

REVIEW ARTICLE

О. В. Филатова, А.А. Сидоренко

**ВОЗРАСТНЫЕ И ПОЛОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЕМОДИНАМИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК АРТЕРИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА***Алтайский государственный университет, г. Барнаул**E-mail: ol-fil@mail.ru*

Данный обзор посвящен анализу современного состояния проблемы изучения гемодинамических характеристик артерий, кровоснабжающих головной мозг. Приведены сравнительные результаты исследования артерий различными методами исследования в широком возрастном диапазоне. Установлено, что в периоде от раннего детства до подросткового возраста и от первого зрелого до пожилого возраста происходит увеличение диаметра внутренних сонных артерий. Наблюдаются фазы повышения сосудистого сопротивления к периоду первого детства, подростковому и пожилому возрасту. Объемная скорость кровотока имеет относительно стабильные параметры до юношеского периода, затем снижается к пожилому возрасту. Средняя линейная скорость, напряжение сдвига и число Рейнольдса с возрастом прогрессивно снижаются в два раза. Для внутренних сонных артерий характерен ламинарный поток крови с локальными завихрениями на начальных этапах постнатального онтогенеза. Величина диаметра внутренних сонных артерий, индекса сосудистого сопротивления, объемной скорости кровотока в большинстве возрастных периодов у лиц мужского пола выше, чем у лиц женского пола. Напряжение сдвига в обеих внутренних сонных артериях во всех изученных возрастных периодах симметричны и не имеют половых различий.

Ключевые слова: внутренние сонные артерии, объемная скорость, линейная скорость кровотока, напряжение сдвига, число Рейнольдса

O.V. Filatova, A.A. Sidorenko

AGE AND SEX HEMODYNAMIC CHARACTERISTICS OF CEREBRAL ARTERIES*Altai State University, Barnaul**E-mail: ol-fil@mail.ru*

The study was dedicated to the analysis of the current state of the problem of studying the hemodynamic performance of the arteries supplying the brain. The comparative results of the study of the arteries by various research methods in a wide age range. It has been established that during the period from early childhood to adolescence and from the first mature to old age there is an increase in the diameter of the internal carotid arteries. The phases of increased vascular resistance by the first period of childhood, adolescence and old age are observed. Volumetric flow rate has relatively stable parameters till adolescence, and then it declines by old age. The average linear velocity, shear stress, and the Reynolds number diminish progressively twice with age. Laminar blood flow with local twists in the early stages of postnatal ontogenesis is characteristic of internal carotid arteries. The diameter of internal carotid arteries, vascular resistance index, and blood flow velocity are higher in males than in females during most age periods. Shear stress in both internal carotid arteries during the age periods studied is symmetrical and has no sex differences.

Keywords: internal carotid artery, space velocity, the linear velocity of blood flow, shear stress, the Reynolds number.

Головной мозг является одной из наиболее кровоснабжаемых областей человеческого организма. Его масса составляет всего 2% от массы тела человека, но при этом объем сердечного выброса, поступающего к мозговой ткани, составляет 15% (Фолков с соавт., 1976; Ившин, 2006; Цвибель с соавт., 2008; Фролов с соавт., 2008). Функциональные возможности головного мозга и его отделов зависят от достаточности кровоснабжения (Речкалов, 2006; Немировская с соавт., 2011; Poels et al., 2008). Достаточный приток артериальной крови обеспечивается за счет крупных магистральных артерий (позвоночных и сонных), образующих вертебробазиллярный и каротидный бассейны. Благодаря образованию замкнутой системы посредством виллизиева круга и развитию коллатералей между этими бассейнами, недостаток кровоснабжения в одном из магистральных сосудов компенсируется за счет других (Москаленко с соавт., 2007; Харенко с соавт., 2007; Цвибель с соавт., 2008; Прыгова, 2012), при этом сохраняется равномерность поступления крови к различным отделам головного мозга (Крупина с соавт., 2001; Бендов с соавт., 2009).

Виллизиев круг является мощным коллектором, обеспечивающим распределение крови в головном мозге. Кровь из разных сосудов в пределах виллизиева круга в физиологических условиях не смешивается, а попадает в зону васкуляризации каждой отдельной артерии (Фролов с соавт., 2008; Колотилов, 2011). От каждой левой или правой магистральной артерии кровь поступает в сосуды полушарий мозга только с гомолатеральной стороны, и это же справедливо и для позвоночных артерий (Фролов с соавт., 2008). Головной мозг снабжается кровью от сосудов, находящихся на его поверхности. Данный принцип распределения артериальных сосудов обеспечивает высокую надежность кровоснабжения мозга (Лазаренко, 2000; Харенко с соавт., 2007; Колотилов, 2011).

Внутренние сонные артерии (ВСА) обеспечивают кровоснабжение мозга на две трети (Горбунов, 2007; Прыгова, 2012), они снабжают кровью большую часть полушарий головного мозга (лобные, височные, теменные доли) и подкорковые структуры (Филимонов, 2001, 2002). Снабжение головного мозга на одну треть обеспечивают позвоночные артерии. Позвоночные артерии современная ангиология трактует как функционально важные и клинически значимые сосудистые магистрали. Об этом свидетельствует тот факт, что они кровоснабжают достаточно обширный регион центральной нервной системы, к которым относятся шейные сегменты спинного мозга, мозговой ствол, мозжечок, затылочные и теменные доли коры больших полушарий, а так же ряд структур опорно-двигательного аппарата на уровне головы и шеи. Кроме этого, их опосредованное влияние распространяется и на ряд внутренних органов, таких как сердце, легкие, диафрагма и др., регуляция которых осуществляется нервными центрами, расположенными в зоне трофического поля позвоночной артерии (например, сосудодвигательный и дыхательный – в продолговатом мозге; диафрагмальный – в шейном отделе спинного мозга и т.д.) (Лабзин с соавт., 2006).

Между системой сонных и позвоночных артерий существует связь, направленная на сохранение адекватного мозгового кровотока при снижении диаметра одних артерий и увеличении диаметра других, что свидетельствует о компенсаторно-приспособительной взаимообусловленности двух магистралей кровоснабжения головного мозга. (Лелюк с соавт., 2003; Маркелова, 2009).

Таким образом, кровоснабжение головного мозга зависит от двух систем сосудов, кровотоков в которых способен взаимно дополнять друг друга. При этом внутренние сонные артерии в норме обеспечивают наибольший приток крови к мозгу и оказывают прямое влияние на состояние мозгового кровообращения (Сэржээ с соавт., 2003).

Кровообращение головного мозга осуществляется посредством следующих систем сосудов: кровь, поступающая к мозгу, идет по трем крупным артериям, отходящим от выпуклой поверхности дуги аорты в проекции верхнего средостения. Это плечеголовный ствол, общая сонная артерия и левая подключичная артерия. Плечеголовной ствол направляется косо вправо и вверх и несколько ниже уровня правого грудино-ключичного сочленения, делится на правую общую сонную артерию и правую подключичную артерию. Левая общая сонная артерия, отходящая непосредственно от дуги аорты, направляясь вверх, проходит позади грудино-ключичного сочленения. Обе общие сонные артерии по своему ходу ветвей не дают и на уровне верхнего края щитовидного хряща (на уровне III–IV шейных позвонков) делятся на наружную сонную артерию и внутреннюю сонную артерию. В них направляется соответственно одна треть и две трети крови, приносимой общей сонной артерией (Цвибель с соавт., 2008, Лелюк с соавт., 2003). ВСА является практически постоянным сосудом (Международная анатомическая терминология..., 2003), в литературе имеются лишь эпизодические сообщения об ее отсутствии с одной стороны, реже с двух сторон (Катеренюк, 1993, Micami et al., 1996; Tasar et al., 2004). Следует отметить вариабельность строения бифуркации общей сонной артерии: в 83% случаев встречается передне-среднее положение наружной сонной артерии по отношению к внутренней сонной артерии, в 20% – наружная сонная артерия располагается кзади и латерально от внутренней сонной артерии, в 7% – наружная сонная артерия находится в средне-заднем положении по отношению к внутренней сонной артерии (Gerlock et al., 1990). Обе внутренние сонные артерии обеспечивают кровью передние отделы мозга. Они почти отвесно поднимаются вверх к черепу (Цвибель с соавт., 2008).

ВСА обычно делят на экстракраниальный отдел, включающий два отрезка – синус (или ампулу) и шейный отрезок, и интракраниальный, состоящий из трех отрезков: внутрикостного (каменистого), сифона (пещеристого) и мозгового (Оперативная хирургия и ..., 2001; Поляев, 2007). Другие авторы также делят внутреннюю сонную артерию на пять отделов: шейный, каменистый, кавернозный, клиновидный, супраклиновидный (Токарев с соавт., 2010).

Синус представляет собой значительно расширенную начальную часть ВСА. Он богато иннервирован (баро- и хеморецепторы) и играет важную роль

в регуляции кровообращения (Лелюк с соавт., 2003, Поляев, 2007). В.О. Поляев (2007) отмечает, что нет точных значений об уровне начала и конца ампулы, степени этого расширения и его функции. Он предположил, что в здоровом состоянии ампула внутренней сонной артерии выполняет так называемую сепараторную функцию, которая заключается в предохранении головного мозга от попадания в него мелких эмболов. При воздействии пульсовой волны происходит изменение угла бифуркации и размера ампулы внутренней сонной артерии. Как следствие этого, изменяется направление векторов скорости жидкости. В.О. Поляев (2007) обнаружил, что возникают потоки, направленные из ампулы внутренней сонной артерии в наружную сонную артерию, что подтверждает гипотезу о сепараторной функции нормальной ампулы сонной артерии. Таким образом, осуществляется защита головного мозга от артерио-артериальных эмболий.

Шейный отрезок является частью артерии от синуса до входа в череп (Румянцева, 2005; Лелюк с соавт., 2003). Ряд авторов обозначают шейный отдел от бифуркации общей сонной артерии на внутреннюю и наружную до места вхождения внутренней сонной артерии в сонный канал пирамиды височной кости (Токарев с соавт., 2010). Синус и шейный отделы внутренней сонной артерии не отдают ветвей (Лелюк с соавт., 2003; Цвибель с соавт., 2008; Токарев с соавт., 2010). За редким исключением встречаются случаи отхождения от нее восходящей глоточной артерии (Лойт с соавт., 2002).

Ветвление ВСА начинается с ее интракраниального отдела. В полости черепа в сонном канале пирамиды височной кости внутренняя сонная артерия отдает незначительную веточку – сонобарабанную ветвь, которая проходит в барабанную полость, кровоснабжая ее слизистую оболочку. В кавернозном синусе от внутренней сонной артерии отходит ветвь к твердой мозговой оболочке. Сразу за кавернозным синусом внутренняя сонная артерия отдает крупную ветвь – глазную артерию. Ниже клиновидного отростка на несколько миллиметров внутри твердой мозговой оболочки ВСА дает начало задним соединительным артериям, которые за тем сообщаются с задней мозговой артерией (Румянцева, 2005; Токарев с соавт., 2010). Далее внутренняя сонная артерия делится на среднюю и переднюю мозговые артерии, а также дает начало передней артерии сосудистого сплетения. В норме кровь из сосудистого бассейна наружной сонной артерии не поступает в мозг, однако некоторые ее ветви могут служить в качестве коллатералей в случаях окклюзии во внутренних сонных артериях и позвоночных артериях (Харенк с соавт., 2007; Фролов с соавт., 2008). Участки экстракраниального и интракраниального отдела ВСА представляются весьма важными в функциональном отношении. Экстракраниальная часть ВСА является основной кровеносной магистралью головного мозга (Лазарян с соавт., 2007). Внутрикостный отрезок интракраниальной части регулирует путем вазоконстрикции приток крови к мозгу, а изгибам сифона отводится роль механизмов, уменьшающих пульсовые колебания артериального давления (Цвибель с соавт., 2008).

Внутренняя сонная артерия относится к артериям мышечно-эластического типа. По строению и функциональным особенностям они занимают промежуточное положение между сосудами мышечного и эластического типов. Строение внутренней оболочки включает эндотелий (клеточный слой), подэндотелиальный слой (слой тонкофибриллярной соединительной ткани с клетками звездчатой формы), сплетение эластических волокон. В средней оболочке увеличивается количество гладкомышечных клеток по сравнению с эластическим типом. Между гладкомышечными клетками и эластическими элементами находится небольшое количество фибробластов и коллагеновых волокон. В наружной оболочке можно выделить два слоя: внутренний, содержащий отдельные пучки гладкомышечных клеток, и наружный, состоящий преимущественно из пучков коллагеновых и эластических волокон и соединительнотканых клеток (Шехтер и соавт., 1978).

Иннервация внутренней сонной артерии осуществляется ветвями ряда черепных, шейных и верхних грудных спинномозговых нервов. Ее периартериальное сплетение, распространяющееся на соответствующие мозговые сосуды, образовано ветвями шейных ганглиев (преимущественного верхнего симпатического) (Лелюк с соавт., 2003; Цвибель с соавт., 2008).

Система кровообращения благодаря своей многоуровневой организации обеспечивает адекватное кровоснабжение органов и тканей. В каждом возрастном периоде растущего организма она претерпевает изменения, продиктованные физиологической целесообразностью (Грибанов, 2001). Постоянно изменяющийся анатомически и функционально в различные периоды развития аппарат кровообращения требует знания его физиологических особенностей (Шишелова с соавт., 2006).

В современной литературе имеется значительное число работ, посвященных исследованию кровообращения головного мозга у здоровых людей разного возраста, показавших, что в процессе роста и развития организма церебральное кровообращение претерпевает существенные изменения. Изменения мозгового кровотока в процессе роста и развития объясняется морфофункциональными особенностями строения сосудистой сети головного мозга (Трошин с соавт., 1995, 1999). По данным многочисленных исследований, диаметры и другие морфологические параметры артерий, кровоснабжающих мозг, с возрастом изменяются (Румянцева, 2005; Гладилин, 2006; Лабзин с соавт., 2006; Шишелова с соавт., 2006; Фомкина, 2006; Горбунов, 2007; Куртусунов, 2009; Николенко с соавт., 2006, 2009; Маркелова, 2010), однако проявление этой возрастной закономерности у разных артерий неодинаково (Гладилин, 2006; Речкалов, 2006).

Ю.А. Гладилин (2006) при помощи морфометрического метода на аутопсийном материале, обнаружил, что наружный диаметр, толщина стенки, радиус просвета мозговых артерий увеличиваются с возрастом асинхронно. Толщина стенки артерий увеличивается в большей степени (в 1,4 раза), чем их наружный диаметр. А.В. Горбунов (2007) изучая артерии головного мозга на интракраниальном уровне при помощи нескольких методов посмертного и

прижизненного исследования, обнаружил, что от внутриутробного развития до периода второго детства диаметры и длины артерий головного мозга человека имеют четко выраженную линейную тенденцию увеличения. К подростковому периоду обнаруживается тенденция к замедлению возрастания этих параметров, и они практически стабильны. В возрасте от 12 до 35 лет диаметры и длины артерий головного мозга человека увеличиваются, а в период от 36 до 60 лет являются стабильными показателями. От 60 до 81 года диаметры и длины артерий головного мозга на интракраниальном уровне имеют линейную тенденцию уменьшения (Горбунов, 2007).

В работе А.В. Горбунова (2007) представлено изменение с возрастом морфологических характеристик интракраниальной части внутренней сонной артерии в широком возрастном диапазоне, охватывающем пренатальный период и весь постнатальный период развития. По его данным (Горбунов, 2007) процессы структурных преобразований артерий головного мозга человека в плодном периоде пренатального онтогенеза наиболее интенсивно протекают в возрасте от 14–16 до 21–24 недель внутриутробного развития и обуславливают этап становления анатомо-топографической организации артериального русла. Автором показано, что в возрасте от 21–24 недель внутриутробного развития до 8–11 лет жизни диаметр и длина интракраниальной части внутренних сонных артерий имеет четко выраженную линейную тенденцию увеличения, в возрасте от 8–11 до 12–16 лет он растет скачкообразно, линейно увеличивается от 12–16 лет, достигая стабильных значений, к 17–21 годам, далее отмечается тенденция замедления его роста, в возрасте от 17–21 лет до 36–60 лет диаметр интракраниальной части внутренней сонной артерии является относительно стабильным показателем, далее до 61–74 лет наблюдается линейная тенденция его уменьшения.

В работе Ю.А. Гладилина (2006) представлены данные морфометрических параметров возраста шейной части внутренней сонной артерии от юношеского периода до старческого возраста, однако работа выполнена на аутопсийном материале. Автором показано увеличение диаметра шейной части у лиц мужского и женского пола с возрастом. В. Yazıcı et al. (2005) выявили увеличение диаметра внутренних сонных артерий в возрасте от 21 года до 80 лет. Т.Р. Лазарян с соавт. (2007) выявил, что длина экстракраниальной части внутренней сонной артерии с возрастом увеличивается.

В наших собственных исследованиях было выявлено интенсивное увеличение диаметров внутренних сонных артерий от раннего детства до подросткового возраста и от второго зрелого до пожилого возраста. Диаметр левой ВСА (ЛВСА) достигает взрослых значений к подростковому возрасту у лиц мужского пола, к периоду второго детства у лиц женского пола. Диаметр правой ВСА (ПВСА) достигает дефинитивных значений к юношескому периоду независимо от пола (Филатова с соавт., 2014). Полученные нами данные диаметра ВСА несколько выше результатов, полученных Ю.А. Гладилиным (2006) на аутопсийном материале ВСА для юношеского, зрелого, пожилого и

старческого возраста. Это говорит о том, что данные, полученные на аутопсийном материале, не могут быть экстраполированы на живой организм.

Гемодинамические параметры внутренних сонных артерий детей исследованы в меньшей степени, чем у взрослых людей. В некоторых исследованиях содержатся сведения о диаметре экстракраниальной части внутренней сонной артерии, полученные методом ультразвукового сканирования в возрасте от 4 до 18 лет, однако авторы не обнаружили возрастных изменений диаметра артерий в этом возрастном промежутке (Румянцева, 2005; Шишелова с соавт., 2006). Что представляется маловероятным, так как постнатальная морфологическая дифференцировка артерий продолжается до 12-летнего возраста (Трошин, 1995). К тому же диаметр общей сонной артерии увеличивается в этом возрастном диапазоне (Шишелова с соавт., 2006). И.В. Румянцева (2005), используя метод ультразвукового сканирования, не выявила изменения диаметра внутренней сонной артерии в исследованном возрастном диапазоне от 4 до 17 лет. В нашей работе диаметр ВСА увеличивается в среднем на 5 % от возраста первого детства к юношескому возрасту у лиц женского пола и на 7% у лиц мужского пола (Филатова с соавт., 2014). Данные диаметра ВСА в периоде второго детства, подростковом и юношеском возрасте, полученные в нашем исследовании, так же имеют несколько более высокие значения по сравнению с данными И.В. Румянцевой (2005) для вышеназванных периодов. Из этого следует, что нельзя исключать и региональный компонент в нормативных показателях артерий. Увеличение диаметра ВСА после первого (ПВСА) или второго (ЛВСА) зрелого периода к пожилому составляет не более 5% (Филатова с соавт., 2014) и может быть связано с возрастным увеличением артериального давления (АДС) от 120 мм рт. ст. до 140 – 150 мм рт. ст. (Маколкин, 2011; татарина, 2013). Данные Ю. А. Гладиллина (2006) о том, что в диапазоне от 19 до 80 лет не происходит увеличения толщины стенки ВСА свидетельствуют, скорее, в пользу влияния повышенного давления, чем гистологических изменений в сосудистой стенке на диаметр ВСА.

Изучение изменения мозгового кровотока с возрастом проводилось с использованием количественных газоаналитических методов (Raimondi et al., 1980; Ogawa et al., 1989), метода реоэнцефалографии (Яруллин, 1983; Безобразова с соавт., 2000, 2001, 2002, 2003, 2008). Исследования, выполненные с использованием количественных газоаналитических методов для оценки мозгового кровообращения детей, показали, что кровоток головного мозга ребенка почти вдвое выше, чем у взрослых людей и составляет 100 мл/100г ткани/мин (Raimondi et al., 1980; Ogawa et al., 1989). Такие существенные различия величин мозгового кровотока связываются с более высоким уровнем метаболизма головного мозга у детей. С возрастом происходит некоторое уменьшение церебрального метаболизма и числа глиоцитов (Захаров с соавт., 2003). В то же время применение количественных газоаналитических методов не позволяет сделать существенных выводов о закономерностях онтогенеза мозгового кровообращения у человека. Это обусловлено значительными

методическими трудностями, заключающимися в необходимости совмещать требования атравматичности и экспериментальной точности при проведении исследований церебрального кровотока указанными методами. Следует отметить, что на ранних этапах постнатального онтогенеза (от двух месяцев до 3 лет) происходит увеличение притока крови к головному мозгу.

Широкое распространение в оценке мозгового кровообращения получил реоэнцефалографический метод (Яруллин, 1983; Поплавская, 2001; Безобразова с соавт., 2000, 2001, 2003, 2008; Тананакина с соавт., 2008; Исмаил, 2008). На протяжении многих лет изучение возрастных преобразований мозгового кровообращения проводилось фокусированной импедансной реоэнцефалографией, позволяющей оценить интенсивность пульсового и объемного мозгового кровотока (мл/100г ткани/мин) (Яруллин, 1983; Безобразова с соавт., 2000, 2001, 2003, 2008). В исследованиях И.О. Тупицына и соавт. (1995, 2000) и В.Н. Безобразовой (2003) установлены возрастные закономерности развития системы мозгового кровообращения от 7 до 17 лет. Данные исследования свидетельствуют о том, что с возрастом происходит экономизация мозгового кровообращения, величина объемного мозгового кровотока от 7 к 17 годам уменьшается в 2,5–3 раза. Возрастное снижение интенсивности церебрального кровообращения связано как с общим ростом организма, так и с понижением уровня метаболизма, однако, а возрасте 12–15 лет в период активного полового созревания наблюдается возрастание объемного мозгового кровотока, который к 16–17 годам достигает дефинитивных значений. А.И. Соломко (1992) обнаружил, что по мере роста и развития детей, происходит повышение абсолютных значений объемной скорости как системного, так и церебрального кровообращения. Автор отметил, что величина объемной скорости мозгового кровотока от 7 к 17 годам возрастала в 1,64 раза, вместе с тем процентная доля церебрального кровотока в сердечном дебите также значимо увеличивалась, но в меньшей степени – в 1,23 раза. Мозговая гемодинамика в дальнейшем с возрастом уменьшается (Шахнович с соавт., 1996). Известные данные о возрастном снижении мозгового кровотока относятся преимущественно к кровотоку через мозг в целом, а не к величине его удельного значения, то есть величины кровотока через единицу массы мозга. Поскольку с возрастом происходит атрофия ткани мозга, то не исключено, что удельная величина мозгового кровотока сохраняется, на что указывалось еще в середине XX в., а суммарный кровоток падает из-за редукции его массы. Редукция массы мозга наблюдается после 50 лет и составляет в среднем 0,7 % в год (Coffey, 1992). Это означает, что к 75–80 годам масса мозга уменьшается примерно на 20 %. При этом следует отметить, что мозговой кровоток с возрастом снижается на более значительную величину снижаясь к 80 годам на 35–45 % в сравнении с возрастной группой 25–35 лет (Москаленко с соавт., 2010).

Оценить показатели кровотока в магистральных артериях головы можно при помощи метода ультразвукового дуплексного сканирования, который получил широкое распространение в исследованиях в последнее время

(Верещагин, 2001; Schebesch et al., 2004; Yazici et al., 2005; Albayrak et al., 2007; Учкин с соавт., 2010). Количественными показателями этого метода являются линейная систолическая скорость кровотока, линейная диастолическая скорость, средняя линейная скорость кровотока, индекс сосудистого сопротивления, пульсационный индекс, систоло-диастолическое отношение (Клиническое руководство по..., 1996).

Данные разных авторов о возрастных изменениях параметров скорости кровотока во внутренних сонных артериях носят противоречивый характер. Ряд авторов указывает на снижение показателей линейной скорости кровотока с возрастом (Румянцева, 2005; Смирнов с соавт., 2001, Сэржээ с соавт., 2003). Другие авторы, напротив, указывают на увеличение скоростных показателей кровотока с возрастом (Шишелова с соавт., 2006). К.В. Смирнов с соавт. (2001) в группе смешанной по полу исследовали возрастную динамику гемодинамических показателей экстракраниальной части внутренней сонной, общей сонной артерии, средней мозговой артерии и позвоночной артерии на экстра- и интракраниальном уровне в возрастном диапазоне от 1 месяца до 60 лет. В своем исследовании К.В. Смирнов с соавт. (2001) выявили, что скоростные показатели кровотока в магистральных артериях головы меняются в зависимости от возраста. Авторы отмечают, что изменения систолической скорости кровотока во внутренней сонной артерии и в экстра- и интракраниальном участках позвоночной артерии практически идентичны: линейная систолическая скорость максимальна в группе детей до 1 года, снижается к 3 годам и относительно стабилизируется до 16 лет, и в последующем снижается до периода 50–60 лет. Д. Сэржээ с соавт. (2003) изучали параметры кровотока у здоровых людей, не разделяя их по полу, в возрастных диапазонах 30–39 лет, 40–49 лет, 50–59 лет в общих сонных, наружных и внутренних сонных артериях, позвоночных артериях. Авторы обнаружили, что в общих сонных артериях, наружных сонных, внутренних сонных и позвоночных артериях показатели скорости кровотока с возрастом снижаются в исследованных периодах. В.Д. Трошин (2006) отметил, что для лиц пожилого возраста характерно снижение скоростных показателей кровотока, включая пиковые и усредненные значения. В работе И.В. Румянцевой (2005) в экстракраниальной части внутренних сонных артерий в группе лиц, смешанной по полу в возрасте от 4 до 17 лет выявлено статистически значимое снижение максимальной и средней линейной скоростей во внутренних сонных артериях. Однако О.В. Шишелова с соавт. (2006), изучая динамику линейных скоростных показателей кровотока в общих сонных, позвоночных, внутренних сонных артериях у лиц женского и мужского пола, в возрасте от 7 до 17 лет, установили увеличение значений изучаемых показателей с возрастом.

В нашем исследовании у лиц мужского пола объемная скорость кровотока в ПВСА и ЛВСА относительно стабильна от периода раннего детства до юношеского возраста. Далее объемная скорость прогрессивно снижается к пожилому возрасту. У лиц женского пола возрастная динамика объемной

скорости кровотока несколько отличается слева и справа. В ЛВСА объемная скорость потока статистически значимо увеличивается к периоду первого детства, затем снижается ко второму зрелому возрасту. В ПВСА наблюдается снижение этого показателя начиная с периода первого детства к пожилому возрасту. Начиная от периода второго зрелого возраста показатель объемной скорости кровотока либо остается стабильным (ПВСА) либо возрастает к пожилому возрасту (ЛВСА). В целом наблюдается снижение объемной скорости кровотока на 30 % у лиц мужского пола в обеих ВСА и у лиц женского пола в ЛВСА, на 20 % – у лиц женского пола в ПВСА (Филатова с соавт., 2014). Выявленное нами снижение линейной скорости кровотока во ВСА на 45–50 % с возрастом согласуется с данными других исследователей (Смирнов с соавт., 2001; Сэржээ с соавт., 2003).

Линейная скорость кровотока пиковая систолическая и конечная диастолическая относятся к количественным (линейным) параметрам доплеровского анализа. Параметры пиковой систолической и конечной диастолической скоростей кровотока отражают значения скорости кровотока в конкретные периоды сердечного цикла, не давая информации об истинной скорости кровотока в сосуде за весь сердечный цикл. Большой интерес для исследователя представляют величины средних скоростей кровотока, которые дают наиболее полное представление об истинной скорости движения частиц в сосуде (Прыгова с соавт., 2012). Линейная скорость кровотока и напряжение сдвига в ВСА градуально уменьшаются с возрастом, снижаясь к пожилому возрасту на 45–50 % по сравнению с периодом раннего детства (Филатова с соавт., 2014).

Церебральное кровообращение обладает высоким уровнем автономии, но при этом его нельзя рассматривать изолированно от системной гемодинамики (Лелюк, Лелюк, 2004). Обнаруженные возрастные изменения линейной и объемной скоростей потока могут быть связаны с онтогенетической динамикой минутного объема кровотока (МОК), характерным свойством которого является его тесная связь с ростом организма. Общеизвестно, что возрастное увеличение МОК связано с необходимостью удовлетворения возрастающего общего кислородного запроса, а снижение интенсивности кровотока – с уменьшением интенсивности потребления кислорода. Снижение сердечного выброса приводит к снижению уровня объемного кровотока в магистральных артериях головы (Москаленко, 2010).

Наблюдаются некоторые разночтения при интерпретации данных, касающихся индексов сосудистого сопротивления. Ряд авторов отмечают стабильность показателей сосудистого сопротивления, начиная от юношеского и до старческого возраста (Смирнов с соавт., 2001, Yazıcı et al., 2005), другие авторы указывают либо на его снижение (Sheel et al., 2000), либо на повышение (Сэржээ с соавт., 2003, Трошин, 2006, Kalvach et al., 2007) к пожилому и старческому возрасту. К.В. Смирнов с соавт. (2001) выявили, что индекс сосудистого сопротивления, систоло-диастолическое отношение во внутренней сонной артерии не изменяется от 16 до 60 лет. В. Yazıcı et al.

(2005) не обнаружили статистически значимых изменений индекса сосудистого сопротивления в возрастном промежутке от 20 до 80 лет. P. Sheel et al. (2000) исследовав параметры магистральных артерий головы в возрасте от 20 до 85 лет отметили, что с возрастом индекс сосудистого сопротивления снижается. Д. Сэржээ с соавт. (2003) выявили, что индекс сосудистого сопротивления и пульсационный индекс статистически значимо снижаются с возрастом от 30 до 60 лет в общих сонных, наружных сонных артериях, а во внутренних сонных и позвоночных артериях – статистически значимо увеличиваются. В.Д. Трошин (2006) отметил, что для лиц пожилого возраста характерно возрастание индексов сосудистого сопротивления. P. Kalvach et al. (2007) обнаружили незначительное увеличение индекса сосудистого сопротивления и пульсационного индекса в возрастном диапазоне от 21 до 92 лет.

У детей в процессе роста и развития параметры сосудистого сопротивления динамичны и имеют существенные отличия от взрослого контингента. К.В. Смирнов с соавт. (2001) выявили, что индекс сосудистого сопротивления, систоло-диастолическое отношение во внутренней сонной артерии статистически значимо снижается от периода 1–12 месяцев до 6–9 лет и увеличивается к периоду 9–12 лет. Согласно исследованию И.В. Румянцевой (2005) индекс сосудистого сопротивления и пульсационный индекс статистически значимо снижается от периода 4–6 лет к возрасту 7–12 лет и увеличивается к периоду 13–17 лет. При этом исследуемые индексы статистически значимо выше в периоде 4–6 лет, чем в периоде 13–17 лет. В то же самое время О.В. Шишелова с соавт. (2006) не выявили статистически значимого увеличения индекса сосудистого сопротивления в возрасте от 7 до 18 лет. Изменение сосудистого сопротивления внутренних сонных артерий в возрастном диапазоне от 1 года до 74 лет имеет асинхронный характер. У мужчин наблюдаются фазы повышения к подростковому и пожилому возрасту. У женщин показаны фазы повышения к периоду первого детства, подростковому и пожилому возрасту (Филатова с соавт., 2014).

Параметры кровотока (линейная скорость, напряжение сдвига, число Рейнольдса) зависят от реологических свойств крови, которые в процессе онтогенеза претерпевают изменения, (Баев с соавт., 2000, 2001). В.М. Баев с соавт. (2000, 2001) отметил, что по сравнению с юным возрастом в зрелом периоде у человека вязкость крови становится ниже. В то же время М.А. Сушкова (2002) показала, что у пожилых людей вязкость крови повышена. F. Jung с соавт. (1986) обнаружили, что вязкость крови и вязкость плазмы не зависят от возраста. Данные, касающиеся изменения вязкости крови в пожилом и старческом возрасте, достаточно противоречивы. В работе F. Jung et al. (1986) приводятся данные о том, что не выявлено зависимости вязкости крови и плазмы от возраста. В то же время имеются данные о том, что у пожилых людей вязкость крови повышена (Коркушко с соавт., 2007). Однако авторами (Коркушко с соавт., 2007) при изучении вязкости крови исследовался широкий возрастной диапазон без учета пола.

Изучение вязкости крови в возрастном диапазоне от одного года до 75 лет продемонстрировало, что ее показатель зависит от возраста и пола. Вязкость крови имеет более низкие значения от периода раннего детства до второго детства, статистически значимо повышается к подростковому возрасту, стабилизируется до второго зрелого возраста, к пожилому возрастному периоду у мужчин статистически значимо снижается. У лиц женского пола наблюдается увеличение вязкости к пожилому возрасту. Нами выявлены статистические различия показателя вязкости крови между зрелым и детским, пожилым возрастом на высоком уровне значимости. Показано повышение вязкости крови от детского к зрелому возрасту, затем снижение к пожилому возрасту у лиц мужского пола. У лиц женского пола наблюдается прогрессивное увеличение вязкости с возрастом. В промежутке от подросткового возраста до второго периода зрелого возраста величина вязкости крови у лиц мужского и женского пола статистически отличается на высоком уровне значимости (Филатова с соавт., 2015).

Линейная скорость кровотока пиковая систолическая и конечная диастолическая относятся к количественным (линейным) параметрам доплеровского анализа. Параметры пиковой систолической и конечной диастолической скоростей кровотока отражают значения скорости кровотока в конкретные периоды сердечного цикла, не давая информации об истинной скорости кровотока в сосуде за весь сердечный цикл. Большой интерес для исследователя представляют величины средних скоростей кровотока, которые дают наиболее полное представление об истинной скорости движения частиц в сосуде (Росин, 2006). Согласно представлениям классической гемодинамики движение крови в сердечно-сосудистой системе описывается с позиций ламинарного и турбулентного течения. Ламинарный характер тока крови наблюдается практически во всей сердечно-сосудистой системе, за исключением камер сердца, устья аорты и участков бифуркации крупных сосудов (Ультразвуковая диагностика сосудистых..., 2007). В то же время, существуют представления о существовании винтового (спирального или вращательно-поступательного) движения крови в магистральных сосудах (Stonebridge et al, 1991; Zakharov, 1994, 1995, 1998; Багаев с соавт., 1999, 2001, 2002). Данный тип движения крови заключается в закручивании потока крови вдоль продольной оси сосуда, с движением частиц крови по винтовым траекториям. Существование винтового движения крови в артериях было убедительно показано в работе Р.И. Кирсанова (2009) в магистральных артериях различных сосудистых регионов. В частности, частота выявления феномена винтового движения крови во внутренних сонных правой и левой стороны была примерно одинакова и составляла в среднем 50–60%. По своим физическим характеристикам винтовое движение представляет собой спиральное ламинарное течение (Кирсанов, 2009). Следовательно, к нему применимы основные уравнения гидродинамики.

При движении потока крови по сосуду на эндотелиальную поверхность сосудистой стенки действует тангенциальная сила – напряжение сдвига

(Paszkowiak et al., 2003). Высокое напряжение сдвига, которое возникает при ламинарном токе крови, стимулирует секрецию субстанций, которые увеличивают синтез антикоагулянтов и вазодилатацию (Lopez et al., 2005). В условиях низких значений напряжения сдвига при турбулентном токе крови происходит усиление пролиферации эндотелия, повышение секреции субстанций, стимулирующих вазоконстрикцию, коагуляцию и агрегацию тромбоцитов (Kuwahara et al., 2002). Линейная скорость кровотока и напряжение сдвига в ВСА градуально уменьшаются с возрастом, снижаясь к пожилому возрасту на 45–50 % по сравнению с периодом раннего детства (Филатова с соавт., 2014).

Оценить характер кровотока в сосуде можно, рассчитав число Рейнольдса, как произведение средней скорости крови на диаметр сосуда, плотность крови и деленное на вязкость крови. Число Рейнольдса – безразмерная величина, отражающая совокупность индивидуальных условий перехода ламинарного в турбулентное течение (Спиридонов с соавт., 2010). Если число Рейнольдса превышает некоторое критическое значение (для артериальных сосудов оно равно 2000, но оно не превышает этого значения даже в аорте), то течение в сосуде становится турбулентным (Ультразвуковая диагностика сосудистых..., 2007; Спиридонов с соавт., 2010). Абсолютные значения числа Рейнольдса, рассчитанные с учетом возрастных и половых особенностей вязкости крови, средней скорости крови и диаметра сосуда, превышают критическую величину 400 (Цвибель, Пеллерито, 2008) до подросткового возраста у лиц обоего пола, что свидетельствует о возникновении локальных завихрений в потоке жидкости (Филатова с соавт., 2014). Рассчитанный нами показатель числа Рейнольдса характеризует поток во ВСА до юношеского возраста как ламинарный с локальными завихрениями. Наши данные подтвердили результаты В.П. Куликова, Р.И. Кирсанова, С.В. Засорина (2006) о ламинарном винтовом характере кровотока во ВСА.

Интерес к половым различиям диаметра и гемодинамических показателей артерий обусловлен тем, что риск развития болезней сердечно-сосудистой системы у мужчин выше в 2–4 раза по сравнению с женщинами до наступления менопаузы. После 55 лет риск сердечно-сосудистых болезней у женщин экспоненциально увеличивается и в возрасте 60–70 лет уравнивается с таковым у мужчин. Десятилетняя разница между мужчинами и женщинами по клиническим проявлениям атеросклероза и возрастание частоты сердечно-сосудистых заболеваний среди женщин объясняются исчезновением антиатерогенного и кардиопротективного действия эстрогенов (Rathor et al., 2002; Дейви с соавт., 2004; Терещенко с соавт., 2005, 2007).

Половые особенности морфологических характеристик магистральных артерий, кровоснабжающих головной мозг рассмотрены в работах Ю.А. Гладиллина (2006), М.В. Маркеловой (2009), О.А. Фомкиной (2006), В.Н. Николенко с соавт. (2006; 2009), В.О. Поляева (2007) и др. Большинство авторов отмечают наличие полового диморфизма морфологических показателей артерий, кровоснабжающих головной мозг. Чаще всего диаметр артерий у

мужчин имеет большие значения, чем у женщин. В.Н. Николенко с соавт. (2006) показали, что диаметр просвета базилярной артерии преобладает в среднем на 6% у лиц мужского пола. В.Н. Николенко с соавт. (2009) выявили преобладание длины и толщины передней мозговой артерии у мужчин, по сравнению с женщинами, в среднем, на 5–13%. О.А. Фомкина (2006) отмечает, что толщина стенки и диаметр просвета внутричерепной части позвоночной артерии, наружный диаметр базилярной артерии у мужчин, больше чем у женщин от первого периода зрелого возраста до старческого периода. М.В. Маркелова (2009) отметила, что диаметр позвоночных артерий в целом у мужчин больше, чем у женщин в периоды от зрелого до пожилого периода. Иногда встречается преобладание диаметра отдельных артерий у женщин по сравнению с мужчинами. Н.Г. Новик (2007) изучая нормальное строение артерий виллизиева круга, выявил половые различия в диаметре сосудов: у женщин диаметр задних соединительных артерий превышает таковой у мужчин на 20%, а диаметр передней соединительной артерии – на 22%.

В бассейне сонных артерий во всех изученных источниках показано преобладание диаметра артерий у мужчин по сравнению с женщинами. В.О. Поляев (2007) отмечает, что диаметр общей сонной артерии в возрастном диапазоне 11–71 лет у мужчин статистически значимо больше, чем у женщин. Ю.А. Гладилин (2006) в возрастном диапазоне от юношеского до старческого возраста установил, что размеры экстракраниальной части внутренних сонных артерий и мозговых артерий в большинстве возрастных периодов у мужчин на 15% больше, чем у женщин. В. Yazıcı et al. (2005) также обнаружили в группах смешанных по возрасту, что диаметр просвета общих сонных артерий, внутренних сонных артерий, наружных сонных артерий имеет половые различия, при этом он больше у лиц мужского пола. J. Krejza et al. (2006) обнаружил в группе лиц, смешанной по возрасту, что диаметр внутренних сонных артерий у лиц мужского пола значительно выше, чем у лиц женского пола. P. Sheel et al. (2000) тоже выявили, что диаметр просвета внутренней сонной артерии значительно меньше у женщин, чем у мужчин. В.М. Eicke et al. (1995) и Н.Р. Weskott et al. (1997) показали, что объемная скорость кровотока во внутренних сонных артериях у лиц женского пола меньше, чем у лиц мужского пола. Этим авторам противоречат данные В. Yazıcı et al. (2005), показавших преобладание показателей линейной систолической и диастолической скоростей у лиц женского пола. В. Yazıcı et al., 2005 не выявили половых отличий в объемной скорости кровотока в исследуемых артериях. В свою очередь В. М. Eicke et al. (1995) и Н. Р. Weskott et al. (1997) в исследованиях не выявили значимых различий по полу в общем потоке крови, поступающем к мозгу.

В нашем исследовании у лиц от 1 года до 74 лет значения диаметра ВСА у лиц мужского пола статистически значимо выше, чем у лиц женского пола в течение всех исследуемых периодов за исключением раннего детства и пожилого возраста. Индекс сосудистого сопротивления имеет более высокие значения у лиц мужского пола, чем у лиц женского пола в периоды от первого

детства до второго зрелого возраста. Объемная скорость кровотока у лиц мужского пола выше в ПВСА в периоде второго детства, подростковом, юношеском, первом зрелом возрасте, в ЛВСА - в периоде раннего детства и юношеском возрасте. Показатели линейной скорости кровотока у лиц мужского пола имеют более высокие значения, чем у лиц женского пола в периоде раннего детства, а от первого периода зрелого возраста до пожилого возраста – более низкие значения. Напряжение сдвига у лиц мужского пола выше, чем у лиц женского пола в периоде раннего детства в ЛВСА, в подростковом возрасте в обеих ВСА. Число Рейнольдса выше у мальчиков в периодах раннего и первого детства, затем оно становится выше у лиц женского пола (Филатова с соавт., 2014).

Функциональная асимметрия головного мозга человека была открыта П. Брока в 1861 г., однако причины ее до сих пор не ясны (Александрин с соавт., 2006). Различия между полушариями большого мозга – это специфическая особенность человека, которая связана с прямохождением, трудовой деятельностью и речью (Аврунин с соавт., 2000; Боголепова с соавт., 2004). Главным направлением в решении этой проблемы является установление ее структурных нейроморфологических основ (Александрин с соавт., 2006). При этом большинство работ посвящено, в основном, анализу функциональной межполушарной асимметрии (Борисов с соавт., 2001; Вольф с соавт., 2004; Русалова, 2004; Фокин, 2007; Леутин с соавт., 2007; Холманский, 2009; Петросиенко, 2011) и лишь в немногих рассматриваются ее морфологические (Ожигова с соавт., 1992; Сатанова с соавт., 1992; Боголепова с соавт., 2004) и биохимические основы (Червяков с соавт., 2007; Герасимов, 2011). Другим, менее распространенным подходом, является изучение асимметрии мозгового кровообращения у человека и животных (Александрин с соавт., 2006).

В.С. Сперанский (1970) делит анатомические образования, в которых в онтогенезе по разному проявляется асимметрия, на две группы: 1) органы с ранним возникновением асимметрии (легкие, кишечник, большинство сосудов); 2) органы с более поздним появлением количественной асимметрии (скелет, мышцы, центральная нервная система, парные сосуды, периферические нервы). Для человека характерно уменьшение с возрастом коэффициентов вариации размеров тела, хотя в препубертатном и пубертатном периодах они резко возрастают. В целом анатомическая асимметрия может рассматриваться как выражение морфологической изменчивости человека (Цит. по: Речкалов, 2006). Асимметрия показателей человеческого тела связана с фило- и онтогенезом и является биологической закономерностью для всего живого (Речкалов, 2006).

Асимметрия морфологических показателей корковых ветвей парных сосудов в правом и левом полушариях исследована в работах А.С. Аврунина с соавт. (2000), Ф.Х. Низамова (2002), А.А. Речкалова (2006), Ю.А. Гладиллина (2006), В.Н. Николенко (2006), А.В. Горбунова (2007) и др. Имеются работы, касающиеся асимметрии морфологических параметров внечерепных частей главных артерий: общих сонных артерий (Поляев, 2007), позвоночных артерий

(Фомкина, 2006; Маркелова, 2009). При этом имеется незначительное количество исследований, в которых показатели парных сосудов сравнивались с учетом пола (Фомкина, 2006; Маркелова, 2009; Поляев, 2006; Гладилин, 2006), в динамике их изменений в разные возрастные периоды (Фомкина, 2006; Гладилин, 2006; Лазарян с соавт., 2007).

Достаточно хорошо изучена асимметрия позвоночной артерии. Однако в литературе, встречаются противоречивые данные о ее характере. Ряд авторов указывают на наличие левосторонней асимметрии диаметра позвоночных артерий (Фомкина, 2006; Маркелова, 2009), другие – правосторонней асимметрии (Дряпкин, 1975: Цит. по Фомкина, 2006). Возможно, это связано с тем, что данные анализировались без учета пола и возраста испытуемых. Когда исследователи учитывали пол испытуемых, было показано, что у лиц мужского пола наблюдалась симметрия диаметров позвоночной артерии, а у лиц женского пола – правосторонняя асимметрия (Дряпкин, 1975). Маркелова (2009), напротив, выявила в зрелом и среднем возрасте у лиц мужского пола левостороннюю асимметрию диаметра, у лиц женского пола – симметрию диаметра позвоночных артерий.

Билатеральная асимметрия морфологических параметров выявлена для передней мозговой артерии, при этом правая артерия, как правило, длиннее, чем левая (Николенко, 2006). Ю.А. Гладилин (2006) выявил на контингенте от юношеского периода до старческого периода, что длина, наружный диаметр и площадь поперечного просвета внутренней сонной артерии, передней мозговой артерий, прекоммуникационной части задней мозговой артерии, средней мозговой артерии и задней соединительной артерии в большинстве наблюдений отличаются справа и слева. Автор отмечает, что направленную диссимметрию имеют только наружный диаметр передних мозговых артерий и задних соединительных артерий у женщин и средних мозговых артерий у мужчин. Он же отмечает направленную диссимметрию площади поперечного просвета пещеристой и мозговой частей внутренних сонных, передних мозговых артерий, прекоммуникационной частей задних мозговых артерий у мужчин, передних мозговых артерий, прекоммуникационных частей задних мозговых артерий, средних мозговых артерий и задних соединительных артерий у женщин. У женщин статистически значимо преобладает наружный диаметр и площадь поперечного просвета артерий слева чаще, чем у мужчин. Суммарная площадь поперечного просвета передней мозговой артерии, прекоммуникационной части задней мозговой артерии, средней мозговой артерии у мужчин имеет правостороннюю направленность. В.О. Поляев (2007) в группе испытуемых от 11 лет до 71 года отметил правостороннюю асимметрию просвета общей сонной артерии.

Число исследований асимметрии морфологических параметров экстракраниальных отделов внутренних сонных артерий невелико (Румянцева, 2005; Лазарян с соавт., 2007; Поляев, 2007). И.В. Румянцева (2005) не выявила у здоровых детей в возрасте от 4 до 17 лет статистически значимых отличий справа и слева диаметра внутренних сонных артерий. В.О. Поляев (2006)

получил, изучая ампулу внутренних сонных артерий на разных уровнях от бифуркации общей сонной артерии – 3 мм, 6 мм, 9 мм, что у мужчин на уровне 3 мм диаметры внутренних сонных артерий статистически значимо не отличаются, на уровне 6 мм наружный диаметр правой внутренней сонной артерии статистически значимо меньше, чем левой, а на уровне 9 мм наружный диаметр правой внутренней сонной артерии статистически значимо больше, чем левой. При оценке симметричности ампулы внутренних сонных артерий у женщин авторами с высоким уровнем статистической значимости выявлено, что диаметр правой внутренней сонной артерии на уровнях 3 и 9 мм был больше, чем левой, на уровне 6 мм от бифуркации разница между правой и левой внутренней сонной артерией статистически незначима. Т.Р. Лазарян с соавт. (2007) показали, что уровень начала внутренней сонной артерии с возрастом изменяется, длина экстракраниальной части внутренней сонной артерии с возрастом увеличивается. При сравнении уровней отхождения правой и левой внутренней сонной артерии авторы обнаружили, что в 25% случаев уровень был симметричным – они располагались на равном расстоянии от основания черепа, в остальных случаях отмечалась разница между уровнем отхождения внутренней сонной артерии справа и слева.

Помимо асимметрии морфологических параметров в литературе имеются сведения об особенностях гемодинамических показателей артерий в зависимости от асимметрии артерии (Лелюк с соавт., 2004; Румянцева, 2005; Королева с соавт., 2008; Прыгова, 2012). В экспериментах на кошках С.П. Ногиной с соавт. (1988а, 1988б) было показано преобладание показателя объемной скорости кровотока в левой общей сонной артерии по сравнению с правой сонной артерией. В.В. Александрин с соавт. (2006) при изучении объемного кровотока в сонных артериях крыс установил, что объемный кровоток в левой общей сонной артерии выше, чем в правой общей сонной артерии, на уровне виллизиева круга в левое полушарие поступает больше крови, чем в правое полушарие. Замечено, что в норме у здоровых людей допускается асимметрия уровня кровотока в полушариях до 20% (Королева с соавт., 2008; Пospelова, 2011). Асимметрия кровенаполнения левого и правого полушария может быть обусловлена функциональной асимметрией головного мозга (Животова с соавт., 2010), а также физиологически – отхождением левой сонной артерии непосредственно от дуги аорты (Королева с соавт., 2008; Марченко, 2008, 2009). В работе А.В. Токарь с соавт. (1989) установлено, что в пожилом и старческом возрасте в правом полушарии кровенаполнение не изменяется, а в левом уменьшается.

Ряд авторов (Румянцева, 2005; Логачева с соавт., 2005; Животова с соавт., 2010; Прыгова, 2012; Sheel et al., 2000; Yazici et al., 2005) не выявили асимметрии скоростных показателей кровотока во внутренних сонных артериях. Другие авторы отмечают наличие асимметрии скоростных показателей кровотока во внутренних сонных артериях (Лелюк с соавт., 2004; Румянцева, 2005; Королева с соавт., 2008; Прыгова, 2012). В исследовании В.Г. Лелюка с соавт. (2004) приводятся данные для группы взрослых здоровых лиц без учета пола для

общих сонных, внутренних сонных, позвоночных артерий. В общих сонных и позвоночных артериях преобладают параметры кровотока в левых артериях, а во внутренних сонных – в правых артериях (Лелюк с соавт., 2004). М.В. Королева с соавт. (2008) при обследовании группы лиц женского пола в возрасте от 18 до 32 лет отмечают, что в общих сонных артериях асимметрия кровотока отсутствует, а во внутренних сонных артериях наблюдается левосторонняя асимметрия систолической скорости в 10% случаев.

В нашем исследовании гемодинамических параметров ВСА от 1 года до 74 лет асимметрия абсолютных показателей диаметра ВСА выявляется только тогда, когда рост ЛВСА опережает рост ПВСА. Значения диаметра ВСА у лиц женского пола слева выше в периоде второго детства, у лиц мужского пола – в подростковом возрасте. У лиц женского пола индекс сосудистого сопротивления слева выше в подростковом и юношеском возрасте. У лиц мужского пола значения индекса сосудистого сопротивления симметричны на протяжении всех изученных периодов. Объемная скорость кровотока слева выше у лиц женского пола в периодах первого детства, второго детства, подростковом и юношеском возрасте. У лиц мужского пола не выявлена асимметрия объемной скорости кровотока. У лиц обоего пола показатели средней линейной скорости кровотока, напряжения сдвига, числа Рейнольдса симметричны на протяжении всех исследуемых периодов. Более высокие значения слева средней линейной скорости кровотока и числа Рейнольдса наблюдаются только в пожилом возрасте у лиц женского пола. Полученные нами данные позволили уточнить асимметрию морфологических и гемодинамических параметров ВСА в онтогенезе человека с учетом пола испытуемых. Во всех изученных группах количество лиц с преобладанием диаметра ВСА справа и слева значимо не отличается, составляет приблизительно 45%. У 10% испытуемых отсутствует асимметрия диаметра ВСА. Исключение составляют периоды первого и второго детства у девочек и подростковый возраст у мальчиков, в которые выявлен наибольший процент лиц с левосторонней асимметрией, т.е. те возрастные периоды, когда рост ЛВСА опережает рост ПВСА (Филатова с соавт., 2014).

В заключение необходимо выделить некоторые положения, имеющие принципиальный характер. Внутренняя сонная артерия с позиций морфологии изучена достаточно хорошо. Среди работ, посвященных изучению внутренней сонной артерии, стоит отметить следующие исследования. В работе А.В. Горбунова (2007) представлено изменение с возрастом морфологических характеристик интракраниальной части внутренней сонной артерии в широком возрастном диапазоне, охватывающем пренатальный период и весь постнатальный период развития. Автор использовал для получения данных о возрастных преобразованиях интракраниальной части внутренней сонной артерии с учетом пола и асимметрии артерии как аутопсийный материал, так и прижизненные методы исследования. Данных касающихся экстракраниальной части внутренней сонной артерии в таком широком возрастном диапазоне нет. В работе Ю.А. Гладилина (2006)

представлены данные морфометрических параметров шейной части внутренней сонной артерии от юношеского периода до старческого возраста, однако работа выполнена на аутопсийном материале. В ультразвуковом исследовании диаметра, линейной скорости и сопротивления внутренних сонных артерий 647 человек обоего пола в возрасте от одного года до 74 лет наблюдалось увеличение диаметра внутренних сонных артерий в периоде от раннего детства до подросткового возраста и от первого зрелого до пожилого возраста (Филатова с соавт., 2014).

В работе К.В. Смирнова с соавт. (2001) исследованы гемодинамические параметры внутренних сонных артерий, начиная от грудного возраста до старческого периода, но при этом авторы не рассматривали характер изменения параметров с учетом пола и локализации артерии справа или слева. В исследованиях М. Schoning et al. (1994), В.Г. Лелюка с соавт., (2004), И.В. Логачевой с соавт. (2005), М.В. Королевой с соавт. (2008), Ю.А. Прыговой с соавт. (2012), напротив, рассматривалась асимметрия артерий, но при этом не учитывался пол и принадлежность человека к определенному возрастному периоду. Объемная скорость кровотока имеет относительно стабильные параметры до юношеского периода, затем снижается к пожилому возрасту. Средняя линейная скорость, напряжение сдвига и число Рейнольдса с возрастом прогрессивно снижаются в два раза. Для внутренних сонных артерий характерен ламинарный поток крови с локальными завихрениями на начальных этапах постнатального онтогенеза (Филатова с соавт., 2014).

В возрастной динамике изученных реологических показателей крови, очевидно, выделяется подростковый период, к которому всегда в норме приурочены процессы интенсивного увеличения ростовых соматических показателей, в том числе и резкие изменения вязкости крови (Филатова с соавт., 2015). В этом возрасте также наблюдаются изменения зависящего от вязкости крови показателя пристеночного кровотока в артериях – напряжения сдвига, а также индекса сосудистого сопротивления во внутренних сонных артериях (Филатова с соавт., 2014). Таким образом, данный факт подчеркивает своеобразие подросткового периода как возраста не только ростового «спурта», но и физиологических сдвигов в системе крови и гемодинамике, что объясняет приуроченность к этому этапу онтогенеза многих функциональных дефицитов и расстройств, известных педиатрам.

Данные об объемной скорости кровотока характеризуют уровень органного кровотока. Не менее важным показателем для гемодинамики являются линейная скорость и напряжение сдвига, к которому чувствителен эндотелий артерий. Отсутствие половых отличий и асимметрии напряжения сдвига позволяет нам считать его полезным результатом в функциональной системе, которая формируется во ВСА для поддержания оптимальных скоростных показателей одинаково в правом и левом сосуде не зависимо от пола испытуемых (Филатова с соавт., 2014). Известно, что при определенных патологических условиях турбулентный поток нарушает целостность эндотелия, что приводит в конечном итоге к атеросклеротическому

поражению артерий. ВСА являются наиболее уязвимым звеном в развитии нарушений мозгового кровообращения ишемического характера. Каротидный бассейн гемодинамически значимо поражается на 20 % чаще, чем вертебро-базилярный (Дубров с соавт., 2006). Отсюда становится понятным, почему поддержание оптимальных параметров напряжения сдвига занимает место полезного результата.

Отсутствие асимметрии средней линейной скорости кровотока, половых отличий и асимметрии напряжения сдвига демонстрирует, что в правой и левой ВСА не зависимо от пола поддерживаются такие гемодинамические параметры кровотока (диаметр, сопротивление, величина объемной скорости потока), которые необходимы для нормального кровоснабжения обоих полушарий головного мозга. Результаты исследования (Филатова с соавт, 2014) еще раз подтвердили положение о том, что церебральная гемодинамика имеет функционирующие механизмы ее ауторегуляции, поддерживающие постоянство церебрального кровотока, которое обеспечивает оптимальные параметры напряжения сдвига независимо от пола и локализации сосуда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аврунин А.С., Корнилов Н.В. Асимметрия параметров - основа структуры пространственно-временной организации функций // Морфология, 2000. – Том 117, №2 – С. 80–85.
2. Александрин В.В., Кожура В.Л., Новодержкина И.С. Асимметрия объемного кровотока в сонных артериях крыс // Материалы конференции «Структурно-функциональные и нейрохимические закономерности асимметрии и пластичности мозга», 2006. [Электрон. ресурс] - <http://cerebral-asymmetry.narod.ru/AlexandrinConf2006.htm>
3. Багаев С.Н., Захаров В.Н., Орлов В.А. Закономерности ветвления кровеносного русла: препринт № 2. – Новосибирск: СО РАН, ИПП «Офсет», 2000. – 60 с.
4. Багаев С.Н., Захаров В.Н., Орлов В.А. О необходимости винтового движения крови. // Российский журнал биомеханики. – 2002. – Т. 6. – № 4. – С. 30–51.
5. Багаев С.Н., Захаров В.Н., Орлов В.А. Физические механизмы транспортных систем живого организма: препринт № 1 – Новосибирск: СО РАН, ИПП «Офсет», 1999. – 52 с.
6. Баев В.М. Влияние возраста на реологические свойства крови взрослых людей // Тромбоз, гемостаз, реология. – 2001. – №5. – С. 40–43.
7. Безобразова В.Н. Влияния неблагоприятных экологических факторов на развитие кровообращения головного мозга // Альманах «Новые исследования» – 2002. - № 1. – С. 37–41.
8. Безобразова В.Н. Функциональное состояние кровообращение головного мозга у детей 5- 9 лет / Безобразова В.Н. // Физиология развития человека: Матер, междунар. конф. посвящ. 55-летию ИВФ РАО: - М. – 2000. – С.89–90.

9. Безобразова В.Н., Догадкина С.Б. Функциональное состояние кровообращения головного мозга и конечностей у детей 5-17 лет на разных этапах онтогенеза // Альманах «Новые исследования», 2003. – № 1(4). – С.200-207.
10. Безобразова В.Н., Догадкина С.Б. Функциональное состояние кровообращения головного мозга и предплечья у детей 5–9 лет // Физиология человека. – 2001. – Т. 27. – №5.– С.49–53.
11. Бендов Д.В., Наймушин А.В., Баканов А.Ю., Гордеев М.Л. Одномоментная каротидная эндартерэктомия и коронарное шунтирование у пациентов с двусторонним поражением сонных артерий // Артериальная гипертензия, 2009 – № 4, Том 15. – С. 502–506.
12. Боголепова И.Н., Малофеева Л.И., Оржеховская Н.С., Белогрудь Т.В. Цитоархитектоническая асимметрия корковых полей и хвостатого ядра мозга человека // функциональная межполушарная асимметрия. Хрестоматия. / под ред. Н.Н. Боголепова, В.Ф. Фокина. - М: Научный мир, 2004. – 728 с. [Электрон. ресурс] - <http://cerebral-asymmetry.narod.ru/Bogolepova.pdf>
13. Борисов С.В., Каплан А.Я. Межполушарная асимметрия альфа-активности ЭЭГ при асимметричном предъявлении арифметических задач // Актуальные вопросы функциональной межполушарной асимметрии. Российская академия медицинских наук, медико-биологическое отделение. Научно-исследовательский институт мозга. М. – 2001. – С. 42–44.
14. Верещагин Н.В. Недостаточность кровообращения в вертебрально-базиллярной системе // Consilium Medicum, 2001. – № 15 . – Том 4. [Электрон. ресурс] - <http://www.consilium-medicum.com/article/13845>
15. Вольф Н.В., Разумникова О.М. Половой диморфизм функциональной организации мозга при обработке речевой информации // Функциональная межполушарная асимметрия. Хрестоматия / под ред. Боголепова Н.Н., Фокина В.Ф. – М.: Научный мир. – 2004. – С. 386–410.
16. Герасимов И.Г. Функциональная асимметрия и рН // Вестник новых медицинских технологий, 2011 – № 1. [Электрон. ресурс] - <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2011-1/1820.pdf>
17. Гладилин Ю.А. Вариантная анатомия внутренней сонной артерии, артериального круга большого мозга и мозговых артерий / Автореф. Дисс....докт. мед. наук, 2006 – 47 с.
18. Горбунов А.В. Морфогенез артерий головного мозга и его экспериментально– клиническое значение // Диссерт....докт. мед. наук, 2007 – 278 с.
19. Грибанов А.В. Вариабельность сердечного ритма: анализ и интерпретации: методические рекомендации / А.В. Грибанов, Т.В. Волокитина, Э.В. Леус. – Архангельск, 2001. – С. 5.
20. Дейви Э.П., Мак Муррей Д. Признаки и симптомы сердечной недостаточности // Международное руководство по сердечной недостаточности, второе издание / под общ ред С.Дж. Болла, Р.В.Ф. Кемпбелла, Г.С. Френсиса. – М: Медиа сфера, 2004. – С. 614.

21. Дубров Э.Я., Ахметов В.В., Алексеечкина О.А., Леменев В.Л. Ультразвуковые критерии эмбологенности атеросклеротической бляшки каротидных артерий // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2006. – №1. – С. 97–103.
22. Животова В.А., Воронова Н.В. Реоэнцефалографическое исследование асимметрии мозгового кровотока у здоровых детей и детей с ММД // Физиология адаптации. Материалы 2-ой Всероссийской научно-практической конференции г. Волгоград, 22–24 июня 2010 г.. – С. 248–251.
23. Захаров В.В., Яхно Н.Н. Нарушения памяти. – М.: ГеотарМед, 2003. – 150 с.
24. Ившин А.А. Мозговое кровообращение – зеркало гестоза? // Лечащий врач. – 2006. – № 310. – С. 45–49.
25. Исмаил А. Физическая реабилитация при хронической недостаточности мозгового кровообращения (дисциркуляторная энцефалопатия) // Теорія і методика фізичного виховання і спорту, 2008. – №2 – С. 29-32 [Електрон. ресурс] - http://www.nbuu.gov.ua/portal/SocGum/TMFVS/texts/2008_2/08aiscde.pdf
26. Исследование системы крови в клинической практике / Под ред. Г.И. Козинца, В.А. Макарова. – М., 1997. – 200 с.
27. Катеренюк И.М. Вариабельность артериального круга большого мозга // Морфология. – 1993. – Т. 105, № 9–10. – С. 91.
28. Кирсанов Р.И. Допплерографическая регистрация и основные закономерности винтового движения кров и в артериях у людей в норм е и при атеросклерозе / Дис....канд. мед. наук., 2009 – 142 с.
29. Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике / под ред. Митькова В.В. в 5 томах. – М.: Видар, 1996. Том 4 – 408 с.
30. Коптев В.Д., Пospelова Т.И., Скворцова Н.В. Комплексный многофакторный подход в диагностике гемобластозов // Актуальные вопросы современной медицины Россия, г. Новосибирск, 2011. – С. 62–73.
31. Коркушко О.В., Лишнева В.Ю., Дужак Г.В. Реологические свойства крови при старении и факторы, их определяющие // Кровообращение и гемостаз, 2007. – № 1 – С. 5–13.
32. Королева М.В., Королева В.В., Шорин Г.А. Показатели кровотока в магистральных артериях головы у женщин различных фитнес-групп // Вестник ЮУрГУ, 2008. – №19. – С.109–113.
33. Корякин А.М., Ещѐва Л.А., Дементьева Л.А., Екимовских А.В., Коваленко В.М. Особенности эндотелиальной дисфункции у больных хроническим алкоголизмом // Сибирский медицинский журнал, 2011. – Том 26. – № 2. – Выпуск 1. – С. 66–70.
34. Крупина Н.Е., Пышкина Л.И., Кабанов А.А. Состояние церебральной гемодинамики у больных с мальформацией Киари I типа // Неврологический вестник. – 2001. – Т. XXXIII, вып. 3 – 4. – С.18– 23.
35. Куликов В.П., Кирсанов Р.И., Засорин С.В. Допплерографическая регистрация феномена винтового движения крови в общих сонных артериях людей // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2006. – №2. – С. 96–100.

36. Куликов В.П., Морозов А.В. Энергетический доплеровский режим в визуализации артерий виллизиева круга // *Ангиология и сосудистая хирургия*, 1996. – № 2 – С. 32–37.
37. Куртусунов Б.Т. Морфометрическая характеристика позвоночных артерий и их каналов на этапах постнатального онтогенеза человека // *Астраханский медицинский журнал*, 2010. – № 2, Том 5 – С. 47–50.
38. Лабзин В.И., Родионов А.А. Возрастные преобразования внечерепного (внутриканального) отдела позвоночной артерии человека // *Бюллетень физиологии и патологии дыхания*. – 2006. – № 2-3 – С. 85-87.
39. Лазаренко В.В. Морфологическая характеристика пиального сосудистого русла некоторых функциональных зон коры большого мозга человека // *Диссертация ...канд. биол. наук*, 2000 – 163 с.
40. Лазарян Т.Р., Владимиров В.Г., Заринская С.А., Захаров А.С., Баранов А.А. Особенности изменчивости экстракраниальной части ости экстракраниальной части ости экстракраниальной части внутренней сонной артерии // *Bulletin of the International Scientific Surgical Association*, 2007. – Vol.2. – №. 2-3 – P. 77– 78.
41. Лелюк В. Г., Лелюк С. Э. Ультразвуковая ангиология. – М.: Реальное время. – 2003. – 324с.
42. Леутин В.П., Николаева Е.И., Фомина Е.В. Асимметрия мозга и адаптация человека // *Асимметрия*, 2007. – Том 1. – №1 – С. 71–73.
43. Логачева И.В., Иванова И.В., Почепцова Л.В., Цыпляшова И.В., Перевозчикова О.С., Кривилева С.П. Состояние мозговой гемодинамики и цереброваскулярной реактивности у больных артериальной гипертензией // *Артериальная гипертензия*, 2005. – Том 11. – № 4. [Электрон. ресурс] - <http://www.consilium-medicum.com/artgyper/article/11322/>
44. Лойт А.А., Каюков А.В. Хирургическая анатомия головы и шеи. – СПб: Питер, 2002 – 224 с.
45. Маколкин В.И. Повышенное артериальное давление у лиц пожилого возраста следует снижать // *Российский медицинский журнал*. – 2011. – № 31. – С. 1994–1995.
46. Манак Н.А., Карпова И.С., Кароза А.Е., Козич И.А. Дифференцированный подход к коррекции эндотелиальной дисфункции у больных стабильной стенокардией с факторами риска ишемической болезни сердца (артериальной гипертензией, гиперхолестеринемией, курением) // *Республиканский научно-практический центр «Кардиология»*, 2004. – 7 с.
47. Маркелова М.В. Анатомия канала и структурно-морфометрические особенности внутриканального отдела позвоночных артерий у человека / *Дисс....канд. мед. наук*, 2009. – 174 с.
48. Марченко Я.В. Структурная организация микрососудистого русла лицевой области / *Автореф. Дисс....канд. мед. наук*, 2009. – 34 с.
49. Международная анатомическая терминология (с официальным списком русских эквивалентов) / Под ред. чл.– кор. РАМН Л.Л. Колесникова. – М.: Медицина. – 2003. – 410 с.

50. Мельникова Л.В. Значение гемодинамических факторов в развитии ремоделирования сосудов мышечно-эластического типа при артериальной гипертензии // Саратовский научно-медицинский журнал, 2011. – Том 7. – № 1 – С. 76-79.
51. Москаленко Ю. Е., Вайнштейн Г. Б., Хальворсон П., Кравченко Т. И., Фейлдинг А., Рябчикова Н. А., Семерня В. Н., Панов А. А. Возрастные особенности взаимосвязей между мозговым кровотоком, ликвородинамикой и (биомеханическими свойствами черепа человека // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2007. – №7, Том.93 – С. 787– 798.
52. Москаленко Ю.Е., Вайнштейн Г.Б., Рябчикова Н.А., Хальворсон П., Кравченко Т.И., Варди Т. Функциональное единство систем внутричерепной гемо-ликвородинамики, биомеханических свойств черепа и когнитивной деятельности мозга // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2010. – Том 9, № 3 – С.43–53.
53. Немировская Т.А., Немировский А.М., Данилов В.И., Михайлов М.К., Ибатуллин М.М., Алексеев А.Г. Оценка влияния стенозов и окклюзий внутренней сонной артерии на церебральную гемодинамику при помощи перфузионной рентгеновской компьютерной томографии // Казанский медицинский журнал. – 2011. – № 3, Том 92 – С. 360– 363.
54. Николенко В.Н., Гладилин Ю.А., Фомкина О.А. Возрастная изменчивость, половые особенности и коррелятивные связи диаметра просвета базиллярной артерии у взрослых людей // Морфологические ведомости. – 2006. – № 1–2 – С. 157–159.
55. Николенко В.Н., Фомкина О.А., Кириллова И.В., Иванов Д.В. Возрастно-половая изменчивость морфобиомеханических параметров передней мозговой артерии взрослых людей // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2009. – № 4, Том 5 – С. 482–485.
56. Новик Н.Г. Индивидуальные особенности строения *Circulus Willisii* у взрослого человека // Актуальные проблемы современной медицины. – 2007. – Ч.2 – С. 385–387.
57. Ногина С.П., Саноцкая Н.В., Мациевский Д.Д. Особенности гемодинамического режима в правой и левой общих сонных артериях кошки. // Бюл. Экспер. Биол. и мед. – 1988. – Т. 55. – № 4. – С. 414–417.
58. Ожигова А.П., Мазанова Л.М., Абрамова С.В. К вопросу о морфологическом субстрате функциональной асимметрии мозга // Макро- и микроуровни организации мозга. - М., 1992. - С. 116.
59. Оперативная хирургия и топографическая анатомия / под ред. Кованова В.В., 2001. 4-е изд. – М.: Медицина. – 408 с.
60. Петросиенко Е.С. Влияние межполушарной асимметрии на активность функционирования сердечно-сосудистой системы как меры напряжения сердечных адаптационных механизмов // Асимметрия. – 2011. – Том 5. – № 3. – С.15–22.
61. Поляев В.О. Анатомо-хирургическое обоснование принципов прогнозирования изменений гемодинамики при атеросклеротическом

- поражении и реконструктивных вмешательствах в зоне бифуркации общей сонной артерии / Дис.канд. мед. наук, 2007 – 130 с.
62. Поплавская Л.П. Состояние кровообращения и ликворной системы головного мозга у боксеров высшей квалификации в возрасте 18-28 лет // Физ. воспитание студентов творческих ... – 2001. – № 4 – С. 42–46.
63. Поспелова М.Л. Сравнительное изучение мозговой гемодинамики методами транскраниальной доплерографии, однофотонной эмиссионной компьютерной томографии и радионуклидной ангиографии у пациентов с разной степенью стеноза артерий головы и шеи // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 5 – С. 28–35.
64. Прыгова Ю.А., Савельева Л.А., Богомякова О.Б., Тулупов А.А. Особенности гемодинамики во внутренних сонных артериях, по данным магнитно-резонансной томографии // Вестник НГУ. Серия биология и клиническая медицина. – 2012 – № 2. – Том 10 – С. 133–138
65. Речкалов А.А. Морфофункциональные особенности кровоснабжения зрительной коры полушарий большого мозга человека // Дис. на соискание ученой степ. канд. мед. наук, 2006 – 118 с.
66. Росин, Ю.А. Допплерография сосудов головного мозга у детей. – СПб.: Издательский дом СПбМАПО. – 2006. – 120 с.
67. Румянцева И.В. Лучевая диагностика вариантов строения магистральных артерий головы у детей / Дис.канд. мед. Наук. – 2005 – 157 с.
68. Русалова М.Н. Функциональная асимметрия мозга: эмоции //Функциональная межполушарная асимметрия. Хрестоматия / под ред. Боголепова Н.Н., Фокина В.Ф. – М.: Научный мир. – 2004. – С. 322–348.
69. Сатанова Ф.С., Студитская О.А., Кривицкая Г.Н., Фокин В.Ф. Морфофункциональные предпосылки межполушарной асимметрии // Макро- и микроуровни организации мозга. – М., 1992. – С. 131.
70. Смирнов К.В., Смирнова Ю.В., Сидор М.В., Граф Е.В., Осинцева Л.В. Показатели кровотока в магистральных артериях головы у здоровых лиц // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2001. – №4 – С. 112–116.
71. Соломко А.П. Суточная ритмика центральной и церебральной гемодинамики и психической работоспособности у здоровыхлиц 7-17 лет проживающих на разных высотах / Автореф.дисс...канд. мед. наук. – Бишкек, 1992. – 21 с.
72. Спиридонов А.А., Бузиашвили Ю.И., Шумилина М.В. Ультразвуковая диагностика патологии артерий нижних конечностей. – Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева РАМН, ЗАО «Спектрмед». – 2002. – 71 с.
73. Суворова И.А., Говорин А.В., Зайцев Д.Н., Бочкарева О.И., Муха Н.В. Психопатологические нарушения и дисфункция эндотелия у больных постинфарктным кардиосклерозом // Забайкальский медицинский вестник. – 2008. – № 1– С.22–24.
74. Сушкова М.А. Реология крови и физико-химические свойства эритроцитов у практически здоровых лиц и больных хроническими аллергодерматозами до

- и после КВЧ-терапии // Автореф. дисс. канд. мед. наук. – Саратов. – 2002. – №2. – С. 23.
75. Сэржээ Д., Улзийхутаг А., Цэрэннадмид Ч., Сарангэрэл Ж. Допплеросонографическое исследование гемодинамики в экстракраниальных магистральных артериях у здоровых // Сибирский медицинский журнал (г. Иркутск), 2003. – №1. – Том 36. – С.89– 91.
76. Тананакина Т.П., Якобсон Е.А., Болгов Д.М., Глебов А.М. Реоэнцефалография как метод диагностики нарушений кровообращения головного мозга // Український медичний альманах. – 2008. – Том 11. – № 1 – С. 276–278.
77. Татаринова О. В., Никитин Ю. П., Неустроева В. Н., Щербакова Л. В., Горохова З. П. Артериальное давление в пожилом, старческом возрасте и у долгожителей Якутска. Популяционное исследование // Успехи геронтологии. – 2013. – Т. 26. – № 1. – С. 82–88.
78. Терещенко С.Н., Жиров И.В., Красильникова Е.С., Казанцева Е.Э. Женские половые гормоны как модуляторы гендерных различий в ответе на фармакотерапию сердечно-сосудистых заболеваний // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. – 2007. – №5 – С. 83–87.
79. Токарев А.С., Добровольский Г.Ф., Винокуров А.Г., Крылов В.В. Оперативная анатомия внутренней сонной артерии // Нейрохирургия. – 2010 – № 4 – С. 24– 32.
80. Токарь, А.В., Ена Л.М. Артериальные гипертензии в пожилом и старческом возрасте. – Киев: Наукова думка. – 1989. – 222 с.
81. Трисветова Е.Л., Вараницкая Н.М., Ермолкевич Р.Ф., Паторская О.А. Клиническое значение неинвазивной (ультразвуковой) оценки функции эндотелия // Медицина. – 2007. – №3 (58) – С.48–51.
82. Трошин В.Д., Густов А. В., Трошин О. В. Острые нарушения мозгового кровообращения. – Н.Новгород: НГМА. – 1999. – 440с.
83. Тупицын И.О., Андреева И. Г., Безобразова В. Н. с соавт. Развитие системы кровообращения // Физиология развития ребенка (теоретические и прикладные аспекты) / под. ред. Безруких М.М., Фарбер Д.А. - М.: НПО от А до Я, – