Рисунок 17 – Отсутствие длинной центральной артерии слева**

1 – внутренняя сонная артерия; 2 – средняя мозговая артерия; 3 – предкоммуникативный сегмент передней мозговой артерии; 4 – правая длинная центральная артерия (артерия Хойбнера). (Мужчина, 56 лет, нативный препарат головного мозга без заполнения сосудов инъекционной окрашивающей массой)



**Рисунок 18 – Удвоение длинной центральной артерии слева**

1 – внутренняя сонная артерия; 2 – средняя мозговая артерия; 3 – удвоение левой длинной центральной артерии (артерия Хойбнера); 4 – предкоммуникативный сегмент передней мозговой артерии; 5 – правая длинная центральная артерия (артерия Хойбнера); 6 – передняя соединительная артерия. (Мужчина, 60 лет, инъекционная окраска сосудов тушь – желатиновой смесью)



**Рисунок 19 – Трифуркация длинной центральной артерии слева**

1 – внутренняя сонная артерия; 2 – средняя мозговая артерия; 3 – левая длинная центральная артерия (артерия Хойбнера); 4 – трифуркация левой длинной центральной артерии; 5 – предкоммуникативный сегмент передней мозговой артерии; 6 – передняя соединительная артерия; 7 – посткоммуникативный сегмент передней мозговой артерии. (Мужчина, 58 лет, инъекционная окраска сосудов тушь – желатиновой смесью)

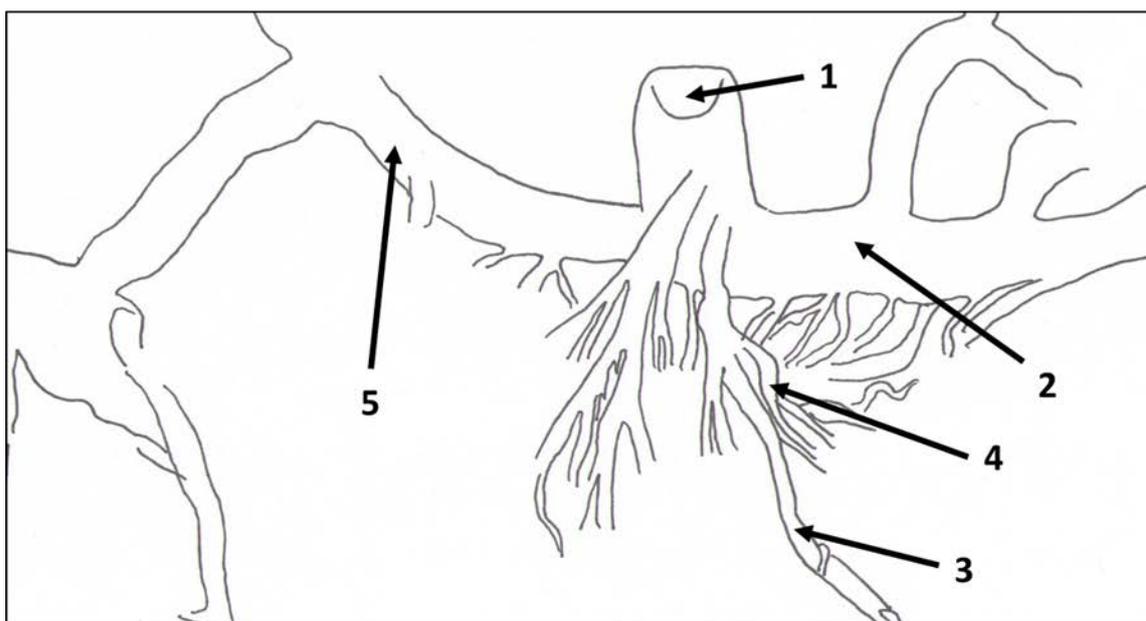
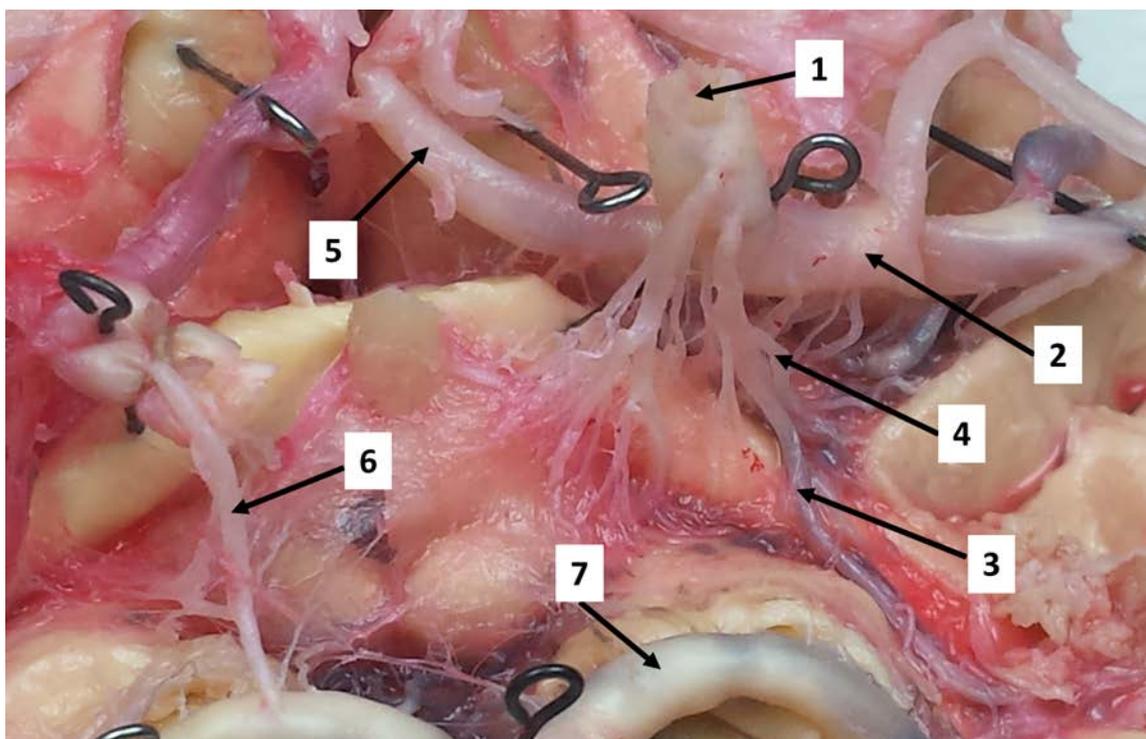
Центральные ветви, идущие от передней соединительной артерии к переднему продырявленному веществу, регистрировались в единичных наблюдениях. Несмотря на тот факт, что от передней соединительной артерии отходят от одной до десяти диэнцефальных центральных ветвей, всего в трех

наблюдениях было обнаружено отхождение ветвей к переднему продырявленному веществу. Проникновение в переднее продырявленное вещество данных ветвей происходило непосредственно в области его медиальной границы. В двух наблюдениях артерии направлялись к левому переднему продырявленному веществу, в одном наблюдении – к правому. Данные артерии имели вид тонких длинных прямых ветвей. Диаметр их составил в среднем 0,13 мм, средняя площадь 0,01 мм<sup>2</sup>.

Таким образом, в препаратах у мужчин, все средние показатели числа, диаметра и площади переднемедиальных центральных артерий не зависят от стороны полушария головного мозга при имеющемся значительном коэффициенте вариабельности у данной выборки.

### **3.1.3 Анатомическая изменчивость, ветвей передней ворсинчатой артерии, идущих к переднему продырявленному веществу**

В 100% наблюдений слева, от передней ворсинчатой артерии к переднему продырявленному веществу, было выявлено отхождение от одной до трех артерий. В 86% наблюдений справа, от передней ворсинчатой артерии к переднему продырявленному веществу, так же было выявлено отхождение от одной до трех артерий. В 14% наблюдений справа, ветви передней ворсинчатой артерии, идущие к переднему продырявленному веществу, отсутствовали. Все артериальные ветви проникали в переднее продырявленное вещество в основном у задней и внутренней его границы (рис. 20). Диаметр данных артерий в наблюдениях, как справа, так и слева колебался от 0,1 до 0,7 мм, площадь от 0,01 мм<sup>2</sup> до 0,4 мм<sup>2</sup>. Средние значения количества, диаметра и площади ветвей передней ворсинчатой артерии к переднему продырявленному веществу справа и слева представлены в виде таблицы. Наблюдения, в которых отсутствуют ветви передней ворсинчатой артерии к переднему продырявленному веществу справа, в таблице не учитывались (табл. 11).



**Рисунок 20 – Ветви передней ворсинчатой артерии к переднему продырявленному веществу**

1 – внутренняя сонная артерия; 2 – средняя мозговая артерия; 3 – передняя ворсинчатая артерия; 4 – ветви передней ворсинчатой артерии, идущие к переднему продырявленному веществу; 5 – предкоммуникативный сегмент передней мозговой артерии; 6 – задняя соединительная артерия; 7 – задняя мозговая артерия (левая). (Мужчина, 49 лет, инъекционная окраска сосудов разведенной желатин – акриловой краской)

**Таблица 11 – Средние значения количества, диаметра и площади ветвей, идущих к переднему продырявленному веществу от передней ворсинчатой артерии справа (мужчины, n = 55) и слева (мужчины, n = 64)**

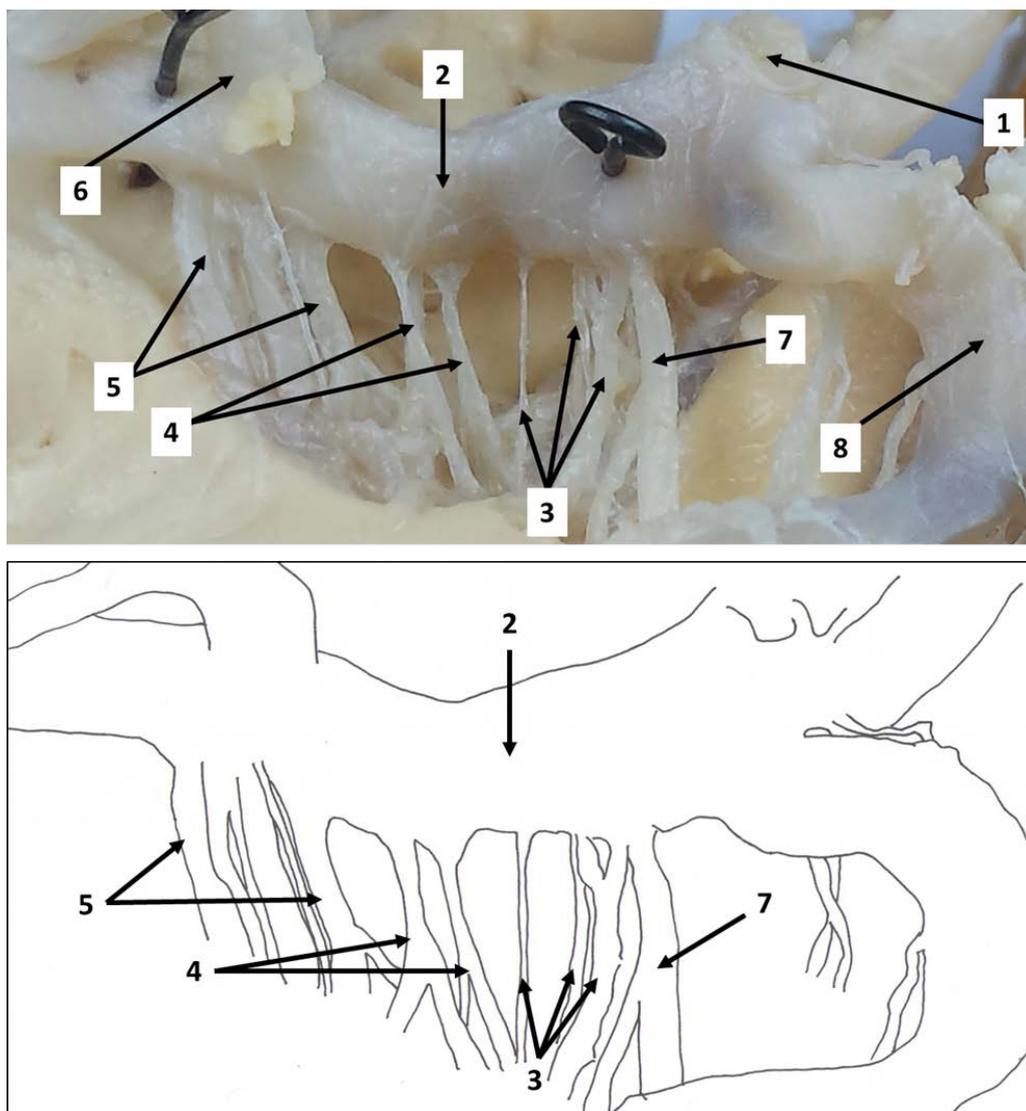
Определяемые показатели		Ветви передней ворсинчатой артерии	
		Справа	Слева
Количество артерий (шт)	Медиана (25 и 75 процентиля) Me(LQ;UQ)	2(1;3)	2(1;2)
	Минимум и максимум (Min - Max).	1 - 3	1 - 3
Диаметр артерий (мм)	Медиана (25 и 75 процентиля) Me(LQ;UQ)	0,3(0,2;0,4)	0,3(0,2;0,4)
	Минимум и максимум (Min - Max).	0,1 – 0,7	0,1 – 0,7
Площадь артерий (мм <sup>2</sup> )	Медиана (25 и 75 процентиля) Me(LQ;UQ)	0,1(0,03;0,15)	0,1(0,05;0,14)
	Минимум и максимум (Min - Max).	0,01 – 0,4	0,01 – 0,4

Таким образом, в препаратах у мужчин, все средние показатели числа, диаметра и площади ветвей передней ворсинчатой артерии к переднему продырявленному веществу не зависят от стороны полушария головного мозга при имеющемся значительном коэффициенте вариабельности у данной выборки.

### **3.2 Анатомическая изменчивость внемозговых отделов центральных артерий, идущих к переднему продырявленному веществу у женщин**

#### **3.2.1 Анатомическая изменчивость внемозговых отделов центральных артерий, идущих к переднему продырявленному веществу от средней мозговой артерии**

При исследовании центральных артерий, проходящих через переднее продырявленное вещество у женщин в возрасте от 21 лет до 55 лет, были получены следующие результаты. Было исследовано 52 препарата головного мозга, изъятого во время аутопсии у женщин, причина смерти которых не была связана с сосудистой церебральной патологией. По нашим наблюдениям, средняя мозговая артерия, у женщин, как и у мужчин, так же является основным источником артерий, идущих к переднему продырявленному веществу. Переднелатеральные центральные ветви средней мозговой артерии присутствовали во всех исследованных препаратах, как справа, так и слева. В препаратах были выделены группы переднелатеральных центральных ветвей средней мозговой артерии: медиальная, промежуточная и латеральная (рис. 21). Выявлено, что медиальная группа переднелатеральных центральных ветвей встречается в 75% справа и 79% слева, промежуточная группа переднелатеральных центральных ветвей встречается в 90,4% случаев справа и 80,8% случаев слева, латеральная группа переднелатеральных центральных ветвей была обнаружена справа и слева в 100% случаев.



**Рисунок 21 – Деление на группы центральных ветвей средней мозговой артерии**

1 – внутренняя сонная артерия; 2 – средняя мозговая артерия; 3 – медиальная группа центральных артерий; 4 – промежуточная группа центральных артерий; 5 – латеральная группа центральных артерий; 6 – бифуркация средней мозговой артерии; 7 – передняя ворсинчатая артерия; 8 – задняя соединительная артерия (гиперплазия). (Женщина, 48 лет, нативный препарат головного мозга без заполнения сосудов инъекционной окрашивающей массой)

Количество переднелатеральных центральных артерий медиальной группы составило справа от 0 до четырех сосудов, слева так же от 0 до четырех сосудов. Количество переднелатеральных центральных артерий промежуточной группы составило справа от 0 до четырех сосудов, слева от 0 до трех сосудов. Количество сосудов латеральной группы составило как справа,

так и слева от одной до шести артерий. В медиальной группе медиана количества центральных ветвей средней мозговой артерии справа и слева была равнозначна. В двух оставшихся группах, медиана количества центральных ветвей средней мозговой артерии, превалировала справа. Во всех случаях, при сравнении полученных результатов справа и слева, данные не являлись достоверными ( $p > 0,05$ ) (табл. 12).

**Таблица 12 – Количественная характеристика центральных ветвей средней мозговой артерии по группам (женщины, n = 52)**

<b>Группы центральных ветвей средней мозговой артерии</b>	<b>Справа (шт.) Me(LQ;UQ)</b>	<b>Слева (шт.) Me(LQ;UQ)</b>	<b>U – коэфф.</b>	<b>p - уровень</b>
медиальная	2(0,5;2)	2(1;3)	1187,50	$p > 0,05$
промежуточная	2,5(2;3)	2(1;3)	1162,00	$p > 0,05$
латеральная	4(2;5)	3,5(2,5;4)	1333,50	$p > 0,05$

Вместе с тем, с обеих сторон была отмечена достоверная тенденция к увеличению количества артериальных ветвей средней мозговой артерии от медиальной группы к латеральной группе. Медиана количества артерий латеральной группы справа на 33,4% превышала значения медиальной группы, на 23% превышала значения промежуточной группы, и на 6% была меньше суммы значений медианы медиальной и латеральной группы. Медиана количества артерий латеральной группы слева на 27,2% превышала значения как медиальной, так и промежуточной группы, и на 6,6% была меньше суммы значений медианы медиальной и латеральной группы.

Наблюдения, с количеством центральных ветвей средней мозговой артерии от четырех до двенадцати, отходящих равномерно по всей длине клиновидного сегмента, либо с возможностью визуального подразделения их на три (медиальную, промежуточную, латеральную) группы, принимались как наблюдения с рассыпным («классическим») типом строения

переднелатеральных центральных артерий. Так же были выделены и изучены варианты ветвления немозговых отделов переднелатеральных центральных артерий с их минимальным количеством, с их максимальным количеством, а также переднелатеральные центральные артерии с вариантами своего строения в виде пучка и редко встречающиеся варианты с отхождением от вторичных ветвей клиновидного (М-1) и островкового (М-2) сегментов. Число наблюдений, где встречались такие варианты анатомической изменчивости, было, как правило, невелико и всегда было меньше десяти процентов, однако в сумме они давали практически половину наблюдений.

Препараты с рассыпным («классическим») типом строения переднелатеральных центральных ветвей средней мозговой артерии были выделены и изучены отдельной группой. Данные препараты, в которых строение переднелатеральных центральных артерий распознавался как «классический», составили большинство наблюдений (73%). Длина участка средней мозговой артерии, отдающего переднелатеральные центральные ветви, находилась в диапазоне значений справа от 12,9 до 31,6 мм, слева от 12,3 до 30,3 мм, в среднем равнялась справа  $22,6 \pm 4,20$  мм, слева  $22,4 \pm 4,45$  мм (табл. 13). Анатомия немозговых отделов переднелатеральных центральных артерий медиальной группы была представлена тонкими сосудами с прямолинейным ходом, отходящие от начального отдела средней мозговой и развилки внутренней сонной артерий с местом их проникновения в медиальный квадрант переднего продырявленного вещества. Анатомия немозговых отделов переднелатеральных центральных артерий промежуточной группы была представлена прямыми или слегка изогнутыми одиночными сосудами, пучком изогнутых ветвей с отхождением от питающего сосуда одним стволом, либо сочетанием этих типов. Переднелатеральные центральные артерии промежуточной группы отходили от средней части клиновидного сегмента средней мозговой артерии и проникали в переднее продырявленное вещество в переднем и латеральном квадрантах. Переднелатеральные центральные артерии латеральной группы отходили от пребифуркационного и

постбифуркационного отделов клиновидного сегмента средней мозговой артерии, в сравнении с двумя предыдущими группами имели больший диаметр и длину, а также ретроградный S-образный, ход своих ветвей с проникновением в переднее продырявленное вещество в наружных отделах его латерального квадранта.

**Таблица 13 – Количество наблюдений в зависимости от длины клиновидного сегмента средней мозговой артерии, отдающего переднелатеральные центральные ветви (женщины, n = 52)**

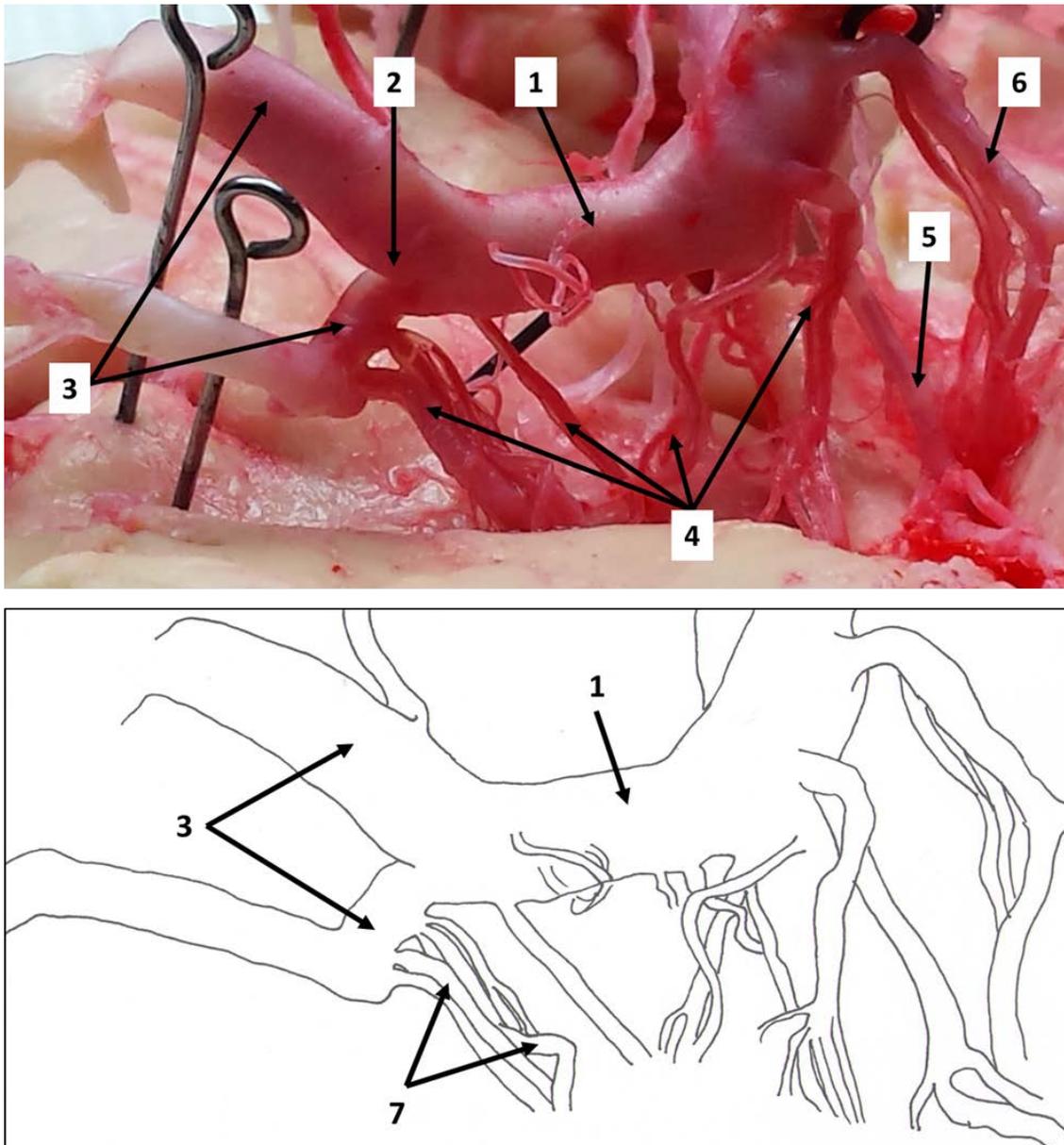
Длина клиновидного сегмента средней мозговой артерии (мм)	Количество наблюдений	
	справа	слева
До 15,0	3	2
От 15,1 до 20,0	12	14
От 20,1 до 25,0	18	15
От 25,1 до 30,0	18	19
Свыше 30,1	1	2

Влияние характера последующего ветвления основного ствола средней мозговой артерии на строение и уровень отхождения переднелатеральных центральных артерий прицельно не изучалось. Однако, как при магистральном характере ветвления, так и при дихотомической и рассыпной форме деления средней мозговой артерии, в случае с вариантами с ранними корковыми ветвями, центральные ветви возникали на протяжении 1,0 – 9,0 мм (в среднем 4,0 мм) от ее начала. Последние центральные ветви, как правило, брали свое начало от участка средней мозговой артерии в области бифуркации и от постбифуркационной части клиновидного сегмента (рис. 22). Следует отметить, чем короче была пребифуркационная часть клиновидного сегмента средней мозговой артерии, тем чаще последние центральные ветви отходили от постбифуркационной части (табл. 14). В имеющемся материале исследования у

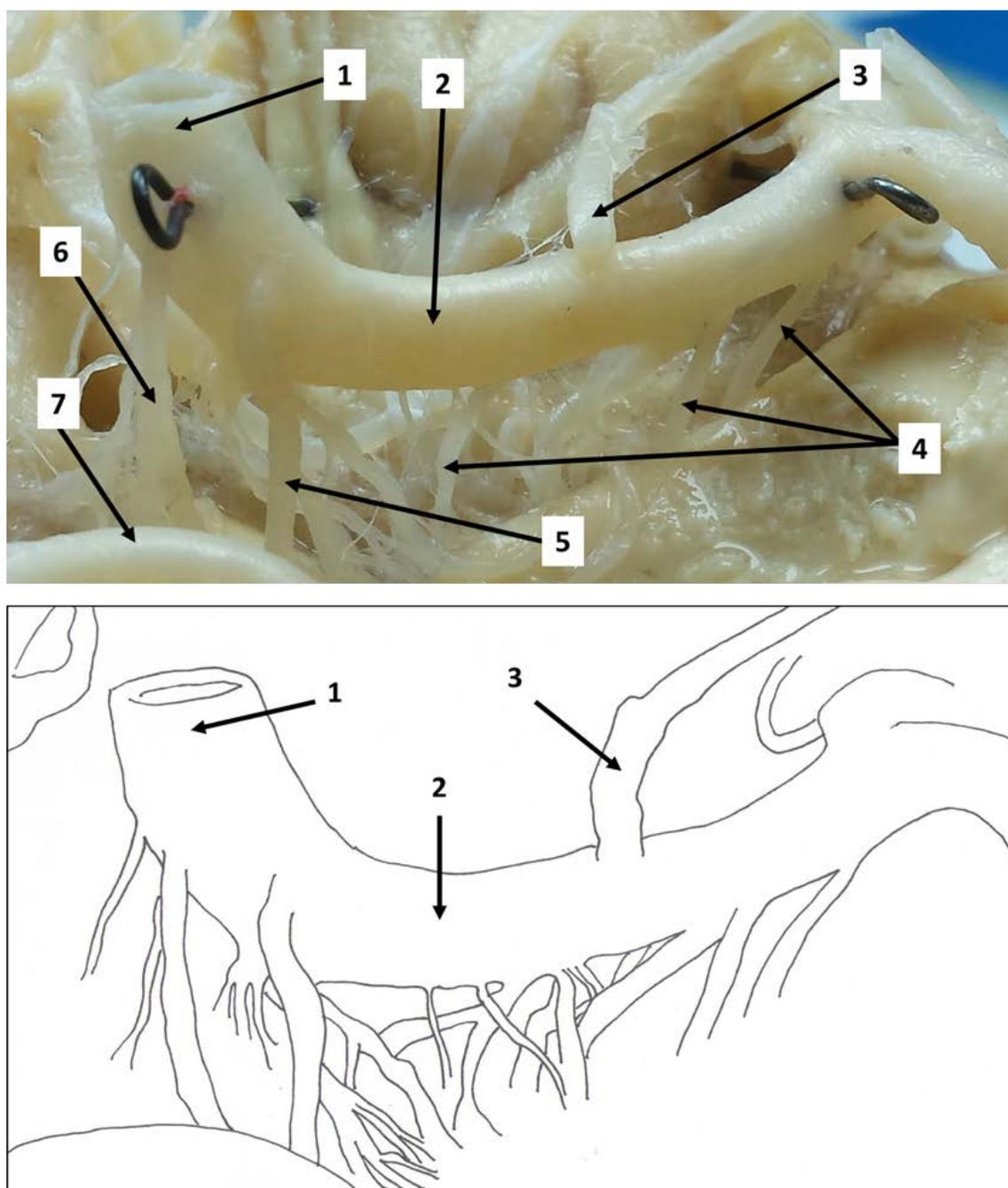
женщин в одном препарате было зафиксировано отхождение ранней корковой ветви слева, без отхождения от нее центральных артерий к переднему продырявленному веществу (рис. 23).

**Таблица 14 – Количество препаратов с местом отхождения последних переднелатеральных центральных ветвей средней мозговой артерии в зависимости от длины клиновидного сегмента (женщины, n = 52)**

<b>Клиновидный сегмент средней мозговой артерии</b>		<b>Количество препаратов с местом отхождения последних центральных артерий (шт.)</b>	
<b>Длина (мм)</b>	<b>отдел</b>	<b>справа</b>	<b>слева</b>
До 15,0	пребифуркационный	0	0
	постбифуркационный	3	2
От 15,1 до 20,0	пребифуркационный	3	5
	постбифуркационный	9	9
От 20,1 до 25,0	пребифуркационный	8	7
	постбифуркационный	10	8
От 25,1 до 30,0	пребифуркационный	15	16
	постбифуркационный	3	4
Свыше 30,1	пребифуркационный	1	2
	постбифуркационный	0	0



**Рисунок 22 – Отхождение центральных ветвей правой средней мозговой артерии от постбифуркационной части клиновидного сегмента**  
 1 – средняя мозговая артерия; 2 – бифуркация средней мозговой артерии; 3 – вторичные ветви средней мозговой артерии (клиновидный сегмент); 4 – центральные артерии; 5 – передняя ворсинчатая артерия; 6 – задняя соединительная артерия; 7 – отхождение центральных артерий от постбифуркационной части клиновидного сегмента средней мозговой артерии одиночными стволиками и в виде пучка. (Женщина, 54 лет, инъекционная окраска сосудов тушь – желатиновой смесью)



**Рисунок 23 – Ранняя корковая ветвь левой средней мозговой артерии**

1 – внутренняя сонная артерия; 2 – средняя мозговая артерия; 3 – ранняя корковая ветвь средней мозговой артерии; 4 – центральные артерии; 5 – передняя ворсинчатая артерия; 6 – задняя соединительная артерия; 7 – задняя мозговая артерия. (Женщина, 50 лет, нативный препарат головного мозга без заполнения сосудов инъекционной окрашивающей массой)

При изучении группы препаратов с рассыпным типом строения центральных ветвей были определены средние значения количества, диаметра и площади артерий справа и слева (табл. 15). Коэффициент корреляции Спирмена

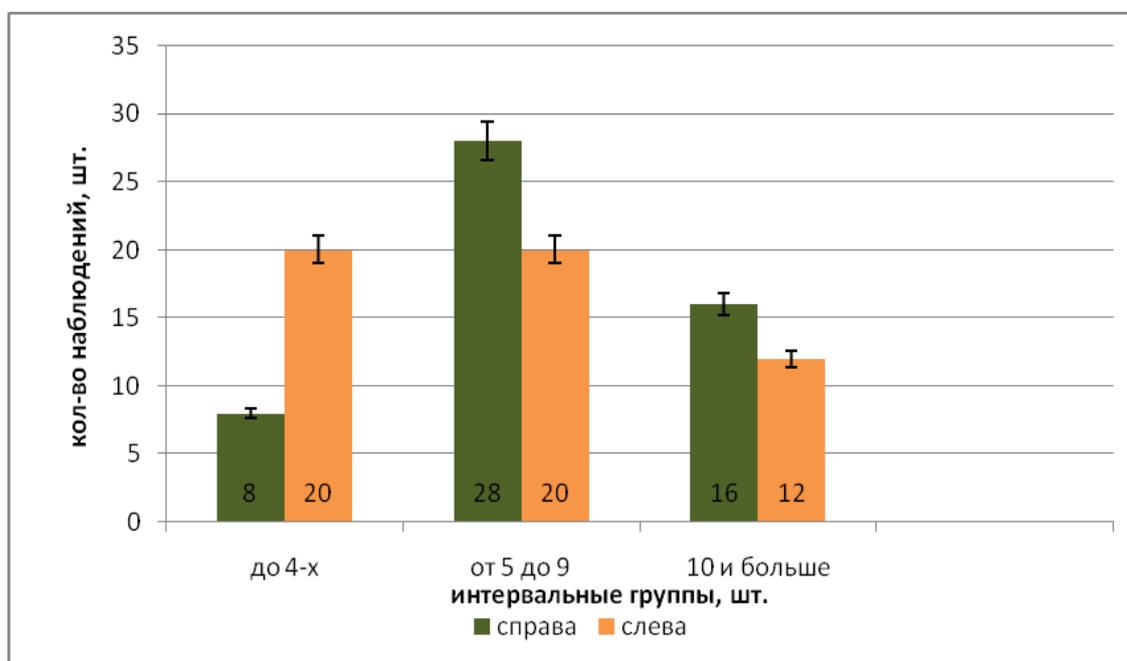
у женщин: -0,575165 справа (при p-level = 0,000008), -0,612175 слева (при p-level = 0,000001).

**Таблица 15 – Средние значения количества, диаметра и площади центральных ветвей средней мозговой артерии справа и слева (женщины, n = 52)**

Определяемые показатели		Центральные ветви средней мозговой артерии	
		Справа	Слева
Количество артерий (шт)	Медиана (25 и 75 процентиля) Me(LQ;UQ)	8(6;10)	6(4;9)
	Минимум и максимум (Min - Max).	4 - 11	4 - 12
Диаметр артерий (мм)	Медиана (25 и 75 процентиля) Me(LQ;UQ)	0,9(0,8;1)	0,9(0,9;1)
	Минимум и максимум (Min - Max).	0,6 – 1,2	0,7 – 1,2
Площадь артерий (мм <sup>2</sup> )	Медиана (25 и 75 процентиля) Me(LQ;UQ)	0,6(0,5;0,8)	0,7(0,6;0,8)
	Минимум и максимум (Min - Max).	0,3 – 1,1	0,4 – 1,1

Для удобства оценки полученных данных в наблюдениях, числовые значения признаков (количество, диаметр, площадь) были сгруппированы в интервальные ряды (рис. 24 - 26). Выявлена статистическая недостоверность всех определяемых показателей справа и слева, при этом, существует обратная

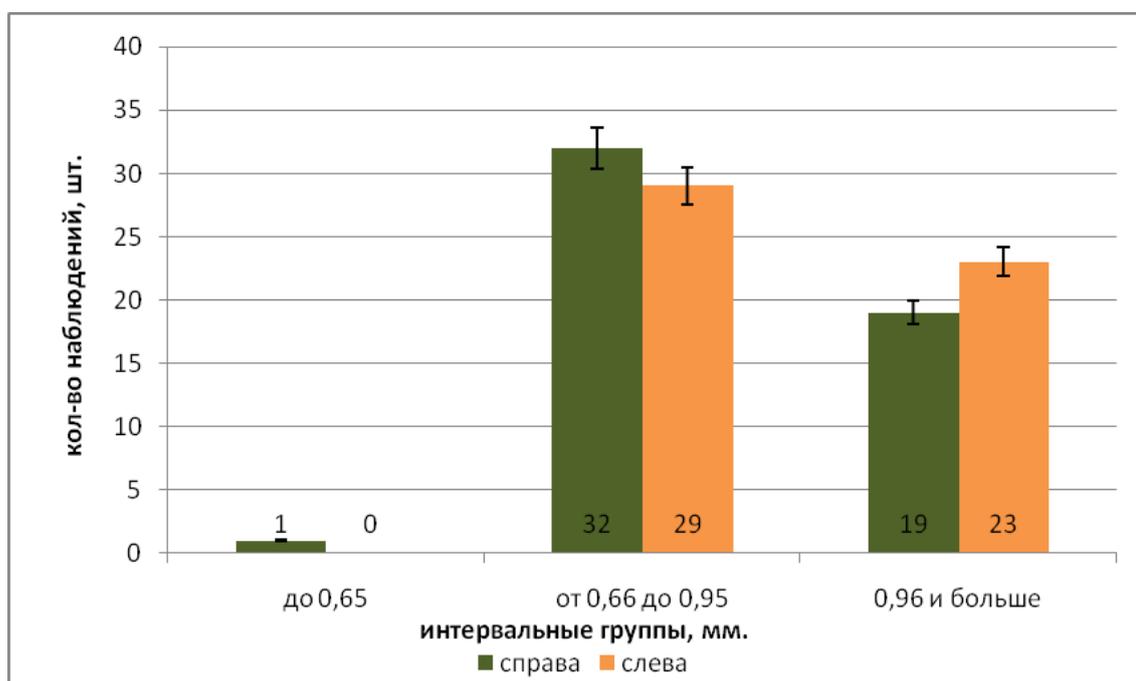
зависимость средней силы между числом сосудов и их средним диаметром: при увеличении количества центральных артерий, средний диаметр артерий уменьшается.



**Рисунок 24 – Распределение количества исследованного материала в интервальных рядах числа переднелатеральных центральных артерий справа и слева (женщины, n = 52)**

Справа наибольшее число препаратов было выявлено в интервальной группе с количеством переднелатеральных центральных артерий от 5 до 9. Количество наблюдений в данной интервальной группе справа составило 53,8%, что на 7,6% больше наблюдений в оставшихся интервальных группах. Количество наблюдений слева, в интервальной группе от 5 до 9 артерий, составило 38,5%, что на 23% меньше наблюдений в оставшихся интервальных группах. При анализе первой (до 4-х центральных артерий) и третьей (10 артерий и больше) интервальных групп слева было выявлено увеличение количества наблюдений в первой интервальной группе на 42,8% по сравнению с правой стороной, и уменьшение количества наблюдений слева на 14,2% по сравнению с правой стороной в третьей интервальной группе. При сравнении первой и третьей интервальных групп слева выявлено смещение данных в

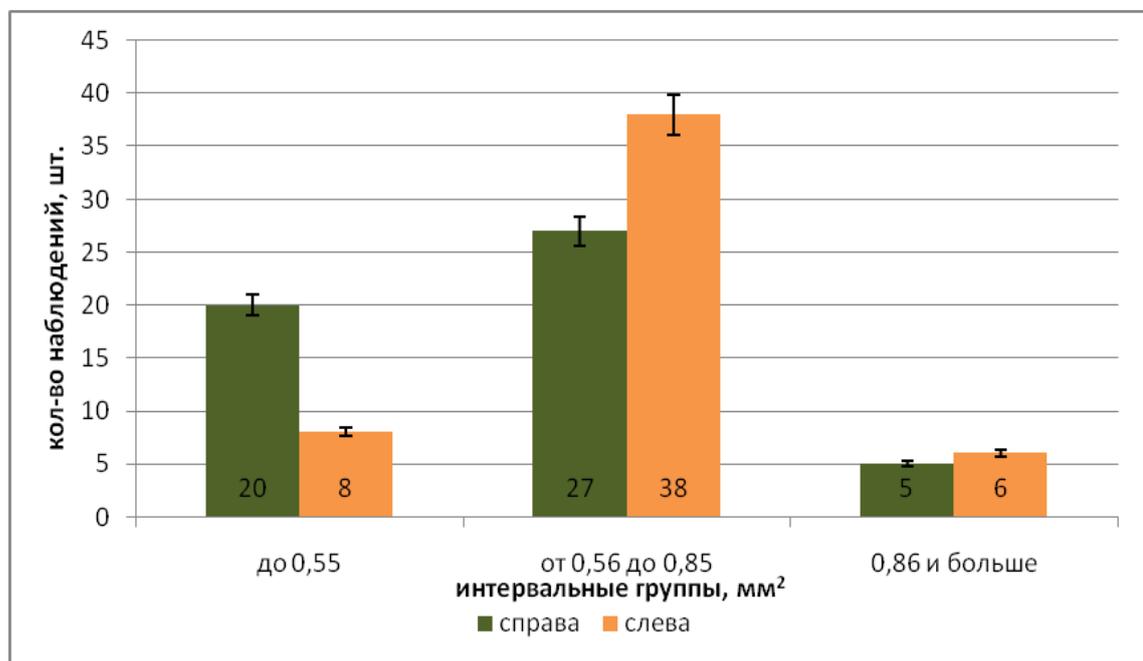
сторону их увеличения в первой интервальной группе по сравнению с третьей на 25%, а так же смещение данных справа в сторону их увеличения в третьей интервальной группе по сравнению с левой на 33,4%. Таким образом, отмечается очевидная, но недостоверная ( $p > 0,05$ ), тенденция в увеличении количества наблюдений с большим числом переднелатеральных центральных артерий справа и увеличении количества наблюдений с меньшим числом переднелатеральных центральных артерий слева.



**Рисунок 25 – Распределение количества исследованного материала в интервальных рядах среднего диаметра переднелатеральных центральных артерий справа и слева (женщины, n = 52)**

Чаще всего диаметр переднелатеральных центральных артерий в препаратах приходился на интервал значений от 0,66 мм до 0,95 мм. Количество наблюдений в данном интервале составило 58,7%, в оставшихся двух интервальных группах 41,3%. Таким образом, большая часть артерий слева и справа имела диаметр от 0,66 мм до 0,95 мм. Вторым по численности являлся интервальный ряд от 0,96 мм и больше. Количество наблюдений в этом интервальном ряду составило 40,4%. Оставшиеся 0,9% приходились на

интервальный ряд до 0,65 мм. Таким образом, практически все переднелатеральные центральные артерии в исследованных препаратах мозга женщин имели диаметр больше 0,66 мм. Слева отмечалось преобладание на 11,6% количества препаратов с диаметром переднелатеральных центральных артерий в интервальном ряду от 0,66 мм до 0,95 мм в сравнении с последним (0,96 мм и больше). Справа эта разница в количестве препаратов между интервальными рядами возрастает до 25,4%.



**Рисунок 26 – Распределение количества исследованного материала в интервальных рядах средней площади переднелатеральных центральных артерий справа и слева (женщины, n = 52)**

Наибольшее число препаратов было выявлено в интервальном ряду значений средней площади переднелатеральных центральных артерий от 0,56 мм<sup>2</sup> до 0,85 мм<sup>2</sup>. Количество наблюдений в данной интервальной группе составило 62,5%. Остальные наблюдения (37,5%) приходились на оставшиеся интервальные группы. При сравнении этих интервальных групп была отмечена тенденция в увеличении количества препаратов справа со средней площадью переднелатеральных центральных артерий до 0,55 мм<sup>2</sup> при практически равном распределении препаратов слева между двумя (до 0,55 мм<sup>2</sup> и 0,86 мм<sup>2</sup> и выше)

интервальными группами. В первой интервальной группе (до 0,56 мм<sup>2</sup>) количество наблюдений справа было больше на 42,8%, чем слева, и на 60% превышало количество наблюдений в последней интервальной группе (от 0,86 мм<sup>2</sup> и выше) своей же стороны. В последней интервальной группе (от 0,86 мм<sup>2</sup> и выше) количество наблюдений слева на 9% превышало показатели правой стороны, однако, на 14,2% было меньше количества наблюдений первой интервальной группы (до 0,59 мм<sup>2</sup>) своей стороны.

В ходе дальнейшего исследования были изучены препараты, в которых количество переднелатеральных центральных артерий было минимальным и максимальным. Из всего количества исследованного материала головного мозга женщин было выявлено 9,6% препаратов (5,8% справа и 3,8% слева), имеющих минимальное и максимальное количество центральных ветвей средней мозговой артерии, входящих в переднее продырявленное вещество.

Минимальное число центральных ветвей средней мозговой артерии справа составило три артерии (1,9% наблюдений), при этом их минимальный и максимальный диаметр составил 1,0 мм и 1,2 мм соответственно. Средний диаметр центральных ветвей средней мозговой артерии в этих наблюдениях был равен  $1.1 \pm 0,10$  мм. Сумма площади данных ветвей в наблюдении составила 8,2 мм<sup>2</sup>. Средняя площадь центральных артерий справа составила  $1,0 \pm 0,19$  мм<sup>2</sup>.

Минимальное число центральных ветвей средней мозговой артерии слева составило три артерии (1,9% наблюдений). Минимальный и максимальный диаметр составил 0,6 мм и 1,0 мм соответственно. Средний диаметр центральных ветвей средней мозговой артерии в наблюдении составил  $0,9 \pm 0,10$  мм. Сумма площади данных ветвей в наблюдении составила 1,8 мм<sup>2</sup>. Средняя площадь центральных артерий слева в наблюдениях составила  $0,6 \pm 0,13$  мм<sup>2</sup>.

Во всех наблюдениях с минимальным количеством переднелатеральных центральных артерий, данные сосуды представляли собой одиночные

артериальные стволы, отходящие на уровне средней трети клиновидного отдела средней мозговой артерии.

Максимальное количество переднелатеральных центральных артерий, идущих к переднему продырявленному веществу справа, было зарегистрировано 12 (в 3,8% наблюдений). Минимальный и максимальный диаметр центральных ветвей составил 0,4 мм и 1,8 мм соответственно. Средний диаметр ветвей составил  $1,0 \pm 0,46$  мм, Минимальная и максимальная сумма площади всех ветвей в наблюдениях составила 8,9 мм<sup>2</sup> и 10,9 мм<sup>2</sup> соответственно. Средняя площадь центральных артерий справа в этих наблюдениях составила  $0,82 \pm 0,08$  мм<sup>2</sup>.

Максимальное количество переднелатеральных центральных артерий слева составило 13 (в 1,9% наблюдений). Минимальный и максимальный диаметр центральных артерий в этих наблюдениях составил 0,6 мм и 1,3 мм соответственно. Средний диаметр центральных ветвей составил  $0,95 \pm 0,15$  мм. Минимальная и максимальная площадь суммы центральных артерий в наблюдениях составила 6,8 мм<sup>2</sup> и 15,2 мм<sup>2</sup> соответственно. Средняя площадь центральных артерий справа в этих наблюдениях составила  $0,86 \pm 0,28$  мм<sup>2</sup>.

В наблюдениях с максимальным количеством переднелатеральных центральных артерий, данные сосуды отходили от клиновидного (M-1) сегмента средней мозговой артерии на всем протяжении практически равномерно, представляя собой одиночные и дихотомически делящиеся артериальные стволы с разной степенью своей извитости.

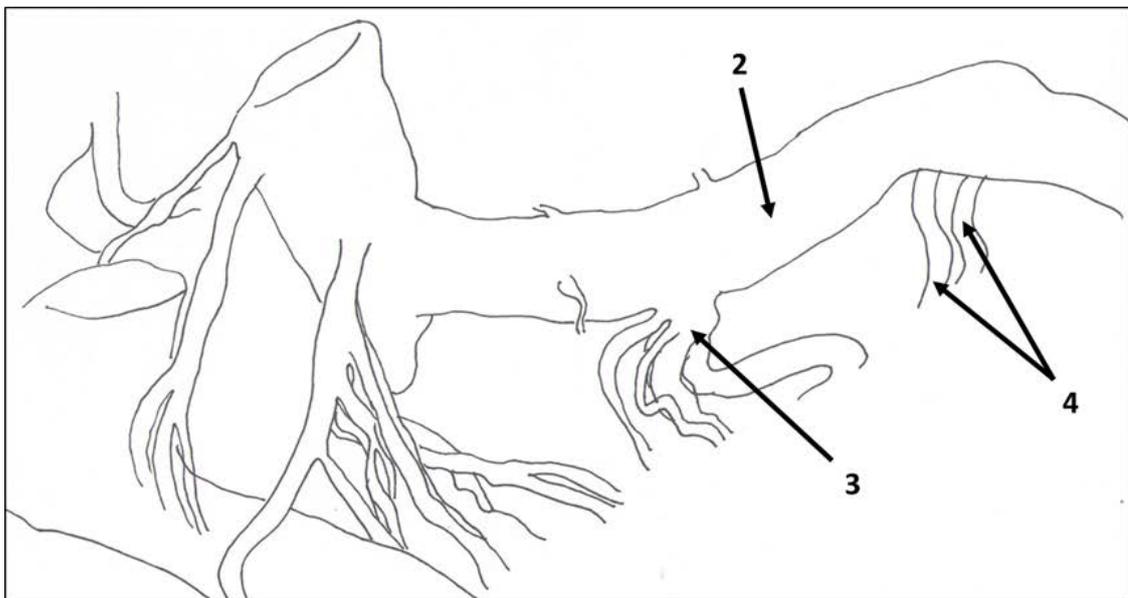
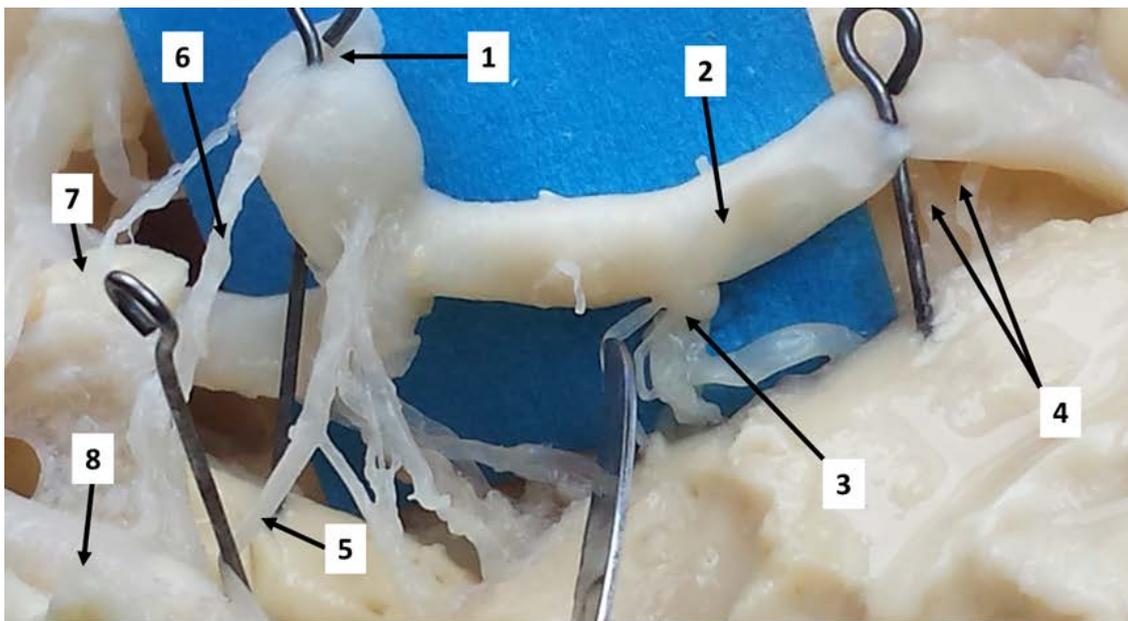
Сравнивая между собой данные, справа и слева, в наблюдениях с минимальным и максимальным количеством центральных ветвей средней мозговой артерии, все средние значения диаметра и площади артерий в основном выражены справа. В препаратах с минимальным количеством центральных артерий, разница значений справа и слева в среднем диаметре и площади сосудов составила, соответственно, 10% и 25%, с преимуществом правой стороны. В препаратах с максимальным количеством центральных артерий, разница значения в среднем диаметре сосудов справа и слева

составила 2,6% с преимуществом правой стороны, а разница значения в средней площади сосудов справа и слева составила 2,4% с преимуществом левой стороны. При сравнении полученных данных, между препаратами с минимальным и препаратами с максимальным количеством центральных артерий, их средний диаметр и средняя площадь при увеличении количества сосудов, как справа, так и слева, меняется незначительно.

В ходе исследования, в препаратах головного мозга женщин, были также обнаружены случаи, в которых немозговые отделы переднелатеральных центральных артерий имели варианты своего строения в виде пучка сосудов, который начинается единым стволом и распадается в дальнейшем на несколько мелких, идущих к переднему продырявленному веществу, стволиков. Из всех препаратов головного мозга женщин, было выявлено 17,4% препаратов с типом строения переднелатеральных центральных ветвей средней мозговой артерии, отходившие к переднему продырявленному веществу в виде пучка: 5,8% справа и 11,6% слева. Наиболее часто встречались варианты с отхождением сосудов от основного ствола средней мозговой артерии в пределах ее клиновидного сегмента (частота встречаемости 77,8%) и редко встречающиеся варианты с отхождением от вторичных ветвей клиновидного (M-1) сегмента (рис. 22). Вариантов отхождения переднелатеральных центральных ветвей в виде пучка от ранних корковых ветвей клиновидного сегмента средней мозговой артерии в препаратах обнаружено не было. Во всех наблюдениях с вариантами строения переднелатеральных центральных ветвей средней мозговой артерии в виде пучка, так же можно было выделить медиальную, промежуточную и латеральную группу центральных артерий, причем сосуды в виде пучка представляли в основном промежуточную группу (рис. 27). Количество центральных артерий с типом своего строения в виде пучка во всех случаях было представлено одним сосудом. Количество сосудов после деления в среднем составляло семь артерий (минимум - три артерии, максимум – десять). Минимальный и максимальный диаметр участков центральных сосудов до их деления в виде пучка составил 1,1 мм и 1,8 мм соответственно. После деления

основного сосуда и формирования пучка центральных артерий, минимальный и максимальный диаметр сосудов, входящих в состав пучка, составил 0,3 мм и 0,8 мм соответственно. Средний диаметр переднелатеральных центральных артерий до деления в наблюдениях составил  $1,5 \pm 0,28$  мм, после деления –  $0,6 \pm 0,24$  мм. Минимальная и максимальная площадь центральных ветвей до деления составила  $1,0$  мм<sup>2</sup> и  $2,6$  мм<sup>2</sup> соответственно, после деления –  $0,1$  мм<sup>2</sup> и  $0,5$  мм<sup>2</sup> соответственно. Средняя площадь центральных артерий с ветвлением в виде пучка составила  $1,8 \pm 0,39$  мм<sup>2</sup> до деления и  $0,3 \pm 0,12$  мм<sup>2</sup> после деления на многочисленные сосуды. Следует отметить, что суммарная площадь сосудов после деления, как правило, превосходила площадь сосуда до деления в пределах от 23% до 30%.

Таким образом, в препаратах у женщин, все средние показатели числа, диаметра и площади переднелатеральных центральных артерий не зависят от стороны полушария головного мозга при имеющемся значительном коэффициенте вариабельности у данной выборки.



**Рисунок 27 – Отхождение от основного ствола средней мозговой артерии переднелатеральных центральных ветвей по типу пучка сосудов**

1 – внутренняя сонная артерия; 2 – средняя мозговая артерия; 3 – переднелатеральная центральная артерия пучкового типа (от основного ствола средней мозговой артерии – промежуточная группа); 4 – переднелатеральные центральные артерии (латеральная группа); 5 – передняя ворсинчатая артерия; 6 – задняя соединительная артерия; 7 – левый зрительный нерв; 8 – задняя мозговая артерия. (Женщина, 39 лет, нативный препарат головного мозга без заполнения сосудов инъекционной окрашивающей массой)

### **3.2.2 Анатомическая изменчивость внемозговых отделов центральных артерий, идущих к переднему продырявленному веществу от передней мозговой артерии**

Переднемедиальные центральные сосуды, являющиеся ветвями передней мозговой артерии, в наблюдениях представлены в среднем двумя сосудами справа и тремя сосудами слева. Отсутствие переднемедиальных центральных артерий, отходящих от А-1 сегмента передней мозговой артерии, было выявлено в 13,5% наблюдений справа. Слева переднемедиальные центральные артерии определялись во всех исследованных препаратах. Средние значения количества, диаметра и площади переднемедиальных центральных артерий справа и слева представлены в таблице (табл. 16). Наблюдения, в которых отсутствуют переднемедиальные центральные артерии, идущие к переднему продырявленному веществу справа, в таблице не учитывались.

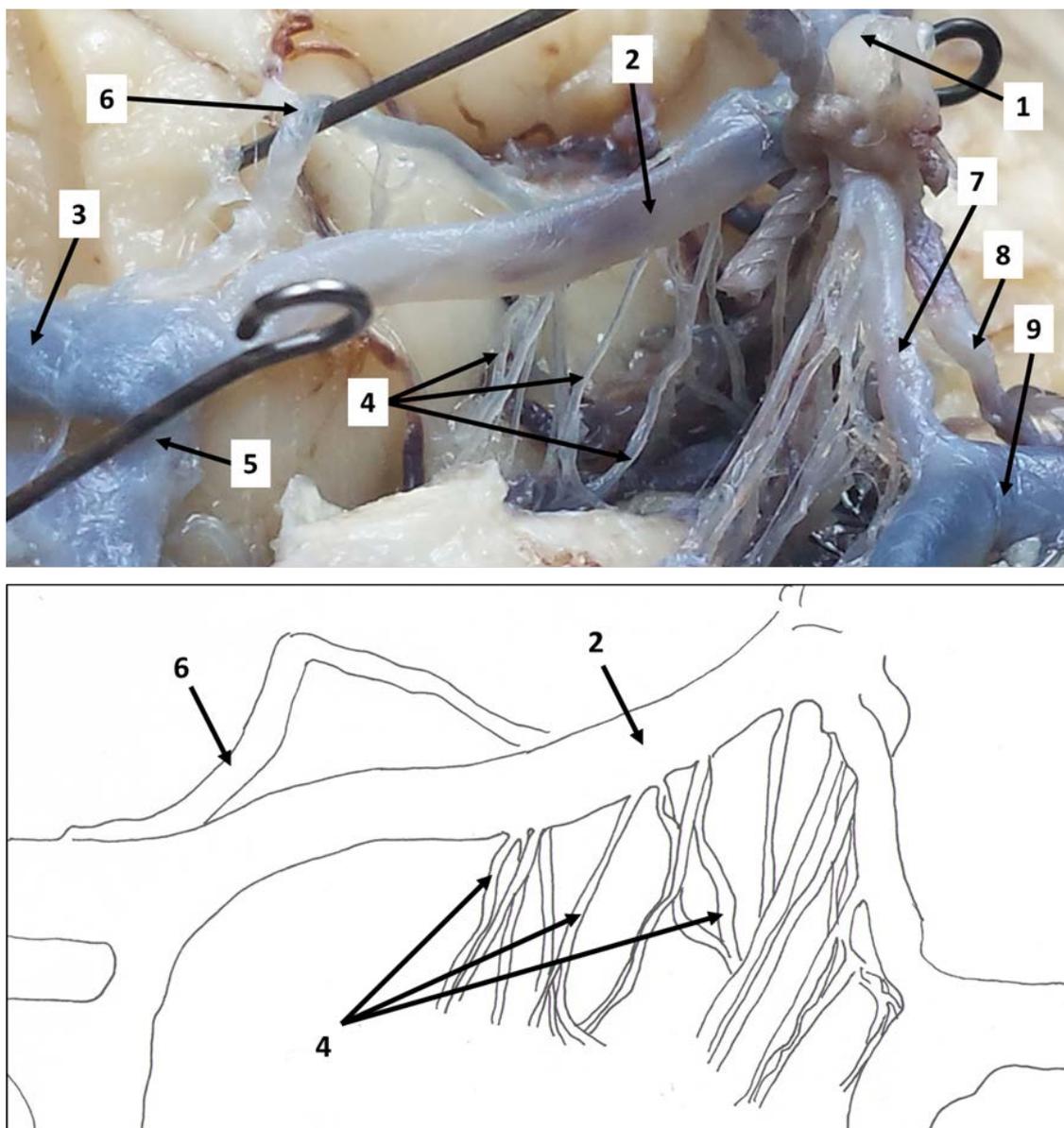
Анатомия переднемедиальных центральных артерий справа и слева была одинаковой: артерии представляли собой тонкие одиночные сосуды без ветвления по ходу своих вне мозговых отделов.

Были выявлены и проанализированы препараты с минимальным и максимальным количеством переднемедиальных центральных ветвей, а также количественные данные различных типов строения длинных центральных артерий (рис. 28).

Справа минимальное количество переднемедиальных центральных артерий в 19,2% наблюдений было представлено одним сосудом. Минимальный и максимальный диаметр центральной артерии в данных наблюдениях составил 0,2 мм и 0,7 мм соответственно. Средний диаметр переднемедиальных центральных артерий в наблюдениях был равен  $0,39 \pm 0,15$  мм. Минимальная и максимальная площадь переднемедиальных центральных артерий в наблюдениях составила  $0,03 \text{ мм}^2$  и  $0,4 \text{ мм}^2$  соответственно. Средняя площадь артерий в наблюдениях составила  $0,15 \pm 0,10 \text{ мм}^2$ .

**Таблица 16 – Средние значения количества, диаметра и площади переднемедиальных центральных артерий, идущих к переднему продырявленному веществу от передней мозговой артерии, справа (женщины, n = 45) и слева (женщины, n = 52)**

Определяемые показатели		Переднемедиальные центральные артерии	
		Справа	Слева
Количество артерий (шт)	Медиана (25 и 75 процентиля) Me(LQ;UQ)	2(2;4)	3(2;4)
	Минимум и максимум (Min - Max).	1 - 8	1 - 7
Диаметр артерий (мм)	Медиана (25 и 75 процентиля) Me(LQ;UQ)	0,4(0,3;0,4)	0,35(0,3;0,45)
	Минимум и максимум (Min - Max).	0,2 – 0,7	0,3 – 0,45
Площадь артерий (мм <sup>2</sup> )	Медиана (25 и 75 процентиля) Me(LQ;UQ)	0,13(0,1;0,2)	0,13(0,1;0,2)
	Минимум и максимум (Min - Max).	0,03 – 0,4	0,03 – 0,45



**Рисунок 28 – Множественные переднемедиальные центральные артерии, отходящие от предкоммуникативного сегмента левой передней мозговой артерии**

1 – внутренняя сонная артерия; 2 – предкоммуникативный сегмент левой передней мозговой артерии; 3 – посткоммуникативный сегмент левой передней мозговой артерии; 4 – множественные переднемедиальные центральные артерии слева; 5 – передняя соединительная артерия; 6 – левая длинная центральная артерия (артерия Хойбнера); 7 – задняя соединительная артерия; 8 – левая передняя ворсинчатая артерия; 9 – левая задняя мозговая артерия. (Женщина, 38 лет, инъекционная окраска сосудов тушь – желатиновой смесью)

Справа максимальное количество переднемедиальных центральных артерий в 5,8% наблюдений составило восемь сосудов. Минимальный и

максимальный диаметр центральных артерий в этих наблюдениях составил 0,2 мм и 0,5 мм соответственно. Диаметр переднемедиальных центральных артерий в среднем составил  $0,37 \pm 0,15$  мм. Минимальная и максимальная площадь артерий составила  $0,07 \text{ мм}^2$  и  $0,2 \text{ мм}^2$  соответственно. Средняя площадь переднемедиальных центральных артерий в наблюдениях составила  $0,16 \pm 0,08 \text{ мм}^2$ .

Слева минимальное количество переднемедиальных центральных артерий в препаратах в 23,1% случаев было представлено одним сосудом. Минимальный и максимальный диаметр центральных артерий в данных наблюдениях составил 0,2 мм и 0,6 мм соответственно. Средний диаметр переднемедиальных центральных артерий составил  $0,36 \pm 0,13$  мм. Минимальная и максимальная площадь артерий составила  $0,03 \text{ мм}^2$  и  $0,3 \text{ мм}^2$  соответственно. Средняя площадь переднемедиальных центральных артерий в наблюдениях составила  $0,18 \pm 0,08 \text{ мм}^2$ .

Слева максимальное количество переднемедиальных центральных артерий в 9,6% наблюдений было представлено семью сосудами. Минимальный и максимальный диаметр центральных артерий в этих наблюдениях составил 0,1 мм и 0,6 мм соответственно. Диаметр переднемедиальных центральных артерий в среднем составил  $0,3 \pm 0,1$  мм. Минимальная и максимальная площадь артерий составила  $0,01 \text{ мм}^2$  и  $0,3 \text{ мм}^2$  соответственно. Средняя площадь переднемедиальных центральных артерий в наблюдениях составила  $0,13 \pm 0,09 \text{ мм}^2$ .

Анатомическая изменчивость медиальных дистальных стриарных артерий (общепринятые названия: длинные центральные артерии, возвратные артерии, артерии Хойбнера) в основном выражалась уровнем отхождения от передней мозговой артерии (рис. 29). В значительно меньшей степени анатомическая изменчивость длинных центральных артерий проявлялась в диаметре (табл. 17, 18).

**Таблица 17 – Частота отхождения длинных центральных артерий от различных сегментов передней мозговой артерии у мужчин, с учетом билатеральной симметрии (женщины, n = 52)**

Уровень отхождения длинных центральных артерий от передней мозговой артерии	Частота встречаемости длинных центральных артерий (в процентах)	
	Справа	Слева
Посткоммуникативный (А-2) сегмент	53,8	65,4
уровень передней соединительной артерии (ПСА)	23,1	19,2
Предкоммуникативный (А-1) сегмент	23,1	15,4

**Таблица 18 – Показатели диаметра длинных центральных артерий, в зависимости от уровня своего отхождения от передней мозговой артерии у мужчин, с учетом билатеральной симметрии (женщины, n = 52)**

Уровень отхождения длинных центральных артерий от передней мозговой артерии	диаметр длинных центральных артерий (в миллиметрах)	
	Справа: медиана (25 и 75 перцентили) Me(LQ;UQ)	Слева: медиана (25 и 75 перцентили) Me(LQ;UQ)
Посткоммуникативный (А-2) сегмент	0,9(0,78;1,3)	0,95(0,8;1,3)
Уровень передней соединительной артерии (ПСА)	0,8(0,8;0,9)	0,85(0,8;1)
Предкоммуникативный (А-1) сегмент	0,8(0,75;1)	0,8(0,75;1,1)

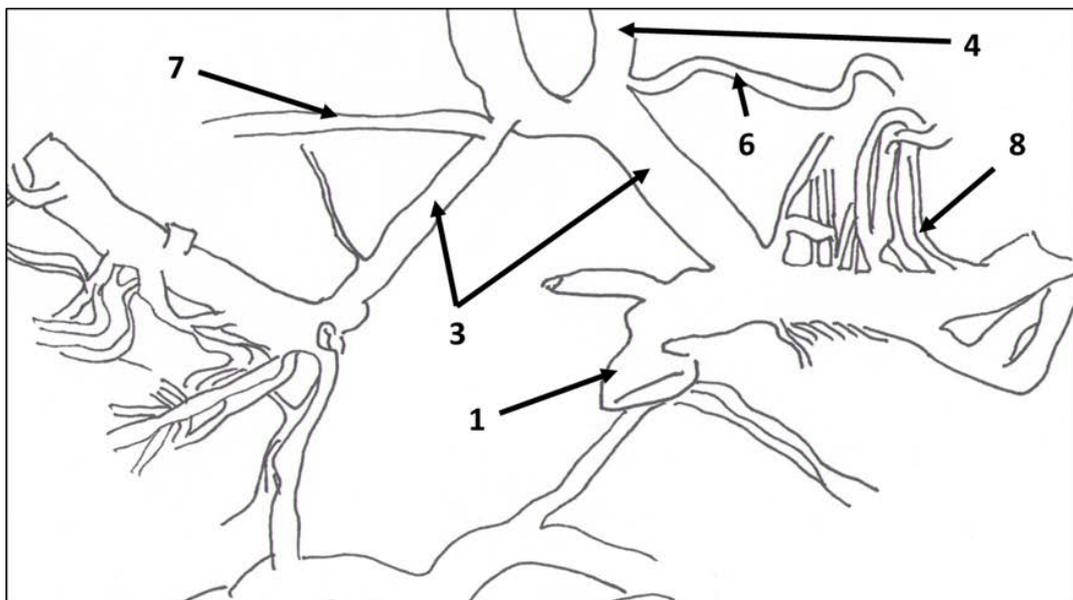
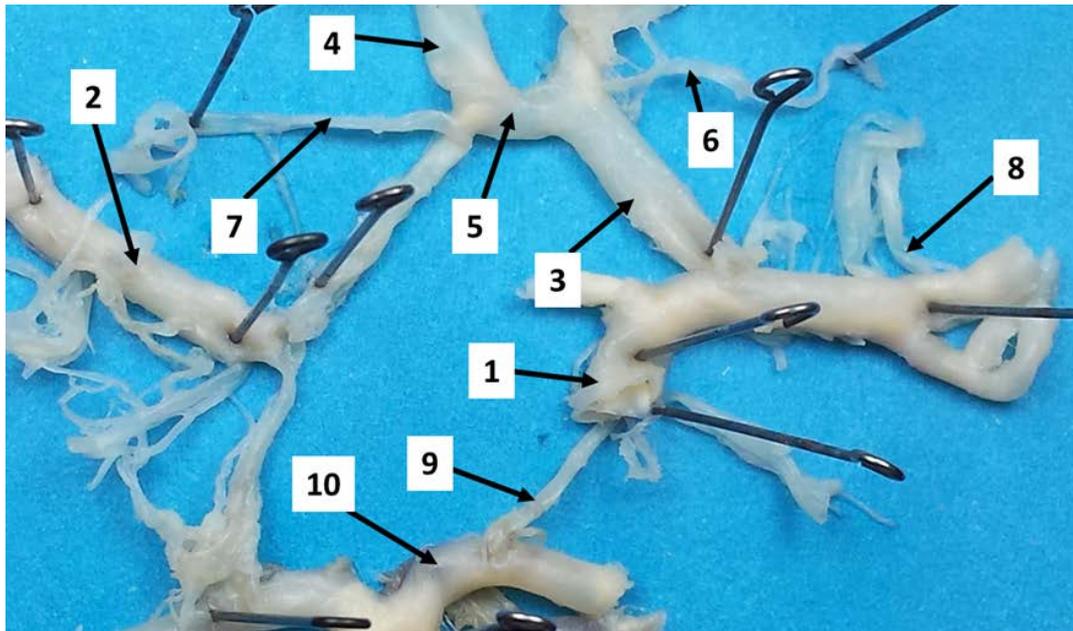
Данный сосуд был найден во всех исследованных препаратах головного мозга женщин и представлял собой одиночную артерию крупного диаметра (в

сравнении с переднемедиальными центральными артериями, так же отходящими от передней мозговой артерии).

Посткоммуникативный (А-2) сегмент передней мозговой артерии чаще всего местом являлся возникновения возвратной артерии: такой вариант встречался в 59,6% наблюдений (53,8% справа и 65,4% слева). Граница предкоммуникативного (А-1) и посткоммуникативного (А-2) сегментов передней мозговой артерии (уровень передней соединительной) значительно реже являлся местом возникновения возвратной артерии: такой вариант встречался в 21,2% случаев (23,1% справа и 19,2% слева). Предкоммуникативный (А-1) сегмент передней мозговой артерии являлся местом возникновения возвратной артерии в 19,2% наблюдений (23,1% справа и 15,4% слева). Средний диаметр артерии Хойбнера справа составил  $0,85 \pm 0,19$  мм, слева составил  $0,9 \pm 0,21$  мм. Средняя площадь артерии Хойбнера составила справа  $0,6 \pm 0,08$  мм<sup>2</sup>, слева  $0,64 \pm 0,12$  мм<sup>2</sup>.

В наблюдениях выявлена статистическая недостоверность ( $p > 0,05$ ) показателей среднего диаметра справа и слева, а также при сравнении данных значений между собой на разных уровнях отхождения длинных центральных артерий от передней мозговой артерии. При этом имеется тенденция к увеличению среднего диаметра длинных центральных артерий от предкоммуникативного (А-1) сегмента передней мозговой артерии к посткоммуникативному (А-2) сегменту, справа на 6%, слева на 8,6% (табл. 18). Отходящие от передней соединительной артерии диэнцефальные центральные ветви в препаратах головного мозга женщин, в переднее продырявленное вещество не проникали, и в наблюдениях не учитывались.

Таким образом, в препаратах у женщин, все средние показатели числа, диаметра и площади переднемедиальных центральных артерий не зависят от стороны полушария головного мозга при имеющемся значительном коэффициенте вариабельности у данной выборки.

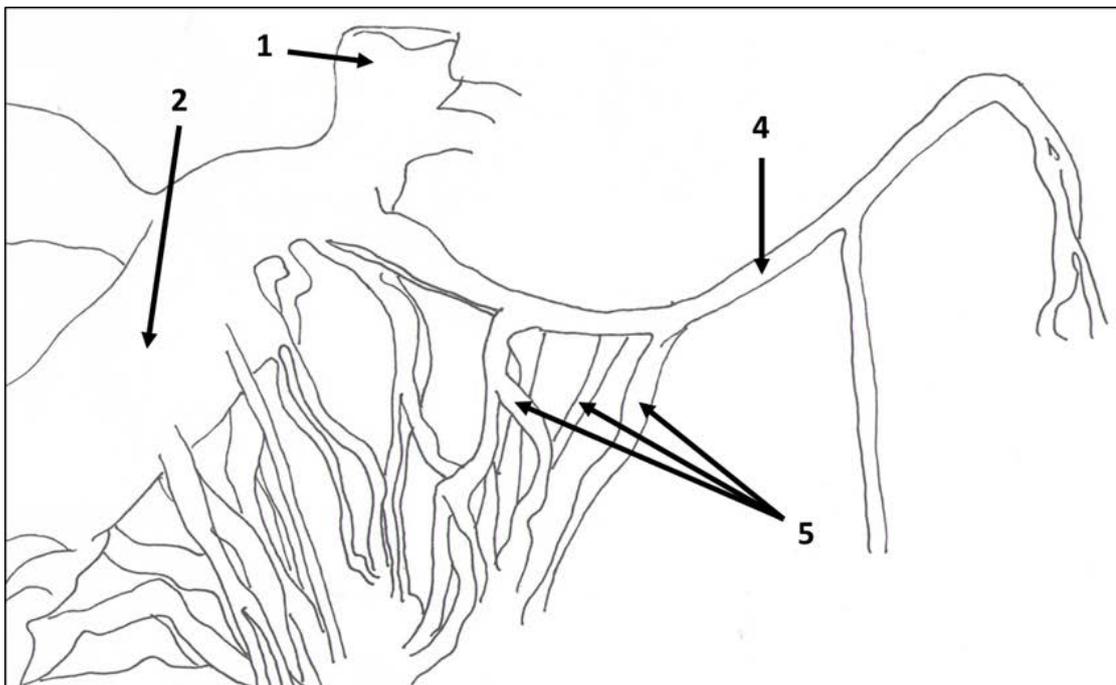
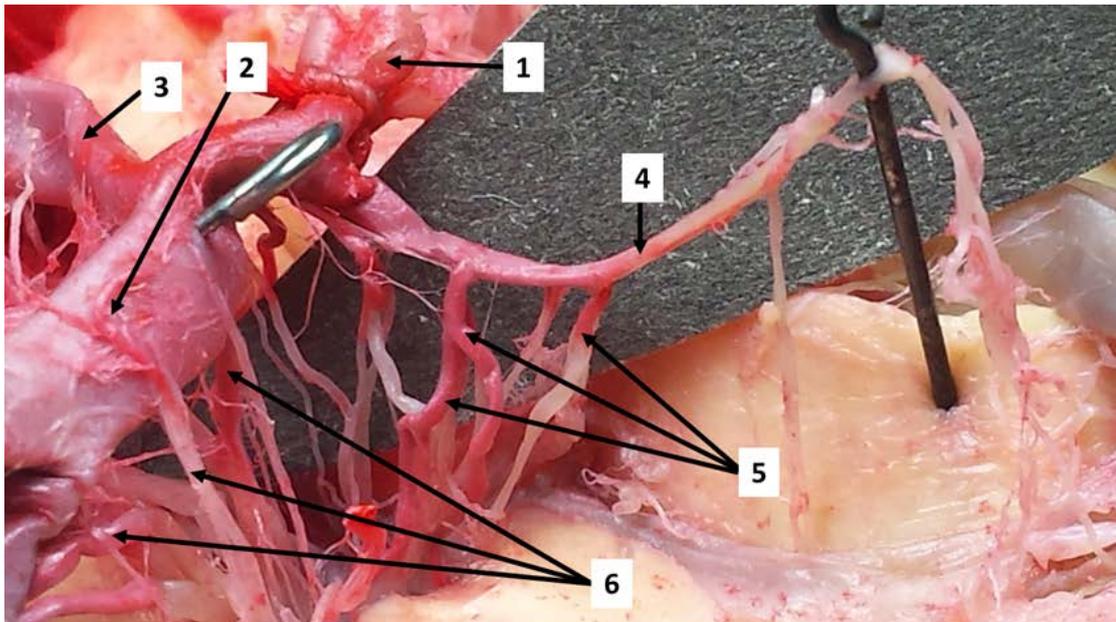


**Рисунок 29 – Отхождение длинной центральной артерии от разных отделов передней мозговой артерии.**

1 – внутренняя сонная артерия; 2 – средняя мозговая артерия; 3 – предкоммуникативный сегмент передней мозговой артерии; 4 – посткоммуникативный сегмент передней мозговой артерии; 5 – передняя соединительная артерия; 6 – левая длинная центральная артерия (артерия Хойбнера); 7 – правая длинная центральная артерия; 8 – отхождение латеральной группы центральных артерий от постбифуркационной части клиновидного сегмента средней мозговой артерии; 9 – задняя соединительная артерия; 10 – задняя мозговая артерия. (Женщина, 53 лет, нативный препарат головного мозга без заполнения сосудов инъекционной окрашивающей массой)

### **3.2.3 Анатомическая изменчивость, ветвей передней ворсинчатой артерии, идущих к переднему продырявленному веществу**

В 92,3% наблюдений справа, от передней ворсинчатой артерии было выявлено отхождение от одной до трех артерий к переднему продырявленному веществу. В 80,8% наблюдений слева, от передней ворсинчатой артерии к переднему продырявленному веществу направлялись от одной до четырех артерий. Ветви передней ворсинчатой артерии, идущие к переднему продырявленному веществу, отсутствовали в 7,7% наблюдений справа и 19,2% наблюдений слева. Все артериальные ветви проникали в переднее продырявленное вещество в основном у задней и внутренней его границы (рис. 30). Диаметр данных артерий в наблюдениях, как справа, так и слева колебался от 0,1 до 0,6 мм, площадь от 0,01 мм<sup>2</sup> до 0,3 мм<sup>2</sup>. Средние значения количества, диаметра и площади ветвей передней ворсинчатой артерии к переднему продырявленному веществу справа и слева представлены в виде таблицы. Наблюдения с отсутствием ветвей передней ворсинчатой артерии к переднему продырявленному веществу, в таблице не учитывались (табл. 19).



**Рисунок 30 – Множественные ветви правой передней ворсинчатой артерии к переднему продырявленному веществу**

1 – внутренняя сонная артерия; 2 – средняя мозговая артерия; 3 – предкоммуникативный сегмент правой передней мозговой артерии; 4 – передняя ворсинчатая артерия; 5 – ветви передней ворсинчатой артерии, идущие к переднему продырявленному веществу; 6 – правые переднелатеральные центральные артерии. (Женщина, 49 лет, инъекционная окраска сосудов тушь – желатиновой смесью)

**Таблица 19 – Средние значения количества, диаметра и площади ветвей, идущих к переднему продырявленному веществу от передней ворсинчатой артерии справа и слева (женщины, n = 48 справа, n = 42 слева)**

Определяемые показатели		Ветви передней ворсинчатой артерии	
		Справа	Слева
Количество артерий (шт)	Медиана (25 и 75 процентиля) Me(LQ;UQ)	2,5(2;3)	3(2;3)
	Минимум и максимум (Min - Max).	1 - 3	1 - 4
Диаметр артерий (мм)	Медиана (25 и 75 процентиля) Me(LQ;UQ)	0,35(0,2;0,5)	0,4(0,2;0,5)
	Минимум и максимум (Min - Max).	0,1 - 0,6	0,1 - 0,6
Площадь артерий (мм <sup>2</sup> )	Медиана (25 и 75 процентиля) Me(LQ;UQ)	0,13(0,05;0,2)	0,13(0,03;0,2)
	Минимум и максимум (Min - Max).	0,01 - 0,4	0,01 - 0,35

Таким образом, в препаратах у женщин, все средние показатели числа, диаметра и площади ветвей передней ворсинчатой артерии к переднему продырявленному веществу не зависят от стороны полушария головного мозга при имеющемся значительном коэффициенте вариабельности у данной выборки.

### 3.3 Анатомическая изменчивость площади поверхности переднего продырявленного вещества головного мозга у мужчин и женщин

При исследовании площади поверхности переднего продырявленного вещества у мужчин в возрасте от 22 лет до 60 лет и у женщин в возрасте от 21 до 55 лет, были получены следующие результаты.

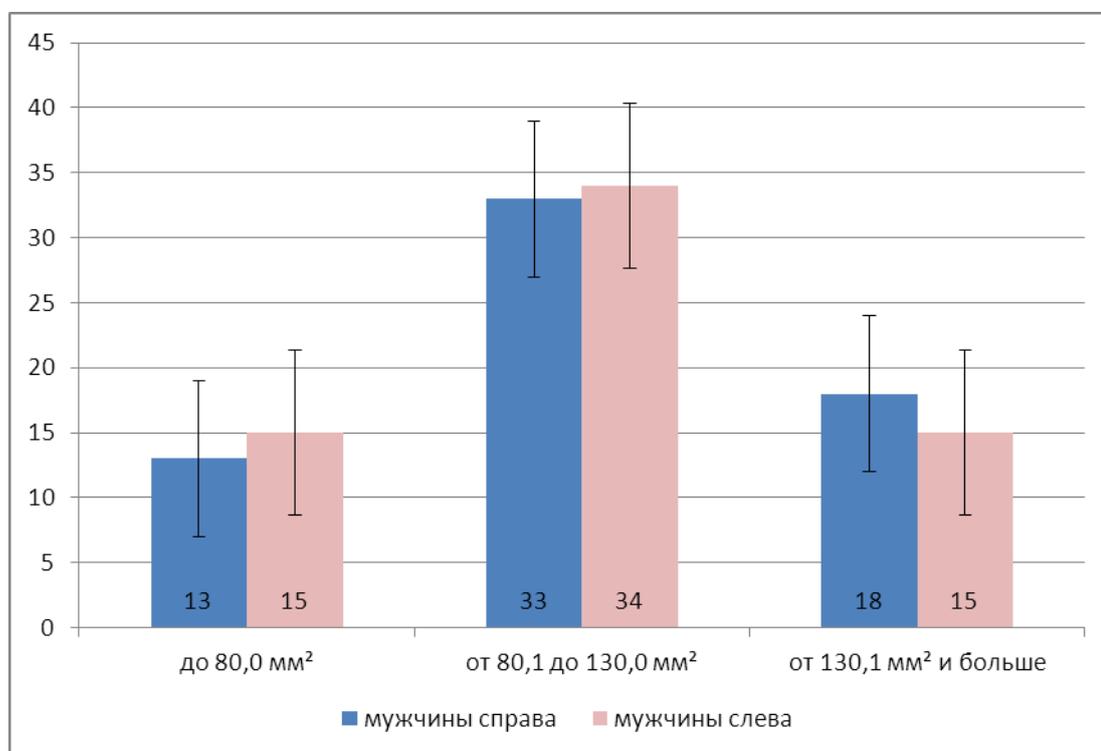
#### 3.3.1 Анатомическая изменчивость площади поверхности переднего продырявленного вещества справа и слева у мужчин

Вариабельность площади поверхности переднего продырявленного вещества справа и слева у мужчин наблюдалась весьма высокой, как при сравнении разных препаратов, так и в конкретных препаратах в зависимости от стороны исследования. Минимальные и максимальные значения площади поверхности переднего продырявленного вещества справа у мужчин составили 61,8 мм<sup>2</sup> и 166,8 мм<sup>2</sup>, соответственно. Слева минимальные и максимальные значения площади поверхности переднего продырявленного вещества у мужчин составили 54,9 мм<sup>2</sup> и 219,2 мм<sup>2</sup>, соответственно. При изучении площади поверхности переднего продырявленного вещества были определены средние значения справа и слева у мужчин (табл. 20).

**Таблица 20 – Средние значения площади поверхности переднего продырявленного вещества справа у мужчин (n = 64)**

<b>Определяемые показатели площади переднего продырявленного вещества (мм<sup>2</sup>)</b>	<b>справа</b>	<b>слева</b>
Медиана (25 и 75 процентиля) Me(LQ;UQ)	103,9(85,85;133,95)	96,55(82,2;126,6)

Для удобства оценки полученных данных, числовые значения площади поверхности переднего продырявленного вещества в наблюдениях, были сгруппированы в интервальные ряды (рис. 31).



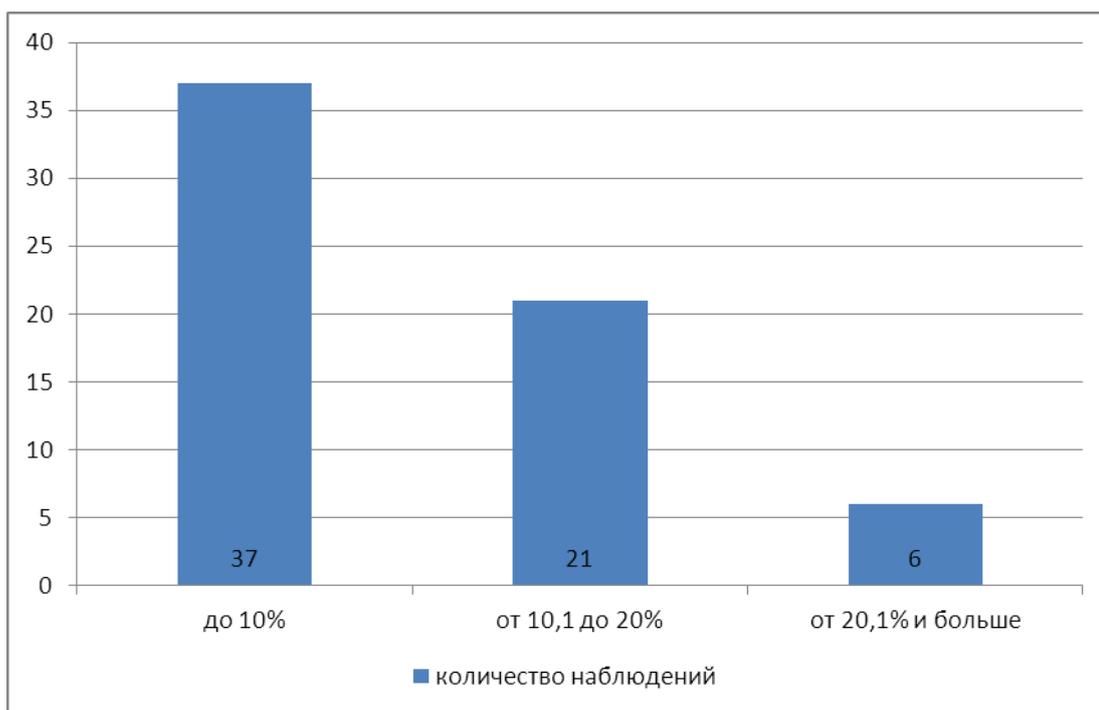
**Рисунок 31 – Распределение количества исследованного материала в интервальных рядах по величине площади поверхности переднего продырявленного вещества справа и слева у мужчин (n = 64)**

У большей части препаратов площадь поверхности переднего продырявленного вещества приходилась на интервал 80,1 – 130,0 мм². Количество наблюдений в данной интервальной группе составило 51,6% справа и 53,2% слева. Остальные наблюдения (48,4% справа и 46,8% слева) приходились на две оставшиеся интервальные группы. При сравнении данных интервальных групп, была отмечена тенденция в увеличении справа количества препаратов головного мозга, с площадью поверхности переднего продырявленного вещества в интервальной группе «от 130,1 мм² и выше» на 16%, в сравнении с интервальной группой «до 80,0 мм²». Слева в этих интервальных группах распределение количества препаратов было

одинаковым, составляя 23,4% в каждой интервальной группе. Исходя из этих данных, можно заключить, что имеется тенденция в превышении площади поверхности правого переднего продырявленного вещества над левым. Однако данные достоверными не являются ( $p > 0,05$ ).

При сравнении площади поверхности переднего продырявленного вещества справа и слева в каждом препарате, была выявлена индивидуальная вариабельность полученных значений. Для удобства оценки полученных данных, весь исследованный материал по величине межполушарных различий площади поверхности переднего продырявленного вещества, представленный в процентах, был сгруппирован в три интервальных ряда (рис. 32). В первый интервальный ряд вошли препараты, в которых площадь поверхности переднего продырявленного вещества при сравнении справа и слева имела отличие своих значений не более 10%. Во второй интервальный ряд вошли препараты, у которых справа и слева площадь поверхности отличалась на 10,1% - 20%. В третий интервал вошли препараты с разницей значений площади справа и слева более 20,1%. Минимальные и максимальные индивидуальные различия в площади поверхности переднего продырявленного вещества составили 0,2% и 37,6%, соответственно.

Таким образом, площадь поверхности переднего продырявленного вещества справа и площадь поверхности переднего продырявленного вещества слева, в 57,8% препаратов головного мозга мужчин, различалась не более чем на 10%. Различие в площади поверхности правого и левого переднего продырявленного вещества от 10,1 до 20% было выявлено у 32,8% препаратов. В 9,4% препаратов было выявлено, что площадь поверхности правого и левого переднего продырявленного вещества имела разницу более 20,1%.



**Рисунок 32 – Распределение количества исследованного материала в интервальных рядах по межполушарным различиям площади поверхности переднего продырявленного вещества у мужчин (n = 64)**

Таким образом, средние показатели площади поверхности переднего продырявленного вещества в препаратах у мужчин, не зависят от стороны полушария головного мозга при имеющемся значительном коэффициенте вариабельности у данной выборки.

### **3.3.2 Анатомическая изменчивость площади поверхности переднего продырявленного вещества справа и слева у женщин**

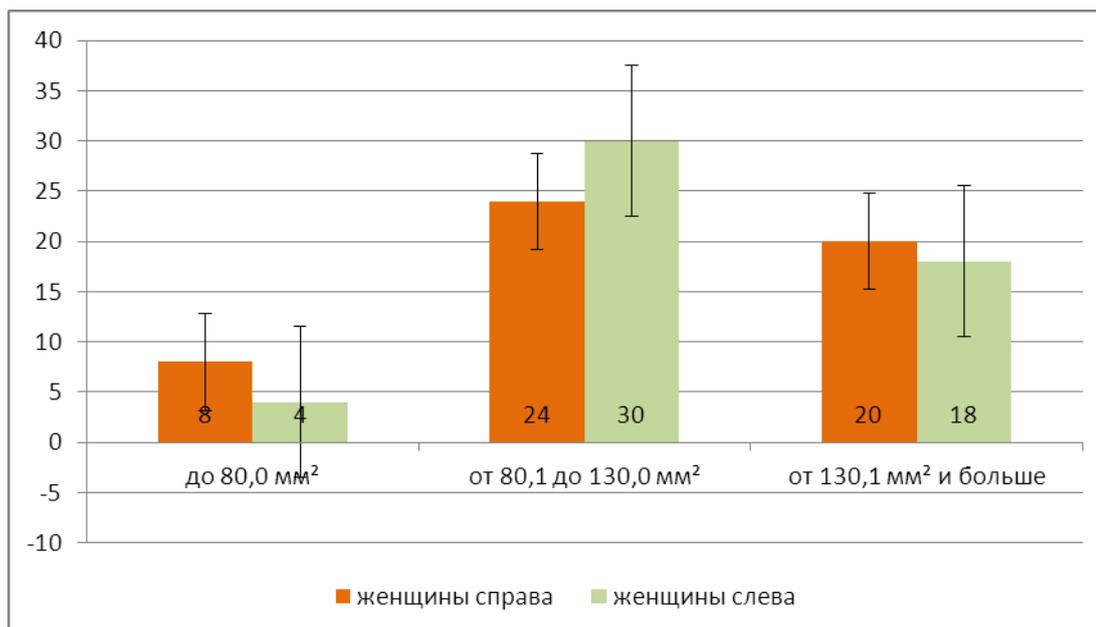
У женщин вариабельность площади поверхности переднего продырявленного вещества справа и слева, как и у мужчин, наблюдалась высокая. Минимальные и максимальные значения площади поверхности переднего продырявленного вещества справа составили 75,2 мм<sup>2</sup> и 172,5 мм<sup>2</sup>, соответственно. Слева минимальные и максимальные значения площади поверхности переднего продырявленного вещества составили 50,8 мм<sup>2</sup> и 180,2 мм<sup>2</sup>, соответственно. При изучении площади поверхности переднего продырявленного вещества были определены средние значения справа и слева у женщин (табл. 21).

**Таблица 21 – Средние значения площади поверхности переднего продырявленного вещества справа у женщин (n = 52)**

<b>Определяемые показатели площади переднего продырявленного вещества (мм<sup>2</sup>)</b>	<b>справа</b>	<b>слева</b>
Медиана (25 и 75 процентиля) Me(LQ;UQ)	113,65(104,75;140,05)	126,55(97,85;135,65)

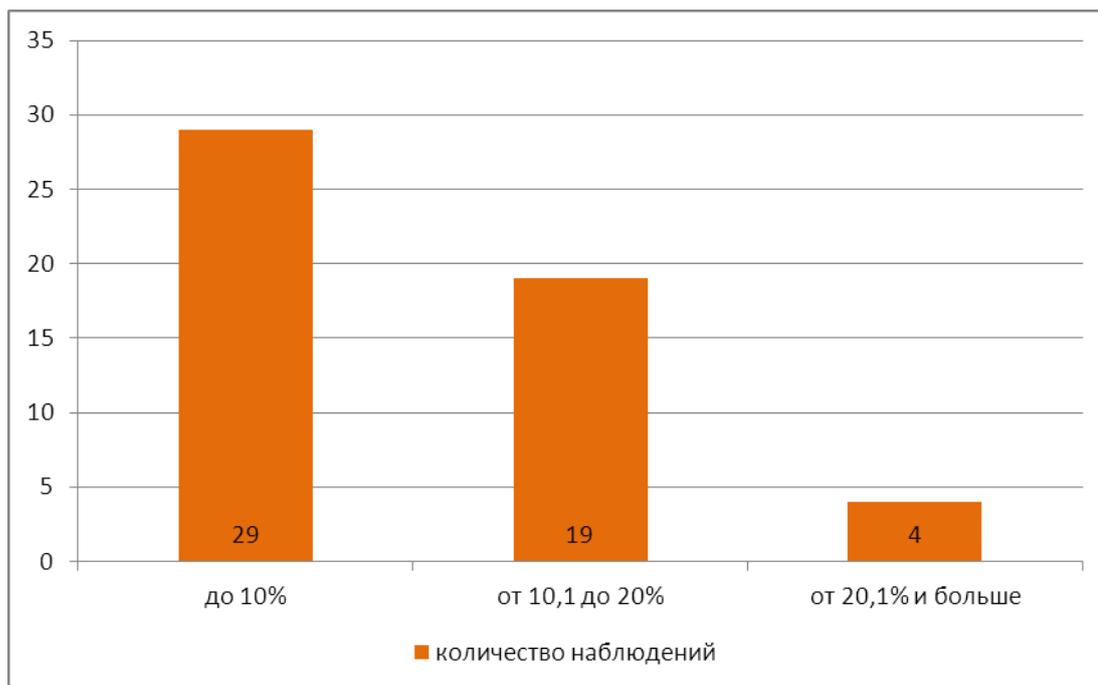
Для оценки полученных данных, числовые значения площади поверхности переднего продырявленного вещества в наблюдениях у женщин, были сгруппированы в интервальные ряды (рис. 33).

Справа и слева, у большей части препаратов, площадь поверхности переднего продырявленного вещества приходилась на интервал 80,1 – 130,0 мм<sup>2</sup>. Количество наблюдений в данной интервальной группе составило 46,1% справа и 57,7% слева. Остальные наблюдения (53,9% справа и 42,3% слева) приходились на две оставшиеся интервальные группы. При сравнении данных интервальных групп, была отмечена тенденция в увеличении справа и слева количества препаратов головного мозга, с площадью поверхности переднего продырявленного вещества в интервальной группе «от 130,1 мм<sup>2</sup> и выше», в сравнении с интервальной группой «до 80,0 мм<sup>2</sup>» на 42,8% и 63,6% соответственно. Исходя из этих данных, сделать заключение, что справа площадь поверхности переднего продырявленного вещества в препаратах головного мозга у женщин, превышает площадь поверхности переднего продырявленного вещества левой стороны не представляется возможным, поскольку различие данных по сторонам не достоверно ( $p > 0,05$ ).



**Рисунок 33 – Распределение количества исследованного материала в интервальных рядах по величине площади поверхности переднего продырявленного вещества справа и слева у женщин (n = 52)**

При сравнении площади поверхности переднего продырявленного вещества справа и слева в каждом препарате, была отмечена индивидуальная вариабельность данных. Для удобства оценки полученных данных, весь исследованный материал по величине межполушарных различий площади поверхности переднего продырявленного вещества, представленный в процентах, был сгруппирован в три интервальных ряда (рис. 34). В первый интервальный ряд вошли препараты, в которых площадь поверхности переднего продырявленного вещества при сравнении справа и слева имела отличие своих значений не более 10%. Во второй интервальный ряд вошли препараты, у которых справа и слева площадь поверхности отличалась на 10,1% - 20%. В третий интервал вошли препараты с разницей значений площади справа и слева более 20,1%. Минимальные и максимальные индивидуальные различия площади поверхности переднего продырявленного вещества составили 0,2% и 21,4%, соответственно.



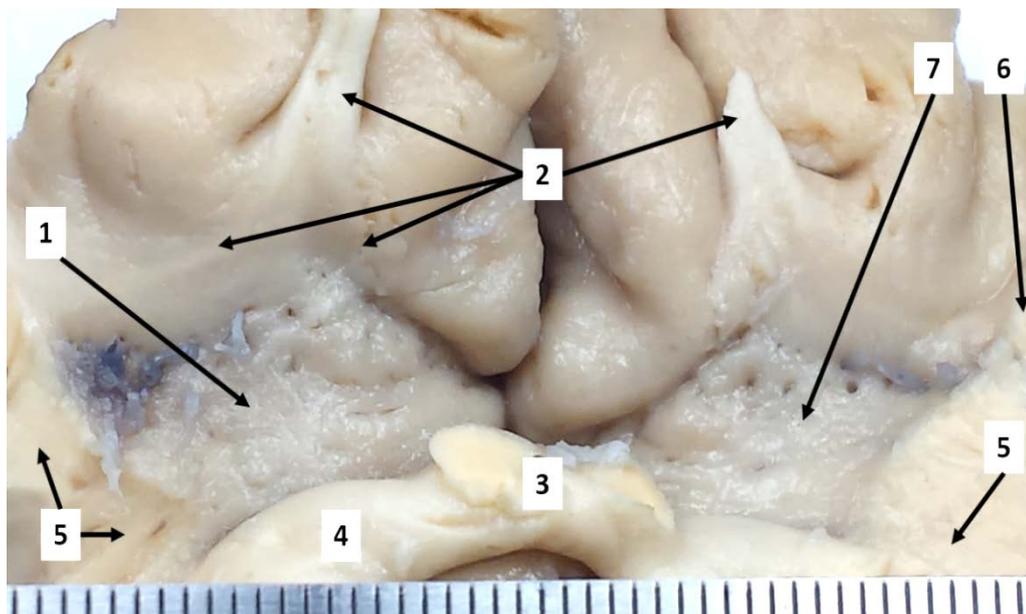
**Рисунок 34 – Распределение количества исследованного материала в интервальных рядах по межполушарным различиям в площади поверхности переднего продырявленного вещества у женщин (n = 52)**

Таким образом, площадь поверхности переднего продырявленного вещества справа и площадь поверхности переднего продырявленного вещества слева, в 55,8% препаратов головного мозга женщин, различалась не более чем на 10%. Различие в площади поверхности правого и левого переднего продырявленного вещества от 10,1 до 20% было выявлено у 36,5% препаратов головного мозга женщин. В 7,7% наблюдений было выявлено, что межполушарная разница в площади поверхности переднего продырявленного вещества у женщин, составила более 20,1%.

Таким образом, средние показатели площади поверхности переднего продырявленного вещества в препаратах у женщин, не зависят от стороны полушария головного мозга при имеющемся значительном коэффициенте вариабельности у данной выборки.

### 3.3.3 Межполушарные различия в площади поверхности переднего продырявленного вещества и деление его на квадранты у мужчин и женщин

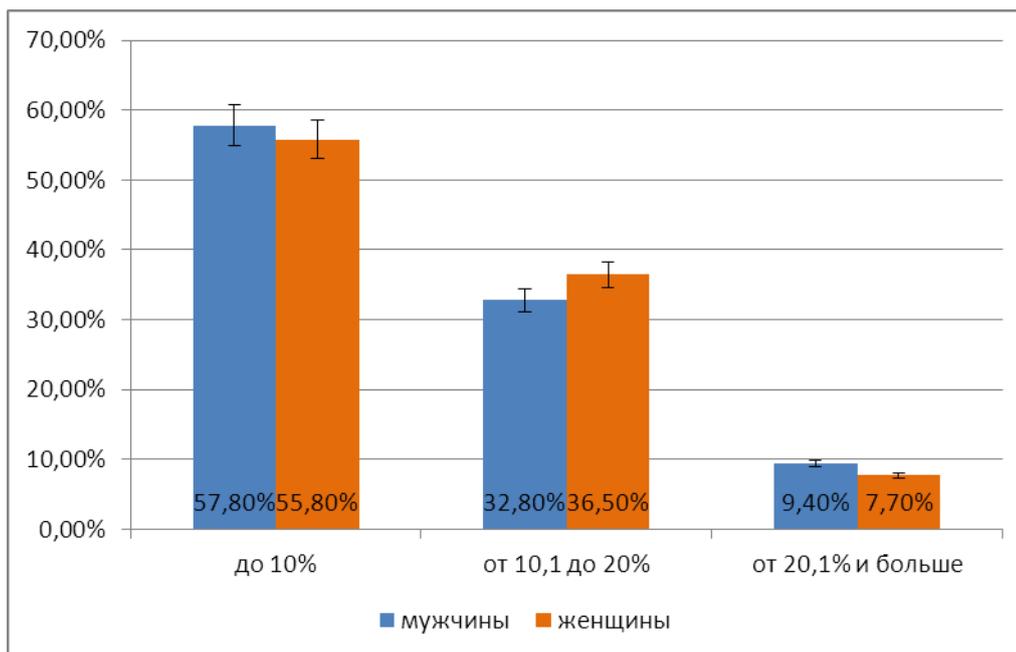
Площадь поверхности правого и левого переднего продырявленного вещества в каждом конкретном препарате не одинаковая, различаясь иногда весьма существенно (рис. 35).



**Рисунок 35 – Базальная поверхность мозга с разной площадью переднего продырявленного вещества (мужчина, 46 лет, нативный препарат головного мозга)**

1 – правое переднее продырявленное вещество, 2 – обонятельный треугольник и обонятельные полоски, 3 – перекрест зрительных нервов, 4 – правый зрительный нерв, 5 – височная доля (резецирована), 6 – начало левой латеральной борозды, 7 – левое переднее продырявленное вещество

При сравнении и анализе межполушарных различий в площади поверхности переднего продырявленного вещества у мужчин и женщин, были получены следующие данные (рис. 36). Для нивелирования неизбежно возникающей разницы данных, в связи с различным количеством наблюдений в группе мужчин и женщин, значения индивидуальной разницы площади поверхности переднего продырявленного вещества в наблюдениях, сгруппированные в интервальные ряды, представлены в процентах.

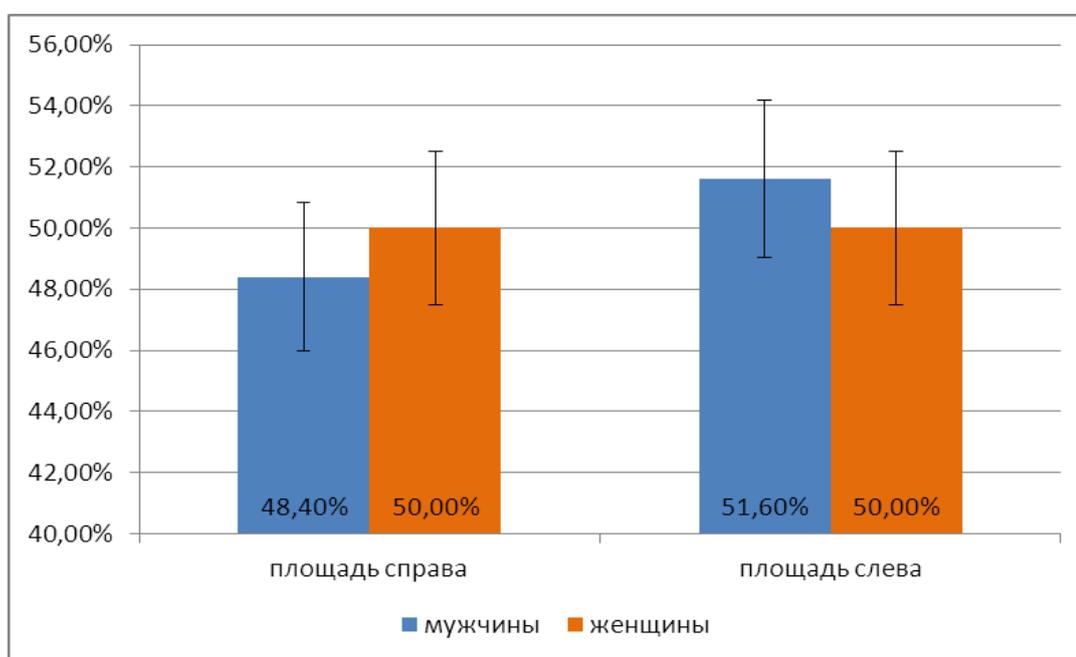


**Рисунок 36 – Распределение исследованного материала в интервальных рядах по величине межполушарных различий площади поверхности переднего продырявленного вещества у мужчин (n = 64) и женщин (n = 52)**

В 57,8% у мужчин, поверхность переднего продырявленного вещества, имела различие в своей площади справа и слева менее 10%. У женщин этот показатель был ниже на 1,8%, составляя 55,8%. Межполушарное различие от 10,1 до 20% в площади поверхности правого и левого переднего продырявленного вещества, было выявлено в 32,8% у мужчин. У женщин этот показатель был выше на 5,4%, составляя 36,5%. Межполушарное различие в площади поверхности правого и левого переднего продырявленного вещества более 20,1% было выявлено у 9,4% и 7,7% препаратов головного мозга мужчин и женщин, соответственно.

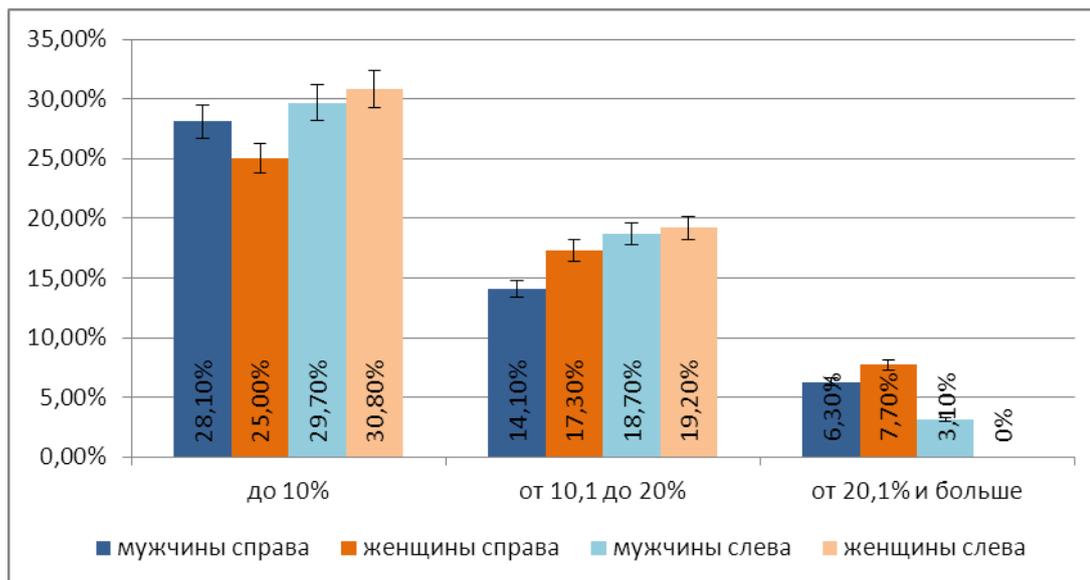
При дальнейшем анализе межполушарных различий в площади поверхности переднего продырявленного вещества, все препараты головного мозга мужчин и женщин были разделены на две группы: по превышению площади поверхности переднего продырявленного вещества справа, или слева (рис. 37). Для корректного сравнения данных, в связи с различным количеством наблюдений в группе мужчин и женщин, значения представлены в процентах.

В наблюдениях у мужчин, площадь поверхности переднего продырявленного вещества слева на 3,2% была больше, чем справа. В наблюдениях у женщин, площадь поверхности переднего продырявленного вещества справа и слева была одинаковая. При этом справа, количество препаратов, имеющих преобладание в площади поверхности переднего продырявленного вещества, у женщин на 1,6% больше таковых у мужчин. В свою очередь, слева количество препаратов, имеющих преобладание в площади поверхности переднего продырявленного вещества, у мужчин на 1,6% больше таковых у женщин.



**Рисунок 37 – Распределение исследованного материала по превышению площади поверхности переднего продырявленного вещества справа или слева, в процентах у мужчин (n = 64) и женщин (n = 52)**

При распределении исследованного материала головного мозга мужчин и женщин в интервальных рядах по межполушарным различиям площади поверхности переднего продырявленного вещества с учетом преобладания данной площади справа или слева, были получены следующие данные (рис. 38). Для сравнения данных, в связи с различным количеством наблюдений в группе мужчин и женщин, значения представлены в процентах.



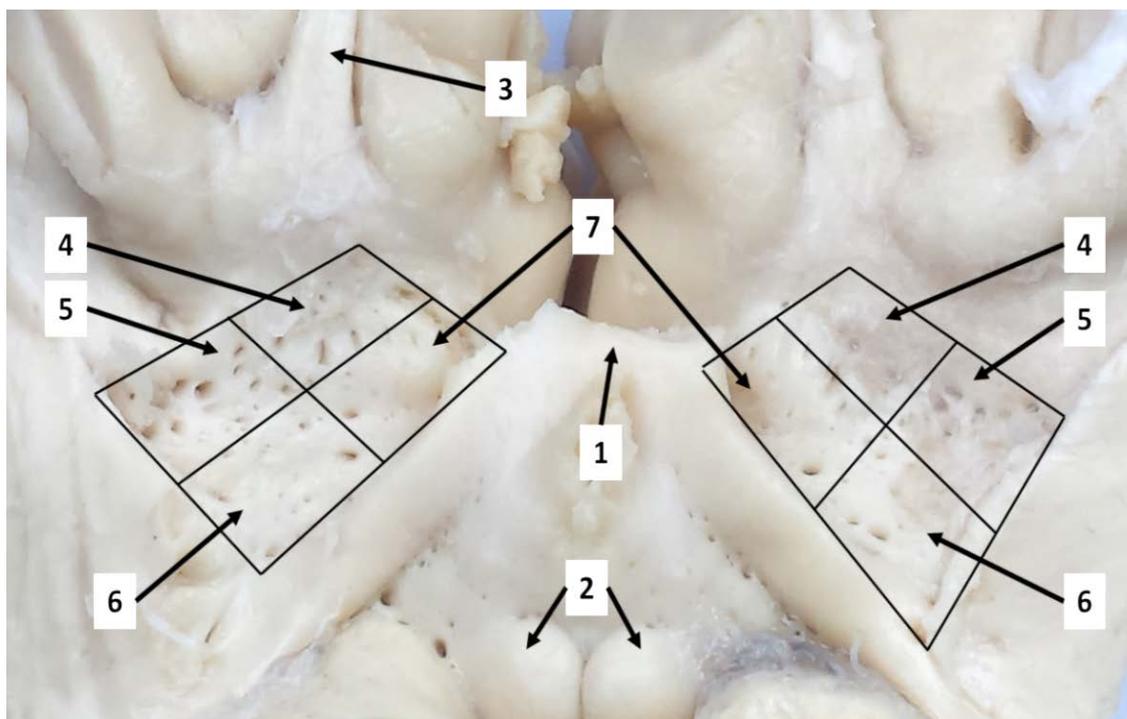
**Рисунок 38 – Распределение материала в интервальных рядах по величине межполушарных различий площади поверхности переднего продырявленного вещества, с учетом превышения ее справа или слева, у мужчин (n = 64) и женщин (n = 52)**

У мужчин и у женщин, в двух интервальных рядах «до 10%» и «от 10,1 до 20%» было выявлено больше препаратов с превышением площади поверхности левого переднего продырявленного вещества над правым на 2,8% и 14%, и на 10,4% и 5,4%, соответственно. В последнем интервальном ряду «от 20,1% и больше», у мужчин, было выявлено на 34% больше препаратов с превышением площади поверхности правого переднего продырявленного вещества над левым. В последнем интервальном ряду «от 20,1% и больше», у женщин, все препараты имели справа площадь поверхности переднего продырявленного вещества большую, чем слева.

При сравнении и анализе средней площади поверхности переднего продырявленного вещества в препаратах группы мужчин, с препаратами группы женщин было выявлено, что площадь поверхности вещества у женщин достоверно больше площади поверхности вещества у мужчин ( $p < 0,05$ ).

После разделения поверхности каждого переднего продырявленного вещества, на четыре неправильных четырехугольника, или квадранта:

ростральный, каудальный, медиальный и латеральный, была отмечена особенность проникновения в него центральных артерий не по всей площади поверхности, а неравномерно, преимущественно в ростральном и латеральном его квадрантах. Такое подразделение на квадранты наиболее полно соответствует топографии проникновения в переднее продырявленное вещество центральных артерий, и позволяет легко применить его в качестве ориентира, как на препаратах головного мозга, так и во время нейрохирургических вмешательств у людей. При этом, топография проникновения подавляющего большинства центральных артерий всегда соответствует одним и тем же квадрантам, во всех препаратах головного мозга мужчин и женщин: ростральному и латеральному, вне зависимости от формы и размеров самого переднего продырявленного вещества, как справа, так и слева (рис. 39). В среднем, в латеральный квадрант у мужчин идут справа 47%, слева 46%, в ростральный квадрант справа 29%, слева 28% всех центральных артерий. Оставшиеся центральные артерии: 24% справа и 26% слева, идут в медиальный и каудальный квадранты. У женщин, в латеральный квадрант идут справа 53%, слева 51%, в ростральный квадрант справа 30%, слева 29% всех центральных артерий. Оставшиеся центральные артерии: 17% справа и 20% слева, идут в медиальный и каудальный квадранты.



**Рисунок 39 – Нижняя поверхность полушарий головного мозга с делением переднего продырявленного вещества на квадранты (мужчина, 55 лет, нативный препарат головного мозга)**

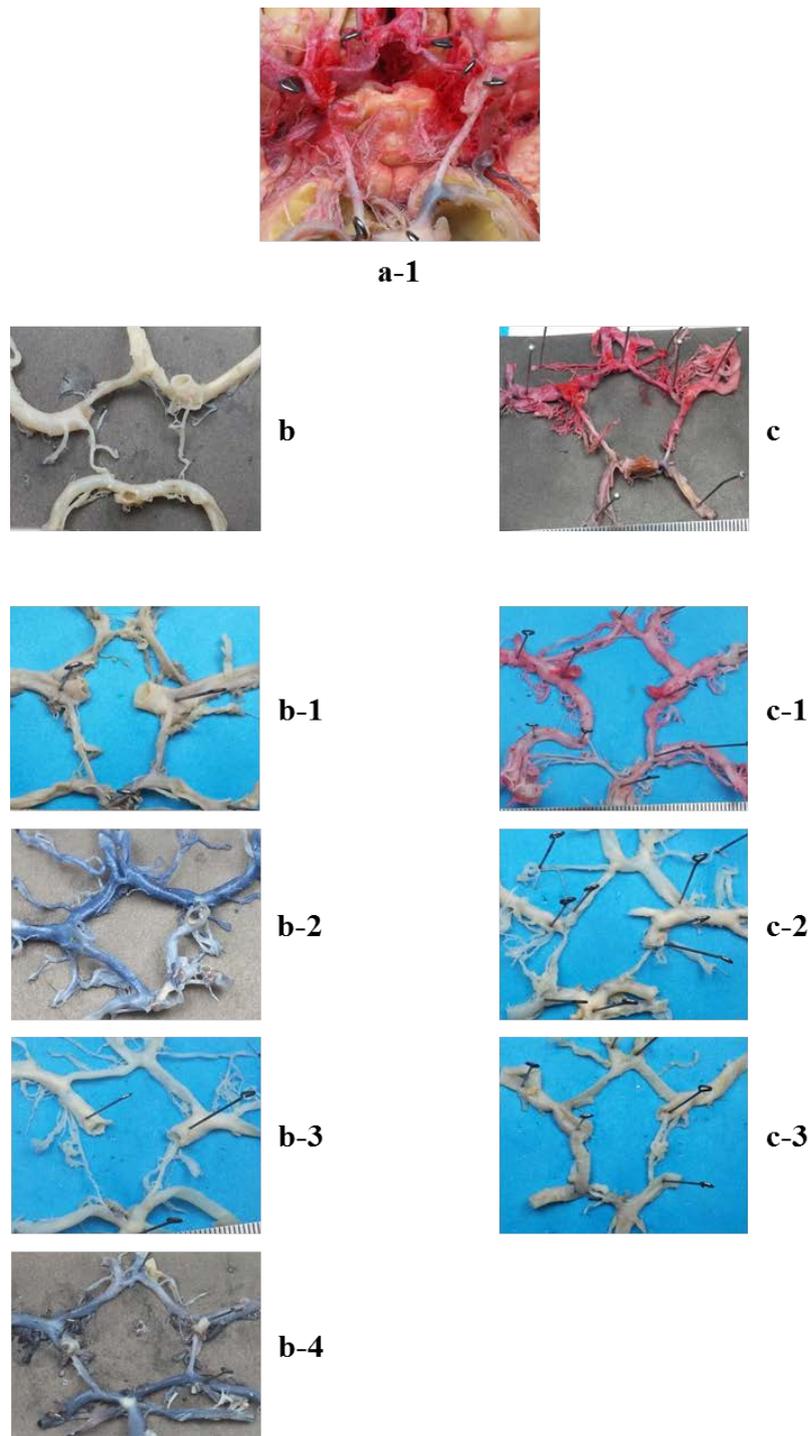
1 – перекрест зрительных нервов, 2 – сосцевидные тела, 3 – правый обонятельный тракт, 4 – ростральный квадрант переднего продырявленного вещества, 5 – латеральный квадрант переднего продырявленного вещества, 6 – каудальный квадрант переднего продырявленного вещества, 7 – медиальный квадрант переднего продырявленного вещества

### **3.4 Особенности топографии центральных артерий, направляющихся к переднему продырявленному веществу и варианты строения артериального круга большого мозга**

#### **3.4.1 Анатомическая изменчивость строения артериального круга большого мозга у мужчин и женщин**

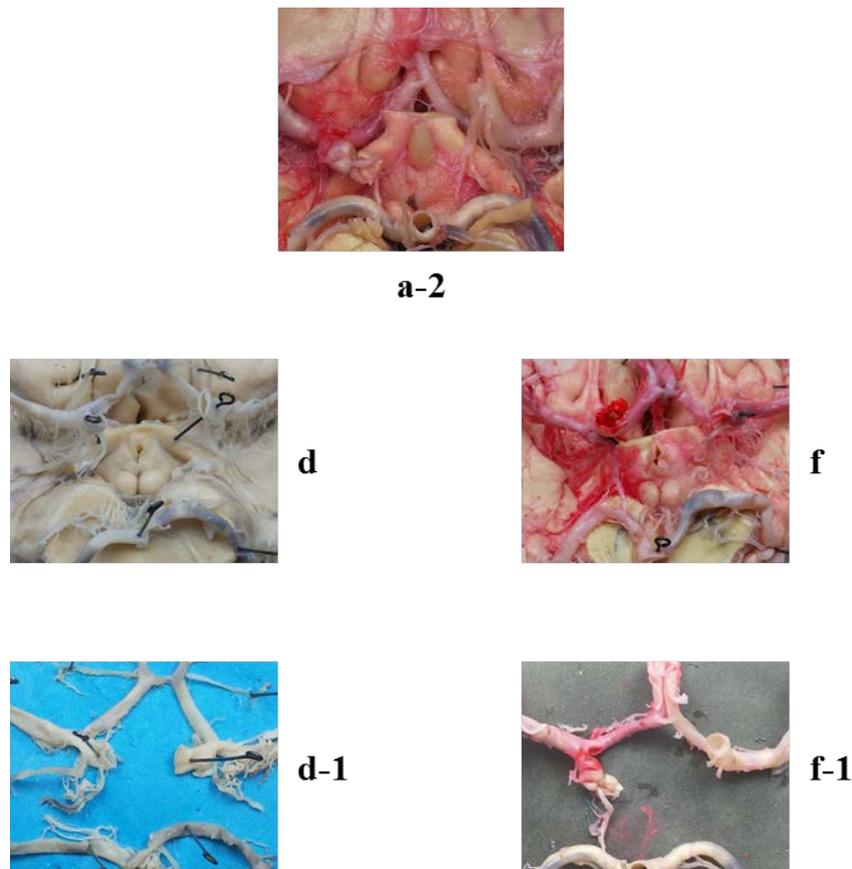
В исследовании было обнаружено множество разнообразных вариантов артериального круга мозга. С целью систематизации, все найденные в препаратах варианты круга были выделены в два типа, в свою очередь включающие в себя по две группы. Подразделение на типы осуществлялось по признаку замкнутости артериального круга, с выделением замкнутого варианта конструкции и разомкнутого варианта конструкции круга. Замкнутые варианты конструкции артериального круга были найдены в 71,5% препаратов, разомкнутые – в 28,5% препаратов. В дальнейшем, как в замкнутых, так и в незамкнутых формах конструкции (строения) круга все возможные варианты были объединены в две группы: с симметричной формой конструкции круга и с несимметричной формой конструкции круга. В соответствии с выделенными типами и группами были распределены найденные варианты артериального круга большого мозга. Все варианты строения артериального круга с делением на типы и группы представлены в виде рисунков (рис. 40, 41) и в виде МР-ангиограмм артерий головного мозга, выполненных на МР-томографе с напряженностью магнитного поля 1,5 тесла (рис. 42). Данные по количеству препаратов с вариантами круга, представлены в виде таблицы (табл. 22). Таким образом, при систематизации артериального круга были сформированы два типа, четыре группы и одиннадцать вариантов его строения. В тип замкнутых и группу симметричных по конструкции артериальных кругов входили варианты с «классическим» строением, варианты с гиперплазией двух одноименных артерий, с гипоплазией двух одноименных артерий, и варианты с различным строением передней соединительной артерии. Тип замкнутых и группа несимметричных по конструкции артериальных кругов была представлена вариантами с гиперплазией одной артерии или нескольких разноименных

артерий, варианты с гипоплазией одной артерии или нескольких разноименных артерий, вариантами с сочетанием гиперплазии и гипоплазии одноименных или разноименных артерий, входящих в состав круга. В тип разомкнутых и группу симметричных по конструкции артериальных кругов входил вариант с отсутствием одноименных артерий с двух сторон. Тип разомкнутых и группа несимметричных по конструкции артериальных кругов была представлена вариантом с отсутствием одной из парных артерий. Было предположено существование еще двух вариантов артериальных кругов большого мозга, относящихся к типу разомкнутых, однако на имеющихся препаратах они найдены не были. Это вариант с отсутствием передней соединительной артерии (группа симметричных кругов) и вариант с отсутствием двух и более разноименных артерий (группа несимметричных кругов). Уместно сказать, что на вид с позиции геометрии, артериальный круг подобен не кругу, а многоугольнику, однако задача классифицировать артериальный круг (многоугольник) по количеству углов, не ставилась. Таким образом, проведенные исследования показали наличие «классического» (типичного) строения артериального круга головного мозга лишь в 9,5% случаев, в остальных случаях (90,5%) артериальный круг головного мозга был представлен разнообразными вариантами строения составляющих его сосудов.



**Рисунок 40 – Тип замкнутых артериальных кругов большого мозга**

a-1 – замкнутый артериальный круг на основании мозга; b – группа симметричных замкнутых артериальных кругов: b-1 – классический вариант; b-2 – с гиперплазией двух одноименных артерий; b-3 – с гипоплазией двух одноименных артерий; b-4 – с вариантами передней соединительной артерии; c – группа несимметричных замкнутых артериальных кругов: c-1 – с гиперплазией двух разноименных артерий; c-2 – с гипоплазией двух разноименных артерий; c-3 – с сочетанием гиперплазии и гипоплазии одноименных артерий

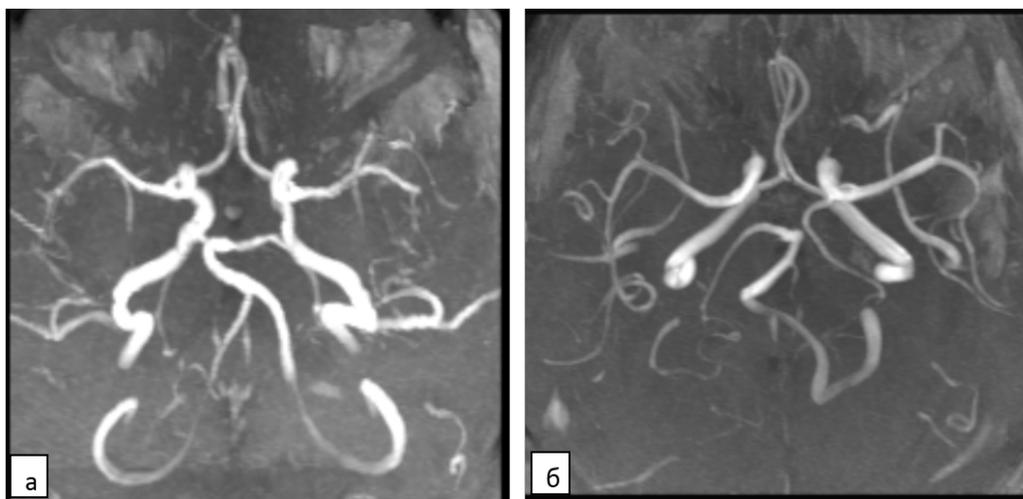


**Рисунок 41 – Тип разомкнутых артериальных кругов большого мозга**  
 а-2 – разомкнутый артериальный круг на основании мозга; d – группа симметричных разомкнутых артериальных кругов: d-1 – с отсутствием одноименных артерий; f – группа несимметричных разомкнутых артериальных кругов: f-1 – с отсутствием одной из парных артерий

Дальнейший анализ артериальных кругов большого мозга выполнялся с учетом половой принадлежности препаратов. Для нивелирования неизбежно возникающей разницы данных, в связи с различным количеством препаратов в группе мужчин и женщин, число вариантов артериального круга рассчитано в процентах. Данные по процентному соотношению препаратов с вариантами круга в группе мужчин и женщин, представлены в виде таблицы (табл. 23).

При объединении вариантов артериального круга по их типу (замкнутый и незамкнутый) и группе (симметричный и несимметричный), был выявлен половой диморфизм (табл. 24 - 26). У мужчин преобладали замкнутые симметричные и разомкнутые симметричные, а у женщин преобладали замкнутые несимметричные и разомкнутые несимметричные артериальные

круги. Замкнутые симметричные круги в препаратах у мужчин встречались на 4,6% чаще, а разомкнутые симметричные – на 3,2% чаще, чем в препаратах у женщин. Замкнутые несимметричные круги в препаратах у мужчин встречались на 6,4% реже, а разомкнутые несимметричные – на 0,4% реже, чем в препаратах у женщин. Вместе с тем, в препаратах у женщин, замкнутое строение артериального круга большого мозга встречалось чаще, чем в препаратах у мужчин на 1,8%, а разомкнутое строение круга встречалось реже на 2,8% (табл. 25). Несимметричные артериальные круги у мужчин и у женщин встречались чаще, чем симметричные на 19% и 33,6% соответственно. При этом артериальные круги симметричного строения встречались чаще у мужчин, чем у женщин на 7,8%, а артериальные круги несимметричного строения у мужчин встречались реже, чем у женщин на 6,8% (табл. 26). Таким образом, строение артериальных кругов у женщин достоверно отличалось от строения артериальных кругов у мужчин по признаку симметричности (2/3 артериальных кругов у женщин – несимметричного строения, у мужчин – лишь 2/5), при недостоверном отличии кругов у мужчин и женщин по признаку замкнутости.



**Рисунок 42 – МР-ангиограммы артерий головного мозга (МР-томограф с напряженностью магнитного поля 1,5 тесла (MRI 1,5 Т)**

а – вариант замкнутого строения артериального круга мозга; б – вариант разомкнутого артериального круга мозга. Центральные артерии на снимках не определяются

**Таблица 22 – Количество вариантов артериального круга большого мозга при делении его на типы и группы (n = 116)**

<b>Тип круга (по признаку замкнутости)</b>	<b>Группа (по признаку симметричности)</b>	<b>Варианты круга</b>	<b>Кол-во абс. (в %)</b>
Замкнутый	Симметричный	«классический»	11 (9,5)
		с гиперплазией двух одноименных артерий	11 (9,5)
		с гипоплазией двух одноименных артерий	5 (4,3)
		с вариантами передней соединительной артерии	5 (4,3)
	Несимметричный	с гиперплазией одной парной артерии или двух разноименных артерий	5 (4,3)
		с гипоплазией одной парной артерии или двух разноименных артерий	5 (4,3)
		с сочетанием гиперплазии и гипоплазии одноименных или разноименных артерий	41 (35,3)
Разомкнутый	Симметричный	с отсутствием одноименных артерий	11 (9,5)
		с отсутствием передней соединительной артерии	-
	Несимметричный	с отсутствием одной из парных артерий	22 (19,0)
		с отсутствием двух и более разноименных артерий	-

**Таблица 23 – Процентное соотношение вариантов артериального круга большого мозга в препаратах у мужчин и женщин при делении его на типы и группы (n = 116)**

Тип круга (по признаку замкнутости) и Группа (по признаку симметричности)	Варианты круга	Встречаемость вариантов (%)	
		мужчины (n = 64)	женщины (n = 52)
Замкнутый Симметричный	«классический»	12,5	5,8
	с гиперплазией двух одноименных артерий	7,8	11,5
	с гипоплазией двух одноименных артерий	3,1	5,8
	с вариантами передней соединительной артерии	6,2	1,9
Замкнутый Несимметричный	с гиперплазией одной парной артерии или двух разноименных артерий	4,7	3,85
	с гипоплазией одной парной артерии или двух разноименных артерий	4,7	3,85
	с сочетанием гиперплазии и гипоплазии одноименных или разноименных артерий	31,3	40,4
Разомкнутый Симметричный	с отсутствием одноименных артерий	10,9	7,7
	с отсутствием передней соединительной артерии	-	-
Разомкнутый Несимметричный	с отсутствием одной из парных артерий	18,8	19,2
	с отсутствием двух и более разноименных артерий	-	-

**Таблица 24 – Процентное соотношение типов и групп артериального круга большого мозга в препаратах у мужчин и женщин (n = 116)**

Тип круга (по признаку замкнутости) и Группа (по признаку симметричности)	Встречаемость (%)	
	мужчины (n = 64)	женщины (n = 52)
Замкнутый Симметричный	29,6	25,0
Замкнутый Несимметричный	40,7	47,1
Разомкнутый Симметричный	10,9	7,7
Разомкнутый Несимметричный	18,8	19,2

**Таблица 25 – Процентное соотношение типов артериального круга большого мозга в препаратах у мужчин и женщин.**

Тип круга (по признаку замкнутости)	Встречаемость (%)	
	Мужчины (n = 64)	Женщины (n = 52)
Замкнутый	70,3	72,1
Разомкнутый	29,7	26,9

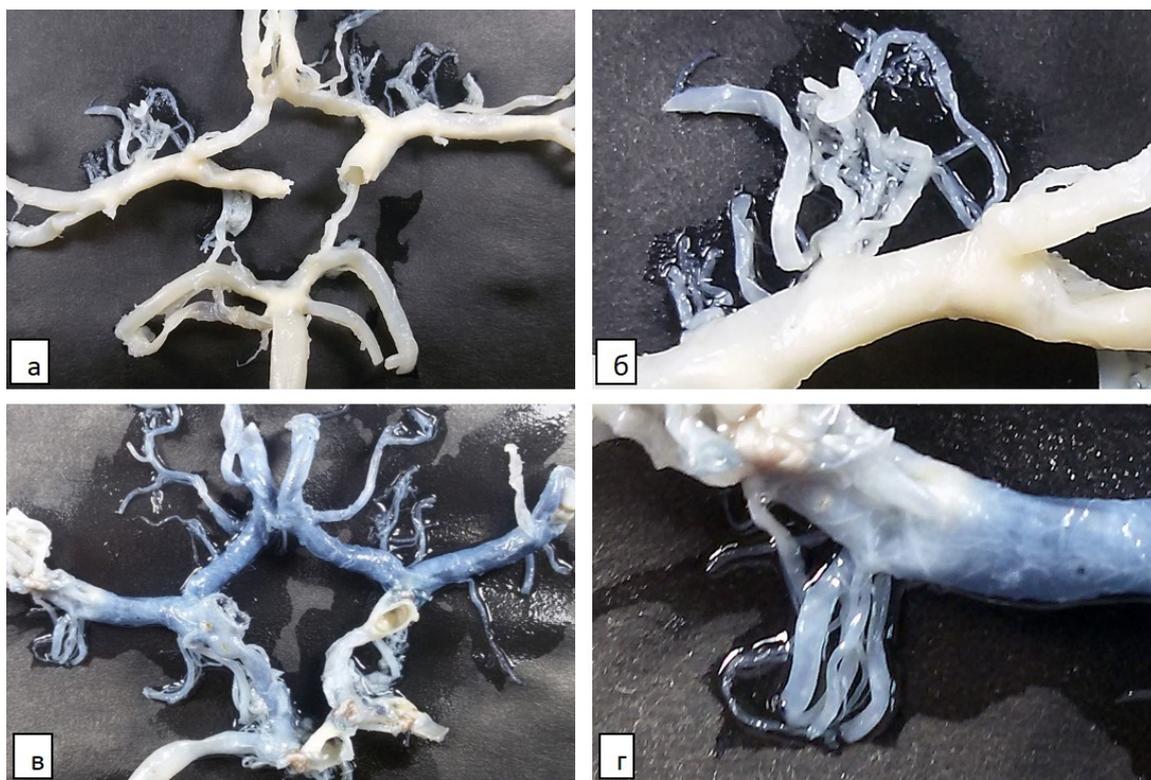
**Таблица 26 – Процентное соотношение групп артериального круга большого мозга в препаратах у мужчин и женщин.**

Группа (по признаку симметричности)	Встречаемость (%)	
	Мужчины (n = 64)	Женщины (n = 52)
Симметричный	40,5	32,7
Несимметричный	59,5	66,3

Таким образом, у мужчин и у женщин преобладают артериальные круги большого мозга несимметричные, замкнутого типа строения.

### **3.4.2 Анатомическая изменчивость центральных артерий, направляющихся к переднему продырявленному веществу, в зависимости от вариантов конструкции артериального круга большого мозга**

В препаратах у мужчин был проведен сравнительный анализ форм переднелатеральных центральных артерий (рассыпная, в виде пучка сосудов) в зависимости от типа, группы и варианта конструкции артериального круга мозга (рис. 43, 44). Было обнаружено, что переднелатеральные центральные артерии в виде пучка сосудов имеются: в восьми препаратах с замкнутыми симметричными артериальными кругами, в пяти препаратах с замкнутыми несимметричными артериальными кругами и в двух препаратах с разомкнутыми симметричными артериальными кругами. При этом, в двух препаратах с замкнутыми симметричными артериальными кругами «классической» конструкции было обнаружено одновременное расположение двух переднелатеральных центральных артерий в виде пучка сосудов: в одном препарате – с одной (левой) стороны, в другом – по одному сосуду с каждой стороны. В одном препарате с замкнутым несимметричным артериальным кругом конструкция которого имела сочетание гиперплазии и гипоплазии одноименных или разноименных артерий так же было обнаружено одновременное расположение двух переднелатеральных центральных артерий в виде пучка сосудов с левой стороны. В остальных препаратах переднелатеральные центральные артерии имели рассыпную форму строения своих стволов. Данные по процентному соотношению препаратов с формами строения переднелатеральных центральных артерий в зависимости от вариантов, типов и групп артериального круга большого мозга у мужчин, представлены в виде таблиц 27 – 30.



**Рисунок 43 – Замкнутые симметричные артериальные круги основания головного мозга человека (натуральный препарат артерий, переднелатеральные центральные артерии отходят от средней мозговой артерии в виде пучка)**

а - «классический» тип строения артериального круга; б – от средней мозговой артерии отходит короткий ствол, дающий начало центральным артериям («пучковый тип»); в – тип строения артериального круга с задними соединительными артериями эмбрионального типа; г – отхождение, в виде пучка, центральных артерий от средней мозговой



**Рисунок 44 – Разомкнутые несимметричные артериальные круги основания головного мозга человека (натуральный препарат артерий, переднелатеральные центральные артерии отходят от средней мозговой артерии по рассыпному типу)**

а – гипоплазия правой передней (предкоммуникативный отдел), гипоплазия левой задней мозговой и отсутствие правой задней мозговой (предкоммуникативных отделов); б – переднелатеральные центральные артерии по рассыпному типу; в – резко выраженная гипоплазия предкоммуникативного отдела левой передней мозговой артерии; г – переднелатеральные центральные артерии по рассыпному типу

**Таблица 27 – Процентное соотношение препаратов с формами строения переднелатеральных центральных артерий, в зависимости от вариантов, типов и групп артериального круга большого мозга, у мужчин (n = 64)**

Тип круга (по признаку замкнутости) и Группа (по признаку симметричности)	Варианты круга	Переднелатеральные центральные артерии	
		Рассыпная форма строения сосудов (%)	Форма строения в виде пучка сосудов (%)
Замкнутый Симметричный	«классический»	6,25	6,25
	с гиперплазией двух одноименных артерий	4,7	3,1
	с гипоплазией двух одноименных артерий	3,1	-
	с вариантами передней соединительной артерии	3,1	3,1
Замкнутый Несимметричный	с гиперплазией одной парной артерии или двух разноименных артерий	4,7	-
	с гипоплазией одной парной артерии или двух разноименных артерий	3,1	1,6
	с сочетанием гиперплазии и гипоплазии одноименных или разноименных артерий	25,0	6,25
Разомкнутый Симметричный	с отсутствием одноименных артерий	7,85	3,1
	с отсутствием передней соединительной артерии	-	-
Разомкнутый Несимметричный	с отсутствием одной из парных артерий	18,8	-
	с отсутствием двух и более разноименных артерий	-	-

**Таблица 28 – Процентное соотношение препаратов с формами строения переднелатеральных центральных артерий, в зависимости от типа и группы артериального круга большого мозга, в препаратах у мужчин (n = 64)**

<b>Тип круга (по признаку замкнутости) и Группа (по признаку симметричности)</b>	<b>Переднелатеральные центральные артерии</b>	
	<b>Рассыпная форма строения сосудов (%)</b>	<b>Форма строения в виде пучка сосудов (%)</b>
Замкнутый Симметричный	17,15	12,45
Замкнутый Несимметричный	32,8	7,85
Разомкнутый Симметричный	7,85	3,1
Разомкнутый Несимметричный	18,8	-

**Таблица 29 – Процентное соотношение препаратов с формами строения переднелатеральных центральных артерий, в зависимости от типа артериального круга большого мозга, в препаратах у мужчин (n = 64)**

<b>Тип круга (по признаку замкнутости)</b>	<b>Переднелатеральные центральные артерии</b>	
	<b>Рассыпная форма строения сосудов (%)</b>	<b>Форма строения в виде пучка сосудов (%)</b>
Замкнутый	49,95	20,3
Разомкнутый	26,65	3,1

**Таблица 30 – Процентное соотношение препаратов с формами строения переднелатеральных центральных артерий, в зависимости от группы артериального круга большого мозга, в препаратах у мужчин (n = 64)**

<b>Группа (по признаку симметричности)</b>	<b>Переднелатеральные центральные артерии</b>	
	<b>Рассыпная форма строения сосудов (%)</b>	<b>Форма строения в виде пучка сосудов (%)</b>
Симметричный	25,0	15,55
Несимметричный	51,6	7,85

Таким образом, данные таблиц 28 – 30, свидетельствуют о более высокой частоте встречаемости переднелатеральных центральных артерий с формой своего строения в виде пучка сосудов в замкнутых и симметричных артериальных кругах по сравнению с разомкнутыми и несимметричными, на 17,2% и 7,7% соответственно.

В препаратах у женщин было проведен сравнительный анализ форм переднелатеральных центральных артерий (рассыпная, в виде пучка сосудов) в зависимости от типа, группы и варианта конструкции артериального круга мозга. Было обнаружено, что переднелатеральные центральные артерии в виде пучка сосудов имеются: в четырех препаратах с замкнутыми симметричными артериальными кругами, в трех препаратах с замкнутыми несимметричными артериальными кругами, в одном препарате с разомкнутым симметричным и в одном препарате с разомкнутым несимметричным артериальными кругами. Одновременное расположение двух переднелатеральных центральных артерий в виде пучка сосудов ни в одном препарате обнаружено не было. В остальных препаратах переднелатеральные центральные артерии имели рассыпную форму строения своих стволов. Данные по процентному соотношению препаратов с формами строения переднелатеральных центральных артерий в зависимости от вариантов, типов и групп артериального круга большого мозга у женщин, представлены в виде таблиц 31 – 34.

**Таблица 31 – Процентное соотношение препаратов с формами строения переднелатеральных центральных артерий, в зависимости от вариантов, типов и групп артериального круга большого мозга, у женщин (n = 52)**

Тип круга (по признаку замкнутости) и Группа (по признаку симметричности)	Варианты круга	Переднелатеральные центральные артерии	
		Рассыпная форма строения сосудов (%)	Форма строения в виде пучка сосудов (%)
Замкнутый Симметричный	«классический»	3,85	1,9
	с гиперплазией двух одноименных артерий	7,7	3,85
	с гипоплазией двух одноименных артерий	3,85	1,9
	с вариантами передней соединительной артерии	1,9	-
Замкнутый Несимметричный	с гиперплазией одной парной артерии или двух разноименных артерий	3,85	-
	с гипоплазией одной парной артерии или двух разноименных артерий	3,85	-
	с сочетанием гиперплазии и гипоплазии одноименных или разноименных артерий	34,65	5,8
Разомкнутый Симметричный	с отсутствием одноименных артерий	5,8	1,9
	с отсутствием передней соединительной артерии	-	-
Разомкнутый Несимметричный	с отсутствием одной из парных артерий	17,3	1,9
	с отсутствием двух и более разноименных артерий	-	-

**Таблица 32 – Процентное соотношение препаратов с формами строения переднелатеральных центральных артерий, в зависимости от типа и группы артериального круга большого мозга, в препаратах у женщин (n = 52)**

Тип круга (по признаку замкнутости) и Группа (по признаку симметричности)	Переднелатеральные центральные артерии	
	Рассыпная форма строения сосудов (%)	Форма строения в виде пучка сосудов (%)
Замкнутый Симметричный	17,3	7,65
Замкнутый Несимметричный	42,35	5,8
Разомкнутый Симметричный	5,8	1,9
Разомкнутый Несимметричный	17,3	1,9

**Таблица 33 – Процентное соотношение препаратов с формами строения переднелатеральных центральных артерий, в зависимости от типа артериального круга большого мозга, в препаратах у женщин (n = 52)**

Тип круга (по признаку замкнутости)	Переднелатеральные центральные артерии	
	Рассыпная форма строения сосудов (%)	Форма строения в виде пучка сосудов (%)
Замкнутый	59,65	13,45
Разомкнутый	23,1	3,8

**Таблица 34 – Процентное соотношение препаратов с формами строения переднелатеральных центральных артерий, в зависимости от группы артериального круга большого мозга, в препаратах у женщин (n = 52)**

<b>Группа (по признаку симметричности)</b>	<b>Переднелатеральные центральные артерии</b>	
	<b>Рассыпная форма строения сосудов (%)</b>	<b>Форма строения в виде пучка сосудов (%)</b>
Симметричный	23,1	9,55
Несимметричный	59,65	7,7

Таким образом, данные таблиц 32 – 34 свидетельствуют о более высокой частоте встречаемости переднелатеральных центральных артерий с формой своего строения в виде пучка сосудов, в замкнутых и симметричных артериальных кругах по сравнению с разомкнутыми и несимметричными, на 9,65% и 1,85% соответственно.

Однако, у мужчин и у женщин, распределение препаратов с рассыпной формой строения переднелатеральных центральных артерий и с формой строения в виде пучка сосудов, в зависимости от типа и группы артериального круга большого мозга достоверно не отличается, что подтверждается сравнением данных в таблицах 28 – 30 с соответствующими данными в таблицах 32 – 34.

При анализе частоты встречаемости переднелатеральных центральных артерий с формой своего строения в виде пучка сосудов во всех препаратах (у мужчин и женщин) были получены следующие данные (табл. 35). Чаще всего форма строения переднелатеральных центральных артерий в виде пучка сосудов была обнаружена в «классических» вариантах круга, немного реже – с вариантами передней соединительной артерии, еще реже – с гиперплазией двух одноименных артерий. Варианты артериального круга «классического» строения являются замкнутыми и симметричными, где сосуды замкнуты в многоугольник (круг), прекоммуникативные части передних мозговых артерий,

являющиеся ветвями внутренних сонных артерий, объединены посредством одной передней соединительной артерии, а внутренние сонные артерии – посредством задних соединительных артерий малого диаметра с задними мозговыми артериями, исходящими из одной базилярной артерии. Два остальных варианта артериального круга отличались от круга «классического» строения либо удвоением передней соединительной артерии, либо – гиперплазией двух задних соединительных артерий, без изменения анатомии остальных сосудов. Следует заметить, что три данных варианта круга составили менее четверти (23,3%) из всех исследованных артериальных кругов у мужчин и женщин. Далее, в порядке убывания, идет вариант круга с отсутствием одноименных артерий (во всех случаях это были задние соединительные артерии), который относится к разомкнутым и симметричным по конструкции артериальным кругом. Затем – два варианта круга: с гипоплазией двух одноименных артерий (задних соединительных) и с гипоплазией одной парной артерии или двух разноименных артерий. Еще реже переднелатеральные центральные артерии в виде пучка сосудов были обнаружены в препаратах с вариантом круга представляющем собой сочетание гиперплазии и гипоплазии одноименных или разноименных артерий. Все три последних варианта круга являлись замкнутыми по конструкции. В разомкнутых и несимметричных по конструкции артериальных кругах переднелатеральные центральные артерии в виде пучка сосудов обнаруживались очень редко (менее 5%).

**Таблица 35 – Частота встречаемости препаратов с формами строения переднелатеральных центральных артерий в виде пучка сосудов, в зависимости от вариантов, типов и групп артериального круга большого мозга, в препаратах у мужчин и женщин (n = 116)**

<b>Тип круга (по признаку замкнутости) и Группа (по признаку симметричности)</b>	<b>Варианты круга</b>	<b>Частота встречаемости переднелатеральных центральных артерий с формой своего строения в виде пучка сосудов (%)</b>
Замкнутый Симметричный	«классический»	45,5
	с гиперплазией двух одноименных артерий	36,4
	с гипоплазией двух одноименных артерий	20,0
	с вариантами передней соединительной артерии	40,0
Замкнутый Несимметричный	с гиперплазией одной парной артерии или двух разноименных артерий	-
	с гипоплазией одной парной артерии или двух разноименных артерий	20,0
	с сочетанием гиперплазии и гипоплазии одноименных или разноименных артерий	17,1
Разомкнутый Симметричный	с отсутствием одноименных артерий	27,3
	с отсутствием передней соединительной артерии	-
Разомкнутый Несимметричный	с отсутствием одной из парных артерий	4,8
	с отсутствием двух и более разноименных артерий	-

Как видно из таблицы 35, все данные указывают на то, что частота встречаемости переднелатеральных центральных артерий с формой своего строения в виде пучка сосудов, имеет прямую корреляцию с замкнутостью и симметричностью конструкции артериального круга мозга. Однако, при анализе препаратов только по признакам замкнутости и симметричности, показатели смещаются, увеличиваясь в сторону симметричности (табл. 36). При использовании при анализе только одного признака (замкнутость круга, симметричность круга) как основного, частота встречаемости препаратов с формами строения переднелатеральных центральных артерий в виде пучка сосудов в замкнутых и симметричных артериальных кругах возрастает, в сравнении с разомкнутыми и несимметричными артериальными кругами, в два и в три раза соответственно (табл. 37, 38).

**Таблица 36 – Частота встречаемости препаратов с формами строения переднелатеральных центральных артерий в виде пучка сосудов, в зависимости от типа и группы артериального круга большого мозга, в препаратах у мужчин и женщин (n = 116)**

<b>Тип круга (по признаку замкнутости) и Группа (по признаку симметричности)</b>	<b>Частота встречаемости переднелатеральных центральных артерий с формой своего строения в виде пучка сосудов (%)</b>
Замкнутый Симметричный	37,5
Замкнутый Несимметричный	15,7
Разомкнутый Симметричный	27,3
Разомкнутый Несимметричный	4,8

**Таблица 37 – Частота встречаемости препаратов с формами строения переднелатеральных центральных артерий в виде пучка сосудов, в зависимости от типа артериального круга большого мозга, в препаратах у мужчин и женщин (n = 116)**

<b>Тип круга (по признаку замкнутости)</b>	<b>Частота встречаемости переднелатеральных центральных артерий с формой своего строения в виде пучка сосудов (%)</b>
Замкнутый	24,1
Разомкнутый	12,1

**Таблица 38 – Частота встречаемости препаратов с формами строения переднелатеральных центральных артерий в виде пучка сосудов, в зависимости от группы артериального круга большого мозга, в препаратах у мужчин и женщин (n = 116)**

<b>Группа (по признаку симметричности)</b>	<b>Частота встречаемости переднелатеральных центральных артерий с формой своего строения в виде пучка сосудов (%)</b>
Симметричный	34,9
Несимметричный	12,3

Таким образом, частота встречаемости препаратов с формами строения переднелатеральных центральных артерий в виде пучка сосудов, зависит от типа и группы артериального круга большого мозга, в препаратах у мужчин и женщин. Частота встречаемости переднелатеральных центральных артерий с формой своего строения в виде пучка сосудов в замкнутых типах круга составила 66,6% (в разомкнутых – только 33,4%), в симметричных кругах – 74% (в несимметричных – 26%).

#### ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проблема сосудистых заболеваний (нарушений мозгового кровообращения) головного мозга остается одной из ведущих в современной мировой медицине [3, 10, 16, 17, 21, 45, 67, 70, 72, 89, 92, 107, 148]. Отмечается и рост выполняемых нейрохирургических операций [37, 45, 90, 91, 209, 237]. Поэтому, для совершенствования диагностики и методов оперативного лечения, до настоящего времени являются важными данные о анатомической изменчивости и морфометрических характеристиках центральных артерий и артериального круга большого мозга, как изолированно, так и с учетом топографии расположенного в непосредственной близости вещества мозга [21, 25, 45, 51, 57, 70, 89, 209]. Большое количество работ посвящено морфологии сосудов головного мозга, однако имеющиеся в литературе сведения, не совсем полно учитывают сторону измерения, пол, возраст [13, 50, 66, 68]. Не в полной мере представлены сведения и о взаимоотношении анатомии центральных артерий и конструкции артериального круга большого мозга [6, 23, 24, 33, 40, 51, 61, 62, 65, 97].

По сведениям, представленным в настоящей работе, у мужчин, равно как и у женщин, основным источником артерий, идущих к переднему продырявленному веществу, является средняя мозговая артерия, отдающая переднелатеральные центральные ветви во всех исследованных препаратах как справа, так и слева. Эти данные полностью соответствуют результатам других исследований анатомии сосудистого русла головного мозга [6, 61, 74, 76, 89, 209]. В препаратах головного мозга мужчин и женщин визуально возможно выделить три группы переднелатеральных центральных ветвей средней мозговой артерии. Встречаемость в выполненном исследовании переднелатеральных центральных артерий латеральной группы, промежуточной группы и медиальной группы несколько отличается от результатов других работ, при имеющейся общей тенденции распределения

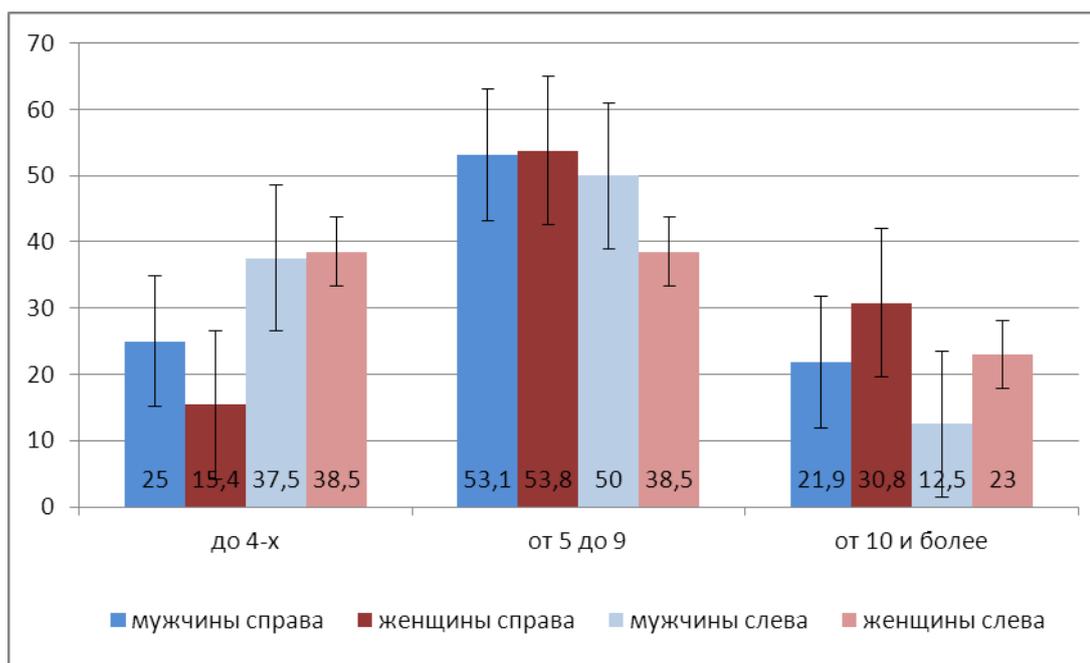
сосудов, что возможно связано с особенностями анатомии конкретной выборки препаратов [13, 45, 50, 68, 70, 81, 97, 113, 118, 145, 150, 164, 168, 180, 188, 190, 191, 200, 218, 220, 226]. Деление переднелатеральных центральных ветвей на три группы прослеживается не у всех исследователей. Такое деление получило большое распространение в последние три десятилетия [13, 45, 50, 68, 70, 89, 97, 118, 145, 180, 188, 190, 191, 200, 218, 220, 226]. В более ранних работах [14, 23, 40, 62, 113, 150, 162, 164, 168] переднелатеральные центральные артерии принято было делить на две группы: медиальную и латеральную, что соответствует международной анатомической номенклатуре. Та порция артерий, которая в настоящее время выделяется в промежуточную группу, относилась к медиальной группе переднелатеральных центральных артерий. Однако, с точки зрения анатомии и топографии данных сосудов (характер отхождения от средней мозговой артерии, дальнейший ход их и характер ветвления, диаметр), предпочтительнее выделять промежуточную группу переднелатеральных центральных артерий [89, 97, 180, 188, 190, 200, 218, 220, 226]. Полученные в настоящей работе сведения, более соответствуют современным исследованиям, имея при этом некоторые отличия в данных как количества артерий в медиальной, промежуточной, латеральной группах, так и встречаемости самих групп (в процентах) в исследованных препаратах [13, 50, 68, 70, 89, 97, 180, 188, 190, 200, 218, 220, 226]. При этом анатомия внемозговых участков переднелатеральных центральных артерий в медиальной, промежуточной и латеральной группе у мужчин и у женщин практически не отличалась от результатов исследований данных участков артерий в других работах [13, 50, 68, 89, 97, 180, 188, 190, 200, 218, 220, 226].

В исследованных препаратах у мужчин и у женщин, как справа, так и слева, была выявлена достоверная тенденция к увеличению количества артериальных ветвей средней мозговой артерии от медиальной группы к латеральной группе. Увеличение количества переднелатеральных центральных артерий от медиальной к латеральной группе отмечалось многими

исследователями [13, 50, 68, 89, 180, 188, 190, 200, 220]. Можно предположить, что увеличение количества артерий от медиальной группы к латеральной группе справа на 45,4% у мужчин и на 33,4% у женщин, слева на 33,4% у мужчин и на 27,2% у женщин обусловлено топографией базальных ядер головного мозга и обеспечению их кровоснабжением по наикратчайшему пути с учетом физики движения жидкости по сосудам под давлением. [4, 6, 23, 43, 48, 58, 59, 62, 81, 89, 97, 180, 188, 190, 200, 218, 220, 226].

Сравнивая средние значения количества, диаметра и площади переднелатеральных центральных артерий (без учета подразделения их на медиальную, промежуточную и латеральную группу) у мужчин и у женщин, существенные различия были выявлены только в количестве артерий справа и слева. Для удобства дальнейшей оценки данных, числовые значения признаков (количество, диаметр, площадь) в наблюдениях были сгруппированы в интервальные группы (рис 45, 46). Для корректного сравнения данных у мужчин и женщин, в связи с различным числом наблюдений, в интервальных группах количества, диаметра и площади центральных артерий, числовые значения признаков были пересчитаны в проценты.

В исследовании данные количества переднелатеральных центральных артерий Me(LQ;UQ) справа всегда преобладают над данными количества артерий слева: у мужчин справа – 7(4,5;9) шт, у мужчин слева – 6(4;8) шт.; у женщин справа – 8(6;10) шт, у женщин слева – 6(4;9). Приводимые сведения подтверждают результаты работ многих авторов, свидетельствующих о диссимметрии количества центральных артерий мозга [4, 7, 8, 14, 15, 20, 23, 33, 47, 54, 59, 63, 75, 87, 89, 97, 113, 180, 188, 190, 200, 218, 220, 226]. Используя данные рисунка 39, можно видеть, что у женщин, как и у мужчин, наибольшее количество препаратов имело от 5 до 9 переднелатеральных центральных артерий.

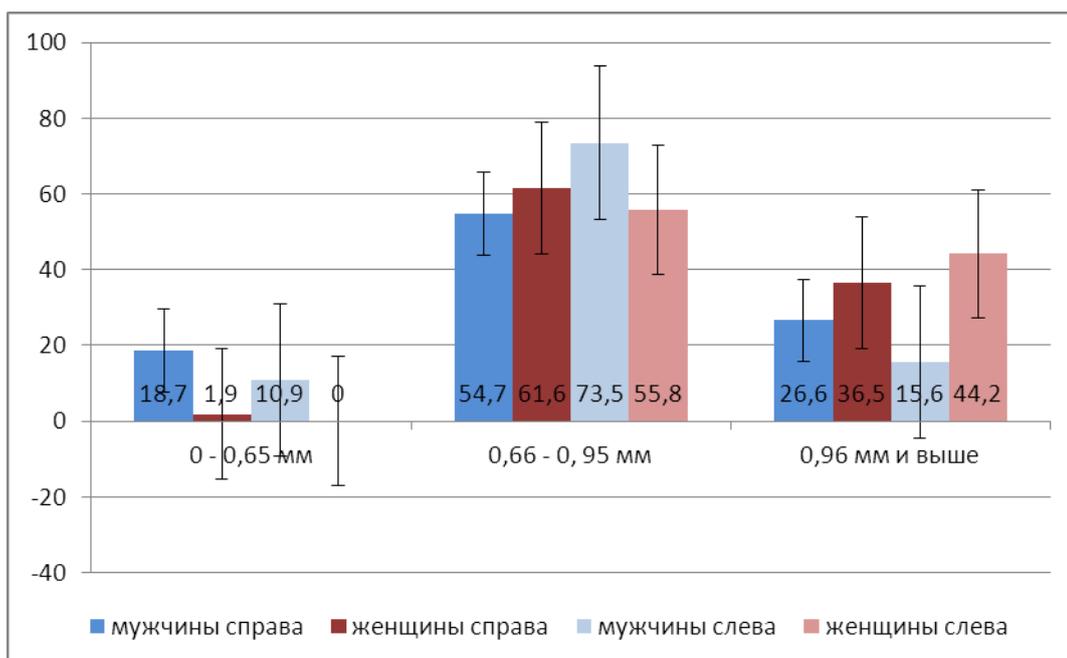


**Рисунок 45 – Распределение исследованного материала в интервальных группах по количеству переднелатеральных центральных артерий справа и слева, у мужчин и женщин (в процентах, n = 116)**

Отличие в количестве переднелатеральных центральных артерий у женщин и мужчин, состоит в том, что у мужчин в два раза чаще регистрировались наблюдения в интервальной группе с числом центральных сосудов «до 4 – х», чем «от 10 и больше», при практически одинаковом распределении данных у женщин между этими группами, а с учетом стороны исследования слева у женщин и у мужчин регистрировалось больше наблюдений с количеством центральных сосудов в интервальной группе «до 4 – х» и справа – было больше наблюдений в интервальной группе «от 10 и больше». Таким образом, заключение о том, что имеется очевидная тенденция в увеличении большего количества переднелатеральных центральных артерий в препаратах справа и меньшего количества переднелатеральных центральных артерий в препаратах слева и любые хирургические манипуляции в этой области необходимо производить с максимальной осторожностью и тщательностью, будет справедливо только для конкретных препаратов, поскольку в зависимости от полушария среднее количество переднелатеральных центральных артерий достоверно не отличается ( $p > 0,05$ ).

При сравнении среднего диаметра переднелатеральных центральных артерий с учетом пола, можно отметить тенденцию к увеличению наблюдений в интервальной группе диаметра «0,96 мм и выше» у женщин в два раза, по сравнению с мужчинами, при том, что с учетом стороны исследования в данной интервальной группе у мужчин и женщин количество наблюдений различается лишь на 1,65% с преимуществом правой стороны. Количество наблюдений в интервальной группе «0,66 – 0,95 мм» у мужчин превышает количество наблюдений у женщин на 5,4%, при этом, слева у женщин и мужчин количество наблюдений в данной интервальной группе на 6,5% больше, чем справа. Количество наблюдений в интервальной группе «0 – 0,65 мм» у мужчин превышает количество наблюдений у женщин в 14 раз, при этом, справа у женщин и мужчин количество наблюдений в данной интервальной группе в два раза больше, чем слева. Таким образом, можно заключить, что слева переднелатеральные центральные артерии имеют больший диаметр своих немозговых участков, чем справа. Эти данные подтверждают результаты исследования отдельных авторов, свидетельствующие об анатомической и функциональной межполушарной асимметрии, как сосудов, так и головного мозга человека, преимущественно левого полушария [4, 43, 44, 59, 62, 81, 97, 180, 188, 190, 200, 218, 220, 226]. При этом была выявлена статистическая недостоверность ( $p > 0,05$ ) среднего диаметра переднелатеральных центральных артерий справа и слева, как в группе препаратов мужчин, так и в группе препаратов женщин. Выявленные в исследовании различия в площади переднелатеральных центральных артерий справа и слева также статистически недостоверны ( $p > 0,05$ ). Была выявлена обратная зависимость средней силы между числом сосудов и их средним диаметром: при увеличении количества центральных артерий, средний диаметр артерий уменьшается. В группе препаратов мужчин и в группе препаратов женщин, между количеством переднелатеральных центральных артерий, их средним диаметром и средней площадью так же прослеживается обратная корреляционная связь средней

силы: при уменьшении числа артерий в наблюдениях их средний диаметр остается неизменным, а средняя площадь несколько увеличивается, и, соответственно, при увеличении числа артерий в наблюдениях, уменьшается их средний диаметр. Эта корреляционная связь прослеживается как справа, так и слева. Коэффициент корреляции Спирмена у мужчин: -0,598977 справа (при  $p\text{-level} = 0,000000$ ), -0,404471 слева (при  $p\text{-level} = 0,000917$ ). Коэффициент корреляции Спирмена у женщин: -0,575165 справа (при  $p\text{-level} = 0,000008$ ), -0,612175 слева (при  $p\text{-level} = 0,000001$ ). Таким образом, имеются явные предпосылки в прохождении практически одинакового объема крови через переднелатеральные центральные артерии, справа и слева, вне зависимости от количества центральных артерий у конкретного индивида. Данное обстоятельство согласуется с указаниями на реципрокные взаимоотношения между размером, числом, площадью центральных артерий, имеющиеся в некоторых работах [36, 62, 70, 81, 89]. По-видимому, полученные нами данные связаны с наличием билатеральной симметрии в кровоснабжении базальных ядер головного мозга вне зависимости от пола. Данное обстоятельство, указывающее на наличие одинакового артериального кровоснабжения базальных ядер центральными артериями, представляется жизненно важным, поскольку обеспечение непрерывной работы данных образований необходимо для адекватного уровня физиологической активности организма человека. Все это дополняет описанные в работах некоторых авторов реципрокные взаимоотношения между калибром, числом и зонами вхождения в переднее продырявленное вещество центральными артериями [21, 45, 51, 62, 70, 81, 89, 97, 142, 146, 163, 180, 188, 190, 200, 218, 220, 237].



**Рисунок 46 – Распределение количества исследованного материала в интервальных группах по величине диаметра переднелатеральных центральных артерий справа и слева, у мужчин и женщин (в процентах, n = 116)**

Сравнивая наблюдения в группах препаратов мужчин и женщин с обнаруженным ветвлением переднелатеральных центральных артерий в виде пучка, было отмечено наличие практически в два раза большего числа этих вариантов анатомии сосудов у мужчин, в сравнении с женщинами, что дополняет результаты работ некоторых авторов [13, 21, 45, 50, 68, 70, 89, 180, 226]. У мужчин найдены варианты в отхождении центральных артерий с ветвлением в виде пучка: одновременное расположение данных сосудов с двух сторон, расположение двух таких сосудов на одной стороне. Эти данные расходятся с результатами других исследований, где говорится о невозможности такого варианта анатомии сосудистого русла [13, 68, 70, 89]. Вероятно, развитие данной конструкции артериальной системы головного мозга, может быть обусловлено особенностями онтогенеза [22, 30, 31, 53, 54, 65, 100, 194, 210].

Рассматривая ветви передней мозговой артерии к переднему продырявленному веществу в исследовании, в группе мужчин и в группе

женщин можно отметить, что при сравнении средних значений количества, диаметра и площади переднемедиальных центральных артерий, были получены незначительные различия в количестве артерий справа и слева, как у мужчин, так и у женщин. При этом были отмечены большие средние значения количества переднемедиальных центральных артерий у мужчин (3(2;5) шт. справа и 3(1;4) шт. слева) по сравнению с женщинами (2(2;4) шт. справа и 3(2;4) шт. слева). Полученные средние данные по числу переднемедиальных центральных артерий были меньше, а средний диаметр артерий в данном исследовании был выявлен на 20% больше, чем в других исследованиях [4, 6, 13, 24, 45, 59, 62, 68, 70, 89, 101, 103, 104, 105, 114, 117, 158, 159, 160, 164, 177, 183, 199, 202, 237]. Возможно данное обстоятельство связано с особенностями анатомии конкретной выборки препаратов [4, 14, 54, 59, 96].

Анатомия медиальных дистальных стриарных артерий (артерии Хойбнера) у мужчин и женщин в наблюдениях в большинстве своих значений была сходная. Различия проявлялись лишь у мужчин, представляя собой наблюдения с отсутствием, удвоением и ветвлением артерий, что подтверждает незначительную изменчивость их анатомии, а уровень отхождения артерии Хойбнера от различных участков передней мозговой артерии, описанное в работе, дополняет имеющиеся в литературе данные [45, 50, 62, 68, 70, 89, 101, 119, 144, 149, 172, 184, 192, 229, 237].

При сравнении количественных данных сосудов, идущих к переднему продырявленному веществу от передней ворсинчатой артерии, существенных различий в средних показателях количества артерий справа и слева, как у мужчин, так и у женщин выявлено не было. Данные среднего диаметра и средней площади артерий при сравнении с учетом пола и стороны исследования были незначительные и не являлись статистически достоверными ( $p > 0,05$ ). В группе мужчин и в группе женщин, справа и слева, между количеством ветвей передней ворсинчатой артерии, идущих к переднему продырявленному веществу, их средним диаметром и средней площадью

прослеживается обратная слабая корреляционная связь: при увеличении числа артерий в наблюдениях, их средний диаметр и средняя площадь уменьшаются (и наоборот). Коэффициент корреляции Спирмена у мужчин: -0,249252 справа (при  $p\text{-level} = 0,059184$ ), -0,191492 слева (при  $p\text{-level} = 0,129569$ ). Коэффициент корреляции Спирмена у женщин: -0,214793 справа (при  $p\text{-level} = 0,156504$ ), -0,078558 слева (при  $p\text{-level} = 0,579871$ ). Задача выявления данной корреляционной связи не ставилась, поскольку данный анализ устанавливает наличие и силу лишь статистической связи, а учитывая слабость связи, экстраполировать ее на клиническую корреляцию будет не совсем верно. Эти данные дополняют исследования сосудистого русла базальной области мозга [6, 45, 51, 62, 70, 89, 125, 146, 157, 170, 196, 204, 208, 209, 228, 237].

Таким образом, все средние данные (количество, диаметр, площадь), как при сравнении стороны исследования в препаратах, так и при сравнении препаратов с учетом пола, статистически не достоверны.

При исследовании анатомии переднего продырявленного вещества было установлено, что вариабельность его площади поверхности справа и слева, у мужчин и у женщин наблюдалась весьма высокой, как в конкретных препаратах, так и в сравнении препаратов друг с другом (рис. 31, 33). Минимальные и максимальные значения площади поверхности переднего продырявленного вещества справа у мужчин составили 61,8 мм<sup>2</sup> и 166,8 мм<sup>2</sup>, слева составили 54,9 мм<sup>2</sup> и 219,2 мм<sup>2</sup>, у женщин справа составили 75,2 мм<sup>2</sup> и 172,5 мм<sup>2</sup>, слева составили 50,8 мм<sup>2</sup> и 180,2 мм<sup>2</sup>, соответственно. Медиана и квартили (Me(LQ;UQ)) площади поверхности переднего продырявленного вещества справа и слева у мужчин составили 103,9(85,85;133,95) мм<sup>2</sup> и 96,5582,2;126,6) мм<sup>2</sup>, у женщин составили 113,65(104,75;140,05) мм<sup>2</sup> и 126,55(97,85;135,65) мм<sup>2</sup>, соответственно. Можно видеть, что средняя площадь поверхности переднего продырявленного вещества в препаратах у мужчин больше справа, а в препаратах у женщин – больше слева. При этом, различие данных по сторонам статистически не достоверно ( $p > 0,05$ ). При сравнении и

анализе средней площади переднего продырявленного вещества в препаратах группы мужчин, с препаратами группы женщин, было отмечено, что площадь поверхности переднего продырявленного вещества у женщин достоверно больше площади поверхности вещества у мужчин ( $p < 0,05$ ). По-видимому, полученные нами данные связаны с особенностями гендерной латерализации головного мозга. Известны работы Gazzaniga M. S. (1974), Borowy T. (1976), Witelson S. F. (1976), результаты которых соответствуют нашим, и данная тенденция прослеживается не только в новой коре, но и в древней коре головного мозга человека [9, 15, 59, 69, 71, 146, 148, 161, 163, 167, 196, 209, 237].

При разделении исследованного материала по величине межполушарных различий площади поверхности переднего продырявленного вещества на три интервальных ряда было отмечено, что у мужчин в 57,8%, его поверхность, имела различие в своей площади справа и слева менее 10%. У женщин этот показатель был ниже на 1,8%, составляя 55,8%. Межполушарное различие от 10,1 до 20% в площади поверхности правого и левого переднего продырявленного вещества, было выявлено в 32,8% у мужчин. У женщин этот показатель был выше на 5,4%, составляя 36,5%. Межполушарное различие в площади поверхности правого и левого переднего продырявленного вещества более 20,1% было выявлено у 9,4% и 7,7% препаратов головного мозга мужчин и женщин, соответственно. Таким образом, в более чем половине случаев межполушарные различия площади поверхности переднего продырявленного вещества у мужчин и женщин составляют менее 10%. Выявленное нами проявление межполушарной асимметрии у мужчин и женщин на уровне участка древней коры позволяет предположить, что половые особенности головного мозга связаны с архаичными паттернами поведения особей мужского и женского пола [146, 148, 167, 196, 237].

Передним продырявленным веществом более пристально начали заниматься в начале двадцатого века. По данным литературы тех лет «передняя

перфорированная субстанция» не имела деления на участки вовсе, или подразделялось на два участка представляющие собой так называемое «собственное переднее продырявленное вещество» или «перфорированную извилину обонятельного мозга» и диагональную связку (связка Брока (Broca P.P.), прилегающую к зрительному тракту [5]. Отверстия для сосудов в переднем продырявленном веществе выявлялись и описывались больше в переднем участке, прилежащем к обонятельному треугольнику [18, 23, 83, 131, 182, 214]. С развитием микрохирургии появилась необходимость в точных анатомических ориентирах для выполнения оперативных вмешательств на основании головного мозга в условиях малых пространств. Известны работы некоторых авторов, описывающих подразделение переднего продырявленного вещества на шесть участков, каждый из которых характеризуется определенными особенностями топографии центральных артерий [70, 89, 209]. Однако, данная классификация деления переднего продырявленного вещества сложна и неоднозначна. В этой работе была предпринята попытка улучшить данную схему, используемую нейрохирургами в настоящее время, когда производят деление вещества на два участка, подразделяемые в свою очередь на три части [70, 89, 209, 237].

В исследовании, после разделения поверхности переднего продырявленного вещества, на четыре неправильных четырехугольника, или квадранта: ростральный, каудальный, медиальный и латеральный, была отмечена особенность расположения в нем центральных артерий (рис. 39). Выявлено, что артериальные стволы расположены не по всей поверхности переднего продырявленного вещества, а преимущественно в ростральном и латеральном его квадрантах. Такое подразделение наиболее полно соответствует топографии проникновения в переднее продырявленное вещество центральных артерий, и позволяет легко применить его в качестве ориентира, как на препаратах головного мозга, так и во время нейрохирургических вмешательств у людей. При этом, топография

проникновения подавляющего большинства центральных артерий всегда соответствует одним и тем же квадрантам, во всех препаратах головного мозга мужчин и женщин: ростральному и латеральному, вне зависимости от формы и размеров самого переднего продырявленного вещества, как справа, так и слева. При анализе расположения артерий в переднем продырявленном веществе, были получены следующие данные. В среднем, в латеральный и ростральный квадранты у мужчин идут справа 76%, слева 74% количества всех центральных артерий. Оставшиеся центральные артерии: 24% справа и 26% слева, направляются в медиальный и каудальный квадранты. У женщин, в латеральный и ростральный квадранты идут справа 83%, слева 80% количества всех центральных артерий. Оставшиеся центральные артерии: 17% справа и 20% слева, идут в медиальный и задний квадранты. Таким образом, в отличие от используемой в настоящее время схемы, разделение переднего продырявленного вещества на четыре условных квадранта более выгодно: используются крупные анатомические ориентиры и четко определяется направление малых ветвей крупных питающих сосудов.

Рассматривая анатомическую изменчивость строения артериального круга большого мозга у мужчин и женщин было выявлено множество разнообразных вариантов круга (рис. 40, 41). С целью систематизации, все найденные в препаратах варианты круга было решено упорядочить, составив многоуровневую классификацию, используя которую можно охватить любой существующий вариант круга. Практически все имеющиеся классификации артериального круга большого мозга представляют собой одноуровневую систему, посредством которой охватить все существующее многообразие конструкций круга не представляется возможным [4, 5, 6, 8, 11, 14, 24, 28, 30, 33, 40, 44, 47, 58, 62, 70, 74, 89, 209]. Поскольку основным критерием функциональной состоятельности артериального круга большого мозга является степень его замкнутости, то и в качестве первого уровня деления круга на «типы» осуществлялось по признаку замкнутости [6, 8, 14, 19, 20, 28, 29, 43,

44, 56, 62, 67, 70, 89, 209]. В качестве второго уровня деления на «группы» был применен признак симметричности, поскольку все имеющиеся разнообразные варианты артериального круга мозга обусловлены степенью развития входящих в него сосудов (от гипоплазии до гиперплазии) [6, 8, 11, 14, 16, 19, 22, 29, 31, 33, 47, 53, 59, 62, 63, 65, 70, 75, 89, 153, 209]. В соответствии с выделенными типами и группами были распределены найденные «варианты» артериального круга большого мозга. Таким образом, представляется четкая иерархическая структура артериального круга: «типы» - «группы» - «варианты» и классифицировать любую найденную конструкцию артериального круга становится простой, легко выполнимой задачей. При выполнении дальнейшего анализа артериальных кругов большого мозга с учетом гендерной принадлежности препаратов был выявлен половой диморфизм. У мужчин преобладали замкнутые симметричные и разомкнутые симметричные, а у женщин – замкнутые несимметричные и разомкнутые несимметричные артериальные круги. По-видимому, и эти полученные данные связаны с особенностями гендерной латерализации головного мозга [9, 15, 59, 69, 71, 146, 148, 161, 163, 167, 196, 209, 237]. К тому же, в препаратах у женщин, замкнутое строение артериального круга большого мозга встречалось чаще, чем в препаратах у мужчин на 1,8%, а разомкнутое строение круга встречалось реже на 2,8% (табл. 25). Несимметричные артериальные круги у мужчин и у женщин встречались чаще, чем симметричные на 19% и 33,6% соответственно. При этом артериальные круги симметричного строения встречались чаще у мужчин, чем у женщин на 7,8%, а артериальные круги несимметричного строения у мужчин встречались реже, чем у женщин на 6,8% (табл. 26).

В зависимости от типа, группы и варианта конструкции артериального круга мозга был проведен сравнительный анализ форм (рассыпная, в виде пучка сосудов) переднелатеральных центральных артерий в препаратах у мужчин и женщин. Было обнаружено, что наиболее высокая частота встречаемости переднелатеральных центральных артерий с формой своего

строения в виде пучка сосудов имеется в замкнутых и симметричных артериальных кругах, у мужчин на 18,5% и 25,1%, у женщин на 4,3% и 17,8% соответственно, по сравнению с разомкнутыми и несимметричными. При этом, в препаратах у мужчин и у женщин, распределение рассыпной формы переднелатеральных центральных артерий и формы строения в виде пучка сосудов в зависимости от типа и группы артериального круга мозга достоверно не отличается. Эти данные дополняют исследования сосудистого русла базальной области мозга [6, 8, 11, 14, 16, 19, 22, 29, 31, 33, 47, 53, 59, 62, 63, 65, 70, 75, 89, 153, 209, 217, 233, 237]. При анализе частоты встречаемости переднелатеральных центральных артерий с формой своего строения в виде пучка сосудов во всех препаратах (у мужчин и женщин) было выявлено, что чаще всего форма строения переднелатеральных центральных артерий в виде пучка сосудов встречается в «классических» вариантах круга, а в разомкнутых и несимметричных по конструкции артериальных кругах переднелатеральные центральные артерии в виде пучка сосудов обнаруживались очень редко (менее 5%). Однако, не следует упускать из виду тот факт, что наличие так называемого «классического» (типичного) строения артериального круга головного мозга было отмечено лишь в 9,5% случаев, а в остальных случаях (90,5%) артериальный круг был представлен разнообразными вариантами строения составляющих его сосудов. Частота встречаемости переднелатеральных центральных артерий с формой своего строения в виде пучка сосудов имеет прямую корреляцию с замкнутостью и симметричностью конструкции артериального круга мозга. При этом, при анализе препаратов только по признакам замкнутости и симметричности, показатели смещаются, увеличиваясь в сторону симметричности (табл. 36). При использовании при анализе только одного признака (замкнутость круга, симметричность круга) как основного, частота встречаемости препаратов с формами строения переднелатеральных центральных артерий в виде пучка сосудов в замкнутых и симметричных артериальных кругах возрастает, в сравнении с разомкнутыми и

несимметричными артериальными кругами, в два и в три раза соответственно (табл. 37, 38). Имеющиеся в литературе исследования отображают только данные о корреляции частоты встречаемости переднелатеральных центральных артерий в виде пучка сосудов с длиной сфеноидального сегмента средней мозговой артерии [13, 68, 70, 89].

Вместе с тем, сведения о соотношении между вариантом артериального круга большого мозга и типом ветвления центральных артерий имеет свое практическое значение (рис. 42). В настоящий момент большинство клиник не обладают сверхвысокопольными томографами, напряженность магнитного поля которых превышает 3 тесла. Артерии большого круга хорошо визуализируются даже на низкопольном томографе, что дает возможность клиническому специалисту предположить тип ветвления центральных артерий. Данная информация может быть актуальна при проведении оперативных вмешательств в данной области.

Таким образом, полученные сведения могут быть использованы для изучения анатомии головного мозга человека и при разработке новых оперативных вмешательств в данной области.

## ВЫВОДЫ

1. Внеозговые участки центральных артерий, идущие к переднему продырявленному веществу головного мозга у людей зрелого возраста, обладают индивидуальной вариабельностью количества, диаметра, площади и формы ветвления.
2. Средние значения количества, диаметра и площади центральных артерий, идущих к переднему продырявленному веществу головного мозга у мужчин и женщин, относительно полушарной латерализации и пола достоверно не отличаются. При этом переднелатеральные центральные артерии обладают отрицательной корреляционной зависимостью средней силы между их количеством и диаметром: при увеличении числа артерий, их диаметр уменьшается.
3. Поверхность переднего продырявленного вещества у мужчин и женщин обладает индивидуальной вариабельностью своей площади. При этом отличие средних значений площади относительно полушария у лиц одного пола статистически незначимо, а у лиц разного пола – статистически значимо. Ростральный и латеральный квадранты переднего продырявленного вещества являются основными местами проникновения центральных артерий. Выявлено, что в латеральный и ростральный квадранты у мужчин идут справа 76%, слева 74% количества всех центральных артерий. Оставшиеся центральные артерии направляются в медиальный и каудальный квадранты. У женщин сохраняется та же тенденция: в латеральный и ростральный квадранты идут справа 83%, слева 80% количества всех центральных артерий. Оставшиеся центральные артерии идут в медиальный и каудальный квадранты.
4. Частота встречаемости переднелатеральных центральных артерий в виде пучка сосудов зависит от конструкции артериального круга большого мозга: в замкнутых и симметричных артериальных кругах большого мозга вариант ветвления переднелатеральных центральных артерий в виде пучка

сосудов выявляется чаще. Частота встречаемости переднелатеральных центральных артерий с формой своего строения в виде пучка сосудов в замкнутых типах круга составляет 66,6% (в разомкнутых – 33,4%), в симметричных кругах – 74% (в несимметричных – 26%).

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

При планировании и проведении хирургических вмешательств в области передней черепной ямки следует учитывать особенности ветвления центральных артерий при различных анатомических вариантах артериального круга большого мозга.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автандилов, Г.Г. Медицинская морфометрия [Текст] / Г.Г. Автандилов. – М.: Медицина, 1990. – 384 с.
2. Анализ осложнений хирургического лечения аневризм головного мозга у больных, оперированных в отдаленном постгеморрагическом периоде [Текст] / Ю.В. Пилипенко [и др.] // Вопросы нейрохирургии. – 2014. – № 2. – С. 32–38.
3. Ананьева, Н.И. КТ – и МРТ – диагностика острых ишемических инсультов [Текст] / Н.И. Ананьева, Т.Н. Трофимова. – СПб.: СПб МАПО, 2005. – 135 с.
4. Асимметрия артерий большого мозга человека: анатомические и топографические сопоставления [Текст] / И. А. Пономарева [и др.] . – Тюмень, 1997. – 10 с.
5. Атеросклероз сосудов Виллизиева круга при некоторых вариантах его строения [Текст] / Г.Я. Левина [и др.] // Архив патологии. – 1975. – № 7. – С. 18–22.
6. Беков, Д.М. Атлас артерий и вен головного мозга человека [Текст] / Д.М. Беков, С.С. Михайлов. – М.: Медицина, 1979. – 288 с.
7. Беленькая, Р.М. Варианты ветвления артерий основания мозга и их значение в патогенезе ишемических нарушений мозгового кровообращения [Текст] / Р.М. Беленькая // Материалы к симпозиуму, посвященному патогенезу переходящих ишемий и инфарктов мозга. – М., 1968. – С. 20–24.
8. Беленькая, Р.М. Инсульт и варианты артерий мозга [Текст] / Р.М. Беленькая. – М.: Медицина, 1979. – 173 с.
9. Блинков, С.М. Мозг человека в цифрах и таблицах [Текст] / С.М. Блинков, И.И. Глезер. – Л.: Медицина, 1964. – 471 с.
10. Брагина, Л.К. О закономерностях коллатерального кровообращения при окклюзирующих поражениях магистральных сосудов головы в зависимости

- от состояния Виллизиева круга [Текст] / Л.К. Брагина // Журн. невропатологии и психиатрии им. Корсакова. – 1967. – № 9. – С. 1293–1300.
11. Вариантная анатомия артерий головного мозга человека [Текст] / Л.В. Пажинский [и др.] // Медицина XXI век. – 2007. – №7 (6). – С. 72-78.
  12. Варианты анатомического строения артериального круга большого мозга у людей с цереброваскулярной патологией [Текст] / Н.А. Трушель [и др.] // Морфология. – 2016. – Т.150, №5. – С. 66 – 67.
  13. Варианты строения артериального и венозных кругов основания головного мозга у лиц с разной формой черепа [Текст] / П.А. Самоотесов [и др.] // Медицина и образование в Сибири. – 2013. – №2. – С.1-3.
  14. Вартамян, Л.В. Вариабельность артериального кольца основания мозга [Текст] / Л.В. Вартамян // Вопросы морфологии нервной системы: сб. науч. тр. – М.: Медицина, 1973. – С. 172–177.
  15. Вейн, А.М. Латерализованные синдромы, межполушарная асимметрия в клинической неврологии [Текст] / А.М. Вейн // VIII Всесоюзный съезд неврологов, психиатров и наркологов: тез. докл. – М., 1988. – С. 23–24.
  16. Верещагин, Н.В. Патология магистральных артерий головы и нарушения мозгового кровообращения (аспекты морфологии, патогенеза, клиники и диагностики) [Текст]: автореф. дис. ... д-ра мед. наук : 14.00.13 / Н.В. Верещагин. – М., 1974. – 67 с.
  17. Виленский, Б.С. Инсульт: профилактика, диагностика и лечение [Текст] / Б.С. Виленский. – СПб.: Фолиант, 2002. – 400 с.
  18. Виллигер, Э. Головной и спинной мозг: пособие по изучению морфологии и хода волокон [Текст]: пер. с нем. / Э. Виллигер. – М.: Государственное издательство; Л., 1930. – 376 с.
  19. Ганнушкина, И.В. Коллатеральное кровообращение в мозге [Текст] / И.В. Ганнушкина. – М.: Медицина, 1973. – 256 с.

20. Ганнушкина, И.В. Функциональная ангиоархитектоника головного мозга [Текст] / И.В. Ганнушкина, В.П. Шафранова, Т.В. Рясина. – М.: Медицина, 1977. – 238 с.
21. Геморрагический инсульт: практическое руководство [Текст] / Н.Ю. Айриян [и др.]; под ред. В. И. Скворцовой, В.В. Крылова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2005. – 160 с.
22. Герасимова, М.И. Артериальное русло головного мозга человека: пороки и варианты развития [Текст] / М.И. Герасимова, А.В. Горбунов // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2013. – Т. 18, вып. 1. – С. 275–276.
23. Гиндце, Б.К. Артериальная система головного мозга человека и животных [Текст] / Б.К. Гиндце. – М.: Медгиз, 1946. – Т. 1. – 96 с.
24. Гладилин, Ю.А. Вариантная анатомия внутренней сонной артерии, артериального круга большого мозга и мозговых артерий [Текст] / Ю.А. Гладилин, В.Н. Николенко. – Саратов: Изд-во Саратов. мед. ун-та, 2009. – 242 с.
25. Гладилин, Ю.А. Варианты строения артериального круга большого мозга в связи с его массой, типом телосложения и полом взрослых людей [Текст] / Ю.А. Гладилин, В.Н. Николенко // Актуальные проблемы патологии: межвуз. сб. науч. работ. – Саратов, 2001. – С. 209–212.
26. Гланц, С. Медико–биологическая статистика [Текст] / С. Гланц. – М.: Практика, 1999. – 459 с.
27. Гончар, А.А. Локализация разорвавшихся аневризм по данным церебральной ангиографии [Текст] / А.А. Гончар, И.А. Гончар // Мед. журн. – 2006. – № 3. – С. 41–43.
28. Горбунов, А.В. Значение строения артериального русла головного мозга для прогноза нейрореабилитации (по результатам магнитно-резонансной ангиографии) [Текст] / А.В. Горбунов // Современные технологии в

- реабилитации и спортивной медицине: материалы 5-го Рос. науч. форума «РеаСпоМед 2005» . – М., 2005. – С. 26–27.
- 29.** Горбунов, А.В. Клиническое значение разобщенности артериальных коллатералей головного мозга человека [Текст] / А.В. Горбунов // Человек и лекарство: материалы XIII Рос. Нац. конгр. – М., 2006. – С. 106–107.
- 30.** Горбунов, А.В. Морфо–клиническая дифференцировка вариантов строения и аномалий развития артерий головного мозга [Текст] / А.В. Горбунов // Морфол. ведомости. – 2005. – № 3–4. – С. 18–19.
- 31.** Горбунов, А.В. Морфометрические характеристики развития артериального русла головного мозга в плодном периоде пренатального онтогенеза человека [Текст] / А.В. Горбунов // Морфол. ведомости. – 2006. – № 1–2. – С. 17–19.
- 32.** Горбунов, А.В. Строение артериального русла головного мозга и артериальная гипертония [Текст] / А.В. Горбунов // Проблемы восстановительной медицины: сб. науч. тр. – Воронеж, 2006. – Вып. 6. – С. 38–42.
- 33.** Горбунов, А.В. Классификация вариантов артерий и вариантов артериального круга большого мозга человека [Текст] / А.В. Горбунов // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2013. – Т. 18, вып. 1. – С. 277–279.
- 34.** Горчаков, В.Н. Нейрохирургическая анатомия головного мозга [Текст]: учеб. пособие / В.Н. Горчаков, И.Г. Сергеева, А.А. Тулупов; Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск: РИЦ НГУ, 2015. – 124 с.
- 35.** Гусев, В.А. Математика: учебно-справочное пособие [Текст] / В.А. Гусев, А.Г. Мордкович. – М.: Астрель, 2013. – 671 с.
- 36.** Гусев, Е.И. Неврология и нейрохирургия [Текст]: учебник: в 2 т. / Е.И. Гусев, А.Н. Коновалов, В.И. Скворцова; под ред. А.Н. Коновалова, А.В. Козлова. – М., 2009. – Т. 2. – 420 с.

37. Гусев, Е.И. Неврология и нейрохирургия [Текст]: учебник: в 2-х т. / Е.И. Гусев, А.Н. Коновалов, В.И. Скворцова. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – Т. 1. – 608 с.
38. Жмуркин, В.П. История необыкновенной книги. К 350-летию первого издания книги Т. Уиллиса (1621—1675) «Cerebri anatome» [Текст] / В.П. Жмуркин, В.В. Чалова // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2014. – № 5. – С.56-61.
39. Злотник, Э.И. Аневризмы сосудов головного мозга [Текст] / Э.И. Злотник. – Минск: Беларусь, 1967. – 296 с.
40. Клосовский, Б.Н. Циркуляция крови в головном мозге [Текст] / Б.Н. Клосовский. – М.: Медгиз, 1951. – 372 с.
41. Колтовер, А.Н. Артерии головного мозга [Текст] / А.Н. Колтовер // Сосудистые заболевания нервной системы / Э.И. Бейн [и др.]; под ред. Е.В. Шмидта. – М.: Медицина, 1975. – С. 33–63.
42. Коновалов, А.Н. Магнитно-резонансная томография в нейрохирургии [Текст] / А.Н. Коновалов, В.Н. Корниенко, И.Н. Пронин. – М.: Видар, 1997. – 472 с.
43. Крупачев, И.В. Виллизиев круг [Текст] / И.В. Крупачев, Н.Н. Метельникова // Руководство по неврологии / под ред. Н.И. Грищенко [и др.]. – М.: Медгиз, 1957. – Т. 1, кн. 2. – С. 326–329.
44. Крупачев, И.В. Структура Виллизиева круга [Текст] / И.В. Крупачев, Н.Н. Метельникова // Кровообращение центральной и периферической нервной системы: сб. науч. тр. / под ред. Б.В. Огнева. – М.: Изд-во АМН СССР, 1950. – С. 88–96.
45. Крылов, В.В. Микрохирургия аневризм виллизиевого многоугольника [Текст] / В.В. Крылов, В.В. Ткачев, Г.Ф. Добровольский. – М.: Антилор, 2004. – 160 с.
46. Лакин, Г.Ф. Биометрия: учеб. пособие [Текст] / Г.Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.

47. Лошкарев, И.А. Вариантная анатомия артерий основания головного мозга человека [Текст] / И.А. Лошкарев, А.Г. Рыбаков, О.Г. Василькина // Проблемы и перспективы современной медицины, биологии и экологии: сб. науч. тр. – М., 2012. – Т. 1, №2. – С. 48 – 49.
48. Мансуров, В.А. Моделирование кровотока в области ветвления внутренней сонной и базилярной артерий [Текст] / В.А. Мансуров, Н.А. Трушель // Фундаментальные науки – медицине: в 2 ч. – М.: Изд-во «Litres», 2013. – Ч. 2. – С. 6 – 10.
49. Международная анатомическая терминология = Terminologia Anatomica (с официальным списком русских эквивалентов) [Текст] / под ред. Л.Л. Колесникова; МЗ РФ. – М.: Медицина, 2003. – 424 с.
50. Микрохирургическая анатомия передней мозговой и передней соединительной артерий [Текст] / И.В. Сенько [и др.] // Журнал «Нейрохирургия». – 2012. – №1. – С.18-23.
51. Микрохирургия аневризм головного мозга [Текст] / В.В. Крылов [и др.]; под ред. В. В. Крылова. – М., 2011. – 536 с.
52. Модель артериальной аневризмы головного мозга для микронейрохирургического тренинга [Текст] / Е.Г. Белых [и др.] // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. – 2014 – №. 2. – С. 40–45.
53. Молдавская, А.А. Закономерности формирования артериального русла головного мозга человека на ранних этапах пренатального онтогенеза [Текст] / А.А. Молдавская, А.В. Горбунов // Морфол. ведомости. – 2005. – № 3–4. – С. 71–73.
54. Молдавская, А.А. Методические аспекты клинико-морфологических критериев вариантов и аномалий строения артерий головного мозга [Текст] / А.А. Молдавская, А.В. Горбунов // Успехи совр. естествознания. – 2005. – № 12. – С. 70–71.
55. Моренков, Э.Д. Кровеносная система мозга [Текст] / Э.Д. Моренков. – М.: МГУ, 1987. – 133 с.

- 56.** Морфологические и гемодинамические особенности Виллизиева круга, способствующие развитию цереброваскулярной патологии [Текст] / Н.А. Трушель [и др.] // Достижения и инновации в современной морфологии: сб. тр. науч.-практ. конф. с Междунар. участием, посвящ. 115-летию со дня рожд. акад. Давида Моисеевича Голуба: в 2 т. / под ред. проф. П. Г. Пивченко и д-ра мед.наук Н. А. Трушель. – Минск: БГМУ, 2016. – Т 2. – С. 185 – 188.
- 57.** Николенко, В.Н. Анатомия внутричерепных артерий вертебробазиллярной системы [Текст] / В.Н. Николенко, О.А. Фомкина, Ю.А. Гладилин. – М.: Изд-во Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова, 2014. – 108 с.
- 58.** Огнев, Б.В. Артериальное кровоснабжение коры большого мозга [Текст] / Б.В. Огнев, Н.Н. Метельникова // Руководство по неврологии / под ред. М.И. Грищенко. – М., 1957. – Т. 1, кн. 2. – С. 329–348.
- 59.** Огнев, Б.В. Асимметрия сосудистой и нервной системы человека, их теоретическое и практическое значение [Текст] / Б.В. Огнев // Вестн. АМН СССР. – 1948. – № 4. – С. 26–36.
- 60.** Пат. RU 2270483 МПК G09B23/28. Способ изготовления учебных анатомических препаратов кровеносных сосудов на трупном материале [Текст] / Р.М. Рагимов, Т.С. Гусейнов; патентообладатель: ДГМА. – №2003100451/14. – заявл. 05.01.2003; опубл. 20.02.2006.
- 61.** Пивченко, П.Г. Вариантная анатомия сосудов виллизиева круга [Текст] / П.Г. Пивченко, Н.А. Трушель // Здоровоохранение. – 2010. – № 5. – С. 22–24.
- 62.** Пономарева, И.А. Артерии основания головного мозга (морфологическое и экспериментальное исследование с клинич. илл.) [Текст]: автореф. дис. д-ра мед. наук: 14.00.02. / И.А. Пономарева; ЯрослГМИ. – Ярославль, 1967. – 24 с.
- 63.** Пономарева, И.А. Изменчивость строения мозговых артерий и ее значение для хирургического лечения различных форм сосудистой патологии мозга

- [Текст] / И.А. Пономарева, М.В. Соловьев // Материалы объединенной конференции нейрохирургов. – Л., 1968. – С. 138 – 141.
- 64.** Пуцилло, М.В. Атлас нейрохирургической анатомии [Текст] / М.В. Пуцилло, А.Г. Винокуров, А.И. Белов; под ред. А.Н. Коновалова. – М.: Антидор, 2002. – Т. 1. – 206 с.
- 65.** Развитие, аномалии и вариантная анатомия артерий головного мозга [Текст] / Е.В. Чаплыгина [и др.] // Журнал анатомии и гистопатологии. – 2015. – №4(2). – С. 52-59.
- 66.** Размологова, О.Ю. Конституциональные варианты строения артериального круга большого мозга [Текст] / О.Ю. Размологова // Современные проблемы общей и частной патологической анатомии: материалы Всерос. конф. / под ред. С. А. Повзуна. – СПб., 2009. – С. 106–107.
- 67.** Разомкнутый виллизиев круг и «кризовое» течение артериальной гипертензии [Текст] / Н.И. Левицкая [и др.] // Инсульт (прил. к журн. неврологии и психиатрии им Корсакова). – 2002. – Вып. 7. – С. 43–47.
- 68.** Самотёсов, П.А. Вариантная анатомия центральных перфорирующих артерий виллизиевого многоугольника [Текст] / П.А. Самотёсов, М.Г. Дралюк, П.Г. Шнякин // Сибирский медицинский журнал. – 2010. – № 2. – С. 22 – 25.
- 69.** Саркисов, С.А. Атлас цитоархитектоники коры большого мозга человека [Текст] / С.А. Саркисов, И.Н. Филимонов, Е.П. Кононова. – М.: Медгиз, 1955. – 280 с.
- 70.** Скворцова, В.И. Геморрагический инсульт [Текст] / В.И. Скворцова, В.В. Крылов. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 361 с.
- 71.** Сперанский, В.С. Симметрия и асимметрия в анатомии: понятия, классификация, методики изучения [Текст] / В.С. Сперанский // Архив анатомии. – 1978. – Т. 74, № 2. – С. 109–115.

72. Суслина, З.А. Сосудистые заболевания головного мозга. Эпидемиология. Основы профилактики [Текст] / З. А. Суслина, Ю. Я. Варакин, Н. В. Верещагин. – М.: МЕДпресс-информ, 2009. – 352 с.
73. Тихомиров, М.А. Варианты артерий и вен человеческого тела [Текст] / М.А. Тихомиров. – Киев, 1900. – 375 с.
74. Трушель, Н.А. Варианты анатомии Виллизиева круга [Текст] / Н.А. Трушель // Журнал анатомии и гистопатологии. – 2015. – Т. 4, №3(15). – С. 120 – 121.
75. Трушель, Н.А. Варианты неклассического строения артериального круга большого мозга [Текст] / Н.А. Трушель // Мед. журн. – 2011. – № 1. – С. 104–106.
76. Трушель, Н. А. Варианты строения артериального круга большого мозга человека [Текст] / Н.А. Трушель // Здоровоохранение (Минск). – 2015. – №10. – С. 28 – 31.
77. Трушель, Н.А. Гемодинамические и морфологические предпосылки развития цереброваскулярной патологии [Текст] / Н.А. Трушель // Журнал анатомии и гистопатологии. – 2016. – Т. 5, №4. – С. 69 – 73.
78. Трушель, Н.А. Закономерности строения артериального круга большого мозга и морфологические предпосылки развития нарушений мозгового кровообращения [Текст]: автореф. дис. д-ра мед. наук: 14.03.01 – анатомия человека / Н.А. Трушель. – М., 2015. – 41с.
79. Трушель, Н.А. Морфологические и гемодинамические предпосылки развития нарушений мозгового кровообращения [Текст] / Н.А. Трушель // Военная медицина. – 2016. – № 4. – С. 38-42.
80. Трушель, Н.А. Морфологические предпосылки развития нарушений мозгового кровообращения [Текст] / Н.А. Трушель // Вестник ВГМУ (Минск). – 2016. – Т. 15, №2. – С. 44-51.

81. Трушель, Н.А. Роль морфологического и гемодинамического факторов в атерогенезе сосудов Виллизиева круга [Текст] / Н.А. Трушель, П.Г. Пивченко. – Минск: БГМУ, 2013. – 180 с.
82. Трушель, Н.А. Сравнение вариантов строения Виллизиева круга у людей с цереброваскулярной патологией и в норме [Текст] / Н.А. Трушель. – Минск: БГУ, 2017. – 120 с.
83. Турыгин, В.В. Морфология кровеносных сосудов обонятельного мозга [Текст] / В.В. Турыгин. – Челябинск, 1974. – 130 с.
84. Фёдоров, О.О. Строение артериального круга большого мозга человека при цереброваскулярных расстройствах [Текст] / О.О. Фёдоров, А.В. Горбунов // Человек и лекарство: материалы XIV Рос. Нац. конгр. (Москва, 16–20 апр. 2007 г.). – М., 2007. – С. 146.
85. Фомкина, О.А. Анатомия прекоммуникационного сегмента передней мозговой артерии взрослых людей (обзор) [Текст] / О.А. Фомкина, В.Н. Николенко, Ю.А. Гладилин // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2014. – Т. 10, № 4. – С. 607–611.
86. Фомкина, О.А. Варианты передней мозговой артерии в свете индивидуально-типологической и сочетанной изменчивости ее морфологических и биомеханических характеристик [Текст] / О.А. Фомкина, В.Н. Николенко // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2013. – Т. 9, № 1. – С. 28–33.
87. Фомкина, О.А. Диссимметрия артерий, кровоснабжающих головной мозг человека [Текст] / О.А. Фомкина, Ю.А. Гладилин // Бюллетень медицинских интернет – конференций (ISSN 2224-6150). – 2015. – Т. 5, № 7. – С. 1061 – 1065.
88. Фомкина, О.А. Морфометрические варианты задней соединительной артерии [Текст] / О.А. Фомкина, В.Н. Николенко, Ю.А. Гладилин // Бюллетень медицинских Интернет- конференций. – 2014. – Т. 4, № 6. – С. 948 – 951.

89. Хирургия аневризм головного мозга [Текст]: в 3 т. / под ред. В.В. Крылова. – М., 2011. – Т. 1. – 432 с.
90. Хирургия аневризм головного мозга [Текст]: в 3 т. / под ред. В.В. Крылова. – М., 2011. – Т. 2. – 432 с. – 516 с.
91. Хирургия аневризм головного мозга [Текст]: в 3 т. / под ред. В.В. Крылова. – М., 2011. – Т. 3. – 432 с.
92. Шмидт, Е.В. Сосудистые заболевания головного и спинного мозга [Текст] / Е.В. Шмидт, Д.К. Лунев, Н.В. Верещагин. – М.: Медицина, 1976. – 283 с.
93. A fetal circle of Willis is associated with a decreased deep white matter lesion load [Text] / J. van der Grond [et al.] // *Neurology*. – 2004. – Vol. 63. – P. 1452–1456.
94. Absent collateral function of the circle of Willis as risk factor for ischemic stroke [Text] / A. W. Hoksbergen [et al.] // *Cerebrovasc Dis*. – 2003. – Vol. 16. – P. 191–198.
95. Alpers, B.J. Anatomical studies of the circle of Willis in normal brain [Text] / B.J. Alpers, R.G. Berry, R.M. Paddison // *AMA Arch. Neurol. Psychiatry*. – 1959. – Vol. 81, № 4. – P. 409–418.
96. Alpers, B.J. Circle of Willis in cerebral vascular disorders: The anatomical structure [Text] / B.J. Alpers, R.G. Berry // *Arch. Neurol*. – 1963. – Vol. 8. – P. 398–402.
97. Anatomic and clinical correlations of the lenticulostriate arteries [Text] / S. Marinkovic [et al.] // *Clin Anat*. – 2001. – Vol. 14. – P. 190–195. doi:10.1002/ca.1032
98. Anatomic configuration of the circle of Willis in the adult studied by injection technics. Apropos of 100 brains [Text] / A. El Khamlichi [et al.] // *Neurochirurgie*. – 1985. – Vol. 31, № 4. – P. 287–293.
99. Anatomic evaluation of the circle of Willis: MR angiography versus intraarterialdigital subtraction angiography [Text] / K.W. Stock [et al.] // *Am. J. Neuroradiol*. – 1996. – Vol. 17, № 8. – P. 1495–1499.

- 100.** Anatomic variations of the cerebral arteries and their embryology: a pictorial review [Text] / M. Okahara [et al.] // *Eur. Radiol.* – 2002. – Vol. 12. – P. 2548–2561.
- 101.** Anatomical variations of the recurrent artery of Heubner: number, origin, and course [Text] / Wakoto Matsuda [et al.] // *Anatomical Science International.* – 2017. – Vol. 68. doi.org/10.1007/s12565-017-0415-9
- 102.** Aneurysms of the anterior communicating artery and anomalies of the anterior-communicating artery part of the circle of Willis [Text] / P. Bazowski [et al.] // *Neurol. Neurochir. Pol.* – 1991. – Vol. 25, № 4. – P. 485–490.
- 103.** Aneurysms of the Proximal Segment of the Anterior Cerebral Artery: A New Classification System with Corresponding Therapeutic Options [Text] / Xinmin Ding [et al.] // *World Neurosurgery.* – 2017. – Vol. 104. – P. 291-302.
- 104.** Angeles between A1 and A2 of the anterior communicating artery cerebral artery visualized by three-dimensional computed tomographic angiography and association of anterior communicating artery aneurysms [Text] / H. Kasuy [et al.] // *Neurosurgery.* – 1999. – Vol. 45, № 1. – P. 89–93.
- 105.** Anterior cerebral artery A1 segment hypoplasia may contribute to A1 hypoplasiasyndrome [Text] / Y. M. Chuang [et al.] // *Eur. Neurol.* – 2007. – Vol. 57. – P. 208–211.
- 106.** Anterior temporal artery to posterior cerebral artery bypass for revascularization of the posterior circulation: An anatomical study [Text] / Kaan Yağmurlu [et al.] // *Journal of Clinical Neuroscience.* – 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jocn.2017.10.047>
- 107.** Arterial branching and basal ganglia lacunes: A study in pure small vessel disease [Text] / Fiona C. Moreton [et al.] // *European Stroke Journal.* – 2017. – Vol. 2, № 3. – P. 264-271.
- 108.** Arteries and veins of the brainstem [Text] // Duvernoy H.M. Human brainstem vessels / H.M. Duvernoy. – Berlin; Heidelberg: Springer, 1978. – P. 5–25.

109. Association of Perforator Infarction with Clinical Courses and Outcomes Following Surgical Clipping of Ruptured Anterior Communicating Artery Aneurysms [Text] / Yu Yamamoto [et al.] // *World Neurosurgery*. – 2017. – Vol. 107. – P. 724-731.
110. Baker, A. B. Cerebrivascular disease. I. The large arteries of the circle of Willis [Text] / A. B. Baker, A. Jannone // *Neurology*. – 1959. – Vol. 9, № 5. – P. 321–333.
111. Baker, A. B. Cerebrivascular disease. III. The intracerebral arteries [Text] / A. B. Baker, A. Jannone // *Neurology*. – 1959. – Vol. 9, № 7. – P. 441–446.
112. Baker, A.B. Structure of the small cerebral arteries and their changes with age [Text] / A.B. Baker // *Am. J. Pathol.* – 1937. – Vol. 13, № 3. – P. 453–462.
113. Baptista, A.G. Studies on the arteries of the brain circle of willis [Text] / A.G. Baptista // *Acta neurol. Scand.* – 1966. – Vol. 42. – P. 161–175.
114. Baptista, A.G. Studies on the arteries of the brain. II The anterior cerebral artery: some anatomic features and their clinical implications [Text] / A.G. Baptista // *Neurology*. – 1963. – Vol. 13. – P. 825–835.
115. Blood flow models of the circle of Willis from magnetic resonance data [Text] / J. Cezal [et al.] // *J. Engineer. Mathematics*. – 2003. – Vol. 47. – P. 369–386.
116. Blood vessel size of circulus arteriosus cerebri (circle of Willis): a statistical research on 100 human subjects [Text] / G.E. Orlandini [et al.] // *Acta Anat.* – 1985. – Vol. 123, № 1. – P. 72–76.
117. Bradac, Gianni Boris. Anterior Cerebral Artery [Text] / Gianni Boris Bradac // *Applied Cerebral Angiography*. – 2017. – P. 67-80. doi.org/10.1007/978-3-319-57228-4\_4
118. Bradac, Gianni Boris. Middle Cerebral Artery [Text] / Gianni Boris Bradac // *Applied Cerebral Angiography*. – 2017. – P. 81-93. doi.org/10.1007/978-3-319-57228-4\_5

119. Branches and arterial supply of the recurrent artery of Heubner [Text] / Paweł Maga [et al.] // *Anatomical Science International*. – 2013. – Vol. 88, № 4. – P. 223-229.
120. Brisman, J. L. Cerebral aneurysms [Text] / J.L. Brisman, J.K. Song, D.W. Newell // *N. Engl. J. Med.* – 2006. – Vol. 355. – P. 928–939.
121. Bugge, J. A standardized plastic injection method for anatomical purposes [Text] / J. Bugge // *Acta Anat.* – 1963. – Vol. 54. – P. 117–192.
122. Bunch, Paul M. Anatomic Eponyms in Neuroradiology: Brain, Cerebral Vasculature, and Calvarium [Text] / Paul M. Bunch, Amir A. Zamani // *Academic Radiology*. – 2016. doi.org/10.1016/j.acra.2016.01.008
123. Bypass surgery for complex middle cerebral artery aneurysms: an algorithmic approach to revascularization [Text] / Ali Tayebi Meybodi [et al.] // *Journal of Neurosurgery*. – 2017. – Vol. 127, № 3. – P. 463-479.
124. Bypass surgery for complex middle cerebral artery aneurysms: impact of the exact location in the MCA tree [Text] / L. Kivipelto [et al.] // *J Neurosurg.* – 2014. – Vol. 120, № 2. – P. 398–408.
125. Chernutte, L. The anterior choroidal syndrome [Text] / L. Chernutte // *Rev Neurol (Paris)*. – 1984. – Vol. 140. – P. 154–155.
126. Circle of Willis collateral flow investigated by magnetic resonance angiography [Text] / M.J. Hartkamp [et al.] // *Stroke*. – 1999. – Vol. 30. – P. 2671–2678.
127. Clinical significance of blood supply to the internal capsule and basal ganglia [Text] / Vuk Djulejić [et al.] // *Journal of Clinical Neuroscience*. – 2016. – Vol. 25. – P. 19-26.
128. Collateral configuration of the circle of Willis: transcranial color-coded duplex ultrasonography and comparison with postmortem anatomy [Text] / A.W. Hoksbergen [et al.] // *Stroke*. – 2000. – Vol. 31, № 6. P. 1346–1351.

129. Common features of the cerebral perforating arteries and their clinical significance [Text] / Vuk Djulejić [et al.] // *Acta Neurochirurgica*. – 2015. – 14 Mar. doi.org/10.1007/s00701-015-2378-8
130. Computation of hemodynamics in the circle of Willis [Text] / M.S. Alnaes [et al.] // *Stroke*. – 2007. – Vol. 38, № 9. – P. 2500–2505.
131. Corning, H.K. Guidance on the topographical anatomy of arteries of cerebrum [Text] / H.K. Corning // *Neurology*. – 1907. – Vol.20. – P 14 – 18.
132. Crowell, R.M. The anterior communicating artery has significant branches [Text] / R.M. Crowell, R.B. Morawetz // *Stroke*. – 1977. – Vol. 8. – P. 272–273.
133. Cucchiara, B. Migraine and circle of Willis anomalies [Text] / B. Cucchiara, J. Detre // *Med. Hypotheses*. – 2008. – Vol. 70. – P. 860–865.
134. Davies, J.M. Advances in open microsurgery for cerebral aneurysms [Text] / J.M. Davies, M.T. Lawton // *Neurosurgery*. – 2014. – Vol. 74. – P. 7–16.
135. Duret, H. Recherches anatomiques sur la circulation de l'encéphale [Text] / H. Duret // *Arch Physiol H*. – 1874. – Vol. 1. – P. 60–91.
136. Elsharkawy, A. Focused opening of the sylvian fissure for microsurgical management of MCA aneurysms [Text] / A. Elsharkawy, M. Niemela, M. Lehecka // *Acta Neurochir (Wien)*. – 2014. – Vol. 156, № 1. – P. 17–25.
137. Endovascular Treatment of 48 Early Branch Aneurysms of the Middle Cerebral Artery [Text] / Chuan-Chuan Wang [et al.] // *World Neurosurgery*. – 2016. – Vol. 94. – P. 131-136.
138. Extending the indications of flow diversion to small, unruptured, saccular aneurysms of the anterior circulation [Text] / N. Chalouhi [et al.] // *Stroke*. – 2014. – Vol. 45, № 1. – P. 54–58.
139. Fetterman, G. H. Anomalies of the circle of Willis in relation to cerebral softening [Text] / G.H. Fetterman, T.J. Moran // *Arch. Pathol*. – 1941. – Vol. 32. – P. 251–257.
140. Fisher, C.M. The circle of Willis: anatomical variations [Text] / C.M. Fisher // *Vasc. Dis*. – 1965. – Vol. 2. – P. 99–105.

141. Frank, R.G. Thomas Willis and his circle: brain and mind in seventeenth century medicine [Text] / R.G. Frank // *The Languages of Psyche* / ed.: G Rousseau. – Berkeley: University of California Press, 1990. – P. 107-46.
142. Ghika, J.A. Deep perforators from the carotid system. Template of the vascular territories [Text] / J.A. Ghika, J. Bogousslavsky, F. Regli // *Arch Neurol.* – 1990. – Vol. 47. – P. 1097–1100. doi:10.1001/archneur.1990.00530100063014
143. Glynn, L.E. Medial defects in the circle of Willis and their relation to aneurysm formation [Text] / L.E. Glynn // *J. Pathol. Bacteriol.* – 1940. – Vol. 51. – P. 213–222.
144. Gorczyca, W. Microvascular anatomy of Heubner's recurrent artery [Text] / W. Gorczyca, G. Mohr // *Neurol Res.* – 1987. – Vol. 9. – P. 259–264.
145. Grand, W. Microsurgical anatomy of the proximal middle cerebral artery and the internal carotid artery bifurcation [Text] / W. Grand // *Neurosurgery.* – 1980. – Vol. 7. – P. 215–218.
146. *Gray's Anatomy: The Anatomical basis of Clinical Practice* [Text] / ed.: S. Standring. – 39th ed. – New York, NY: Elsevier, Churchill Livingstone, 2005.
147. Gunnal, S.A. Anatomical variations of the circulus arteriosus in cadaveric human brains [Text] / S.A. Gunnal, M.S. Farooqui, R.N. Wabale // *Neurol Res Int.* – 2014. – P. 687281.
148. Haines, D.E. *A Survey of the Cerebrovascular System Fundamental Neuroscience for Basic and Clinical Applications* [Text] / D.E. Haines. – 5th ed. – 2017. – Chapter 8. – P. e1.122-137. doi.org/10.1016/B978-0-323-39632-5.00008-6
149. Haroun, R.I. Recurrent artery of Heubner: Otto Heubner's description of the artery and his influence on pediatrics in Germany [Text] / R.I. Haroun, D. Rigamonti, R.J. Tamargo // *Journal of Neurosurgery.* – 2000. – Vol. 93, № 6. – P. 1084–1088.
150. Herman, L.H. Perforating branches of the middle cerebral artery. An anatomical study [Text] / L.H. Herman, A.Z. Ostrowski, E.S. Gurdjian // *Arch*

- Neurol. – 1963. – Vol. 8. – P. 32–34.  
doi:10.1001/archneur.1963.00460010048005
- 151.** Heubner, O. Zur Topographie der Ernährung Gebiete der einzelnen Hirnarterien [Text] / O. Heubner // Centralblatt der medicinischen Wissenschaften. – 1872. – Bd. 5, № 10. – S. 817–821.
- 152.** Hillen, B. The variability of the circle of Willis: univariate and bivariate analysis [Text] / B. Hillen // Acta Morphol. Neerl.Scand. – 1986. – Vol. 24. – P. 87–101.
- 153.** Hillen, B. The variability of the circulus arteriosus (Willisii): order or anarchy? [Text] / B. Hillen // Acta Anat. (Basel). – 1987. – Vol. 129. – P. 74–80.
- 154.** Hitotsumatsu, Tsutomu. Cerebrovascular Anatomy for Direct Surgery: Perforating Branch Ischemia [Text] / Tsutomu Hitotsumatsu // Japanese Journal of Neurosurgery. – 2017. – Vol. 26, № 7. – P. 515–522.
- 155.** Hockley, A.D. Proximal occlusion of the anterior cerebral artery for anterior communicating aneurysm [Text] / A.D. Hockley // J Neurosurg. – 1975. – Vol. 43. – P. 426–431.
- 156.** Hughes, J.T. Thomas Willis 1621-1675: His Life and Works [Text] / J.T. Hughes. – London: Royal Society of Medicine Services, 1991.
- 157.** Hussein, S. Microsurgical anatomy of the anterior choroidal artery [Text] / S. Hussein, R.R. Renella, H. Dietz // Acta Neurochir (Wien). – 1988. – Vol. 92. – P. 19–28. doi.org/10.1007/BF01401968
- 158.** Importance of the microsurgical anatomy of the A1-anterior communicating artery complex [Text] / Alejandro Monroy-Sos [et al.] // Cirugía y Cirujanos. – 2013. – Vol. 81. – P. 256–262.
- 159.** Internal Carotid Artery and the Anterior Cerebral Circulation [Text] / Paul M. Foreman [et al.] // Bergman's Comprehensive Encyclopedia of Human Anatomic Variation. – 2016. – P. 449–460. DOI: 10.1002/9781118430309.ch43

160. John, C.M. Brust, Angel Chamorro. Anterior Cerebral Artery Disease [Text] / C.M. John // Stroke. – 2016. – P. e8. 347-361. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-29544-4.00023-2>
161. Kaplan, H. The Brant vascular system [Text] / H. Kaplan, D. Ford. – London; New York, 1966. – 362 p.
162. Kaplan, H.A. Anatomical study of the blood vessels of the brain [Text] / H.A. Kaplan // Transactions of the American Neurological Association. – New York, 1954. – Vol. 79. – P. 38–40.
163. Kaplan, H.A. The anatomy of the perforating arteries of the basal ganglia [Text] / H.A. Kaplan // Advances in cerebral angiography / ed.: G. Salamon. – Berlin: Springer Verlag, 1975.
164. Kaplan, H.A. The lateral perforating branches of the anterior and middle cerebral arteries [Text] / H.A. Kaplan // J Neurosurg. – 1965. – Vol. 23. – P. 305–310.
165. Kapoor, K. Variations in the configuration of the circle of Willis [Text] / K. Kapoor, B. Singh, L.I. Dewan // Anat. Sci. Int. – 2008. – Vol. 83, № 2. – P. 96–106.
166. Krabbe-Hartkamp, M.J. Circle of Willis: morphologic variation on three-dimensional time-of-flight MRangiograms [Text] / M.J. Krabbe-Hartkamp // Radiology. – 1998. – Vol. 207, № 1. – P. 103–111.
167. Lang, J. Clinical anatomy of the head: Neurocranium, orbit, craniocervical regions [Text] / J. Lang. – Berlin; Heidelberg; New-York: Springer-Verlag, 1983. – 124 p.
168. Lang, J. Mikroskopische Anatomie des Arterien [Text] / J. Lang // Angiologia. – 1965. – Bd. 2, № 4. – S. 225–284.
169. Leeds, N.E. The striate (lenticulostriate) arteries and the artery of Heubner [Text] / N.E. Leeds // Radiology of the skull and brain / eds.: T.H. Newton, D.G. Potts. – Saint Louis: CV Mosby Co, 1974. – Vol. 2, book 2.

- 170.** Les syndromes de l'artère choroidienne antérieure [Text] / B. Pertuiset [et al.]  
// *Rev Neurol.* – 1962. – Vol. 106. – P. 286–294.
- 171.** Lin, J.P. The anterior cerebral artery complex. Normal anterior cerebral artery complex [Text] / J.P. Lin, I.I. Kricheff // *Radiology of the skull and brain* / eds.: T.H. Newton, D.G. Potts. – Saint Louis: CV Mosby Co, 1974. – Vol. 2, book 2.
- 172.** Loukas, M. Anatomical examination of the recurrent artery of Heubner [Text] / M. Loukas, R. G. Louis Jr., R. S. Childs // *Clinical Anatomy.* – 2006. – Vol. 19, № 1. – P. 25–31.
- 173.** Magnetic resonance angiographic evaluation of circulus arteriosus cerebri (circle of Willis): a morphologic study in 100 human healthy subjects [Text] / C. Macchi [et al.] // *Ital. J. Anat. Embryol.* – 1996. – Vol. 101, № 2. – P. 115–123.
- 174.** Magnetic resonance angiographic evidence of sex-linked variations in the Circle of Willis and the occurrence of cerebral aneurysms [Text] / T. Horikoshi [et al.] // *J. Neurosurg.* – 2002. – Vol. 96, № 4. – P. 697–703.
- 175.** Magnetic resonance angiography of the circle of Willis in migraine patients [Text] / K. Paemeleire [et al.] // *Clin. Neurol. Neurosurg.* – 2005. – Vol. 107. – P. 301–305.
- 176.** Malamateniou, C. The Anatomic Variations of the Circle of Willis in Preterm-at-Term and Term-Born Infants: An MR Angiography Study at 3T AJNR [Text] / C. Malamateniou // *Am. J. Neuroradiol.* – 2009. – Vol. 30. – P. 1955–1962.
- 177.** Marinković, S. Anatomical bases for surgical approach to the initial segment of the anterior cerebral artery: microanatomy of Heubner's artery and perforating branches of the anterior cerebral artery [Text] / S. Marinković, M. Milisavljević, M. Kovačević // *Surg Radiol Anat.* – 1986. – Vol. 8. – P. 7–18.  
[doi.org/10.1007/BF02539703](https://doi.org/10.1007/BF02539703)
- 178.** Marinković, S. Branches of the anterior communicating artery: microsurgical anatomy [Text] / S. Marinković, M. Milisavljević, Z. Marinković // *Acta Neurochir (Wien).* – 1990. – Vol. 106. – P. 78–85.  
[doi.org/10.1007/BF01809337](https://doi.org/10.1007/BF01809337)

- 179.** Marinković, S. The perforating branches of the internal carotid artery: the microsurgical anatomy of their extracerebral segments [Text] / S. Marinković, M. Milisavljević, Z. Marinković // *Neurosurgery*. – 1990. – Vol. 26. – P. 472–479. [doi.org/10.1227/00006123-199003000-00015](https://doi.org/10.1227/00006123-199003000-00015)
- 180.** Marinkovic, S.V. Perforating branches of the middle cerebral artery. Microsurgical anatomy of their extracerebral segments [Text] / S.V. Marinkovic, M.S. Kovacevic, J.M. Marinkovic // *Journal of neurosurgery*. – 1985. – Vol. 63. – P. 266–271. [doi:10.3171/jns.1985.63.2.0266](https://doi.org/10.3171/jns.1985.63.2.0266)
- 181.** Mc Cullough, A.W. Some anomalies of the cerebral arteriae circle (of Willis) and related vessels [Text] / A.W. Mc Cullough // *Anat. Record*. – 1962. – Vol. 142. – P. 537–543.
- 182.** McDonald, D.A. The distribution of blood to the brain [Text] / D.A. McDonald, J. Potter // *J. Physiol*. – 1951. – Vol. 114, № 3. – P. 356–371.
- 183.** McKinney Alexander M. Intracranial Anterior Circulation Variants [Text] / Alexander M. McKinney // *Atlas of Normal Imaging Variations of the Brain, Skull, and Craniocervical Vasculature*. – 2017. – P. 1065-1103. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-39790-0\\_37](https://doi.org/10.1007/978-3-319-39790-0_37)
- 184.** Microanatomical study of the recurrent artery of Heubner [Text] / Paweł Mąga [et al.] // *Annals of Anatomy = Anatomischer Anzeiger*. – 2013. – Vol. 195, № 4. – P. 342-350.
- 185.** Microanatomy of collateral perforating branches of the middle cerebral artery [Text] / F. Vincentelli [et al.] // *Neurochirurgie*. – 1990. – Vol. 36. – P. 3–14.
- 186.** Microanatomy of posterior communicating artery [Text] / A. Pedroza [et al.] // *Neurosurg*. – 1987. – Vol. 20, № 2. – P. 228 - 235.
- 187.** Microsurgical anatomy of distal medial striate artery (recurrent artery of Heubner) [Text] / Yvan Zunon-Kipré [et al.] // *Surgical and Radiologic Anatomy*. – 2012. – Vol. 34. – P. 15–20. [doi.org/10.1007/s00276-011-0888-5](https://doi.org/10.1007/s00276-011-0888-5)
- 188.** Microsurgical anatomy of proximal segments of the middle cerebral artery [Text] / F. Umansky [et al.] // *J. Neurosurg*. – 1984. – Vol. 61. – P. 458 - 467.

- 189.** Microsurgical anatomy of the anterior perforating arteries [Text] / S.S. Rosner [et al.] // J Neurosurg. – 1984. – Vol. 61, № 3. – P. 468–485. DOI: 10.3171/jns.1984.61.3.0468
- 190.** Microsurgical anatomy of the early branches of the middle cerebral artery: morphometric analysis and classification with angiographic correlation [Text] / Necmettin Tanriover [et al.] // Journal of Neurosurgery. – 2003. – Vol. 98, № 6. – P. 1277-1290.
- 191.** Microsurgical anatomy of the middle cerebral artery [Text] / H. Gibo [et al.] // Journal of Neurosurgery. – 1981. – Vol. 54, № 2. – P. 151–169.
- 192.** Microsurgical anatomy of the recurrent artery of Heubner [Text] / F.B. Gomes [et al.] // J Neurosurg. – 1984. – Vol. 60. – P. 130–139.
- 193.** Middle Cerebral Artery Atherosclerotic Plaques in Recent Small Subcortical Infarction: A Three-Dimensional High-resolution MR Study [Text] / Xiao-Dong Zou [et al.] // BioMed Research International. – 2015. – P. 1-7.
- 194.** Milenkovic, Z. Asymmetry and anomalies of the circle of Willis in fetal brain. Microsurgical study and functional remarks [Text] / Z. Milenkovic, R. Vucetic, M. Puzic // Surg.Neurol. – 1985. – Vol. 24, № 5. – P. 563–570.
- 195.** Morphometric analysis, region of supply and microanatomy of the lenticulostriate arteries and their clinical significance [Text] / Vuk Djulejić [et al.] // Journal of Clinical Neuroscience. – 2012. – Vol. 19, № 10. – P. 1416-1421. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jocn.2011.10.025>
- 196.** Nieuwenhuys, R. The Human Central Nervous System [Text] / R. Nieuwenhuys, J. Voogd, C. van Huijzen. – 4th ed. (with 391 Figures). – Berlin; Heidelberg: Springer, 2008. – 966 p.
- 197.** Nobel Prize nominees hundred years ago: Abraham Jacobi (1830–1919) and Otto Heubner (1843–1926) [Text] / Nils Hansson [et al.] // European Journal of Pediatrics. – 2017. – Vol. 176, № 10. – P. 1411-1413.

- 198.** O'Connor, James P.B. Thomas Willis and the background to Cerebri Anatomie [Text] / P.B. James O'Connor // J R Soc Med. – 2003. – Vol. 96, № 3. – P. 139–143.
- 199.** Pai, S.B. Microsurgical anatomy of the anterior cerebral artery-anterior communicating artery complex: an Indian study [Text] / S.B. Pai, R.N. Kulkarni, R.G. Varma // Neurology Asia. – 2005. – Vol. 10. – P. 21–28.
- 200.** Perforating branches of the middle cerebral artery Microsurgical anatomy of their extracerebral segments [Text] / Slobodan V. Marinković [et al.] // Journal of Neurosurgery August. – 1985. – Vol. 63, № 2. – P. 266-271.
- 201.** Perforating branches of the middle cerebral artery. Microanatomy and clinical significance of their intracerebral segments [Text] / S.V. Marinkovic [et al.] // Stroke. – 1985. – Vol. 16. – P. 1022–1029. doi.org/10.1161/01.STR.16.6.1022
- 202.** Perlmutter, D. Microsurgical anatomy of the anterior cerebral-anterior communicating-recurrent artery complex [Text] / D. Perlmutter, A.L. Rhoton // J Neurosurg. – 1976. – Vol. 45. – P. 259–272.
- 203.** Prevalence of typical circle of Willis and the variation in the anterior communicating artery: a study of a Sri Lankan population [Text] / K. De Silva [et al.] // Ann. Indian. Acad. Neurol. – 2009. – Vol. 12, № 3. – P. 157–161.
- 204.** Rand, R.W. Surgical occlusion of anterior choroidal arteries in Parkinsonism [Text] / R.W. Rand, W.J. Brown, W.E. Stern // Neurology (Minneapolis). – 1956. – Vol. 6. – P. 390–401.
- 205.** Rengachary, Setti S. Neurosurgical operative atlas [Text] / Setti S. Rengachary, Robert H. Wilkins; The American Association of Neurological Surgeons. – Chicago, Illinois, 1993. – Vol. 1. – 2739 p.
- 206.** Revisiting eponyms of arteries of the brain [Text] / S.A. Kutia [et al.] // Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova. – 2016. – Vol. 116, № 12. – P. 245-248. DOI:10.17116/jnevro201611612245-48

- 207.** Rhoton, A.L. Jr. Microsurgical anatomy of anterior communicating artery aneurysms [Text] / A.L. Rhoton Jr., D. Perlmutter // *Neurol. Res.* – 1980. – Vol. 2. – P. 217 - 251.
- 208.** Rhoton, A.L. Jr. Microsurgical anatomy of the anterior choroidal artery [Text] / A.L. Rhoton Jr, K. Fujii, B. Fradd // *Surg Neurol.* – 1979. – Vol. 12, № 2. – P. 171-187.
- 209.** Rhoton, A. *Cranial Anatomy and Surgical Approaches* [Text] / A. Rhoton. – Lippincott Williams & Wilkins, 2007. – 746 p.
- 210.** Riggs, H.E. Variation in form of circle of Willis: the relation of the variations to collateral circulation: anatomic analysis [Text] / H.E. Riggs, C. Rupp // *Arch. Neurol.* – 1963. – Vol. 8, № 3. – P. 8–14.
- 211.** Risk factors for neurological deficits after surgical treatment of brain arteriovenous malformations supplied by deep perforating arteries [Text] / Yuming Jiao [et al.] // *Neurosurgical Review.* – 2017. – Vol. 39. – Apr 2017.
- 212.** Ruptured Cerebral Aneurysm of Fenestrated A1 Segment of the Anterior Cerebral Artery: Case Report and Literature Review [Text] / Junji Uno [et al.] // *Journal of Neuroendovascular Therapy.* – 2017. – Vol. 11, № 6. – P. 309-314.
- 213.** Sharma, Vijay K. Middle Cerebral Artery Disease [Text] / Vijay K. Sharma, Lawrence K.S. Wong // *Stroke. Pathophysiology, Diagnosis, and Management.* – 6th ed. – 2016. – P. 362–392. e10//doi.org/10.1016/B978-0-323-29544-4.00024-4
- 214.** Shellshear, J.L. The basal arteries of the forebrain and their functional significance [Text] / J.L. Shellshear // *Journal of anatomy.* – 1920/21. – Vol. 55. – P. 27–35.
- 215.** Stenosis length of middle cerebral artery and branch atheromatous disease associated infarct [Text] / Jian Wang [et al.] // *International Journal of Neuroscience.* – 2018. – Vol. 128, № 2. – P. 133-139.
- 216.** Symonds, C. The circle of Willis [Text] / C. Symonds // *BMJ.* – 1955. – Vol. 1. – P. 119–124.

- 217.** Takahashi, S. Intracranial arterial system: basal perforating arteries [Text] // Neurovascular imaging. MRI and microangiography / S. Takahashi. – London: Springer, 2010. – P. 53–130.
- 218.** Tanriover, N. Microsurgical anatomy of the early branches of the middle cerebral artery [Text] / N. Tanriover, M. Kawashima, A. Rhoton // J. Neurosurg. – 2003. – Vol. 98. – P. 1277 - 1290.
- 219.** Terminologia Anatomica: International Anatomical Terminology [Text] / Federative Committee on Anatomical Terminology (FCAT) . – New York, NY (USA): Thieme Medical Publishers, 1998.
- 220.** Territories of the perforating (lenticulostriate) branches of the middle cerebral artery [Text] / R. Donzelli [et al.] // Surg Radiol Anat. – 1998. – Vol. 20. – P. 393–398.
- 221.** The anterior temporal artery: an underutilized but robust donor for revascularization of the distal middle cerebral artery [Text] / Ali Tayebi Meybodi [et al.] // Journal of Neurosurgery. – 2017. – Vol. 127, № 4. – P. 740-747.
- 222.** The arterial circle of the brain (circulus arteriosus cerebri) [Text] / G. Lazorthes [et al.] // Anat. Clin. – 1979. – Vol. 1. – P. 241–257.
- 223.** The central arteries of the brain. Classification and territories of vascular supply [Text] / G. Lazorthes [et al.] // Advances in cerebral angiography / ed.: G. Salamon. – Berlin; Heidelberg: Springer Verlag; New York; Tokyo, 1975.
- 224.** The Circle of Willis in healthy older persons [Text] / C. Macchi [et al.] // J. Cardiovasc. Surg. – 2002. – Vol. 43. – P. 887–890.
- 225.** The fetal variant of the circle of Willis and its influence on the cerebral collateral circulation [Text] / A.F. van Raamt [et al.] // Cerebrovasc. Dis. – 2006. –Vol. 22, № 4. – P. 217–224.
- 226.** The perforating branches of the middle cerebral artery. A microanatomical study [Text] / F. Umansky [et al.] // Journal of Neurosurgery. – 1985. – Vol. 62, № 2. – P. 261–268.

- 227.** The role of the circle of Willis in carotid occlusion: assessment with phase contrast MR angiography and transcranial duplex [Text] / M. Miralles [et al.] // Eur. J. Endovasc. Surg. – 1995. – Vol. 10, № 4. – P. 424–430.
- 228.** The surgical anatomy of the perforating branches of the anterior choroidal artery [Text] / S. Marinković [et al.] // Surg Neurol. – 1999. – Vol. 52. – P. 30–36. doi.org/10.1016/S0090-3019(99)00043-9
- 229.** The Variable Origin of the Recurrent Artery of Heubner: An Anatomical and Morphometric Study [Text] / E.I. Falougy Hisham [et al.] // Bio Med Research International. – Vol. 2013. – P. 1-6. – Article ID 873434. Doi.org/10.1155/2013/873434.
- 230.** Time-resolved 3D Rotational Angiography (4D DSA) of the Lenticulostriate Arteries: Display of Normal Anatomic Variants and Collaterals in Cases with Chronic Obstruction of the MCA [Text] / S. Kammerer [et al.] // Clinical Neuroradiology. – 2017. – Vol. 27, № 4. – P. 451-457.
- 231.** Ustun, C. Dr. Thomas Willis' famous eponym: the circle of Willis [Text] / C. Ustun // Turk J Med Sci. – 2004. – Vol. 34. – P. 271-274.
- 232.** Vasovic, L. Comparative morphological variations and abnormalities of circles of Willis: a minireview including two personal cases [Text] / L. Vasovic, Z. Milenkovic, S. Pavlovic // Neurosurg. Rev. – 2002. – Vol. 25, № 4. – P. 247–251.
- 233.** Westberg, G. Arteries of the basal ganglia [Text] / G. Westberg // Acta Radiol Diagn. – 1966. – Vol. 5. – P. 581-596. doi.org/10.1177/02841851660050P163
- 234.** What constitutes the M1 segment of the middle cerebral artery? [Text] / Mayank Goyal [et al.] // Journal of NeuroInterventional Surgery. – 2016. – Vol. 8, № 12. – P. 1273-1277.
- 235.** Willis, T. Cerebri Anatomie: cui accessit nervorum descriptio et usus [Text] / T. Willis. – London, 1664.
- 236.** Wollschlaeger, G. The circle of Willis [Text] / G. Wollschlaeger, P.B. Wollschlaeger // Radiology of the skull and brain / eds.: T.H. Newton, D.G. Potts. – Saint Louis: CV Mosby Co, 1974. – Vol. 2, book 2.

- 237.** Yasargil, M.G. Microneurosurgery: Microsurgical Anatomy of the Basal Cisterns and Vessels of the Brain, Diagnostic Studies, General Operative Techniques and Pathological Considerations of the Intracranial Aneurysms [Text]: in 4 vol. / M.G. Yasargil. – Stuttgart: Georg Thieme Verlag; New York, 1987. – 393 p.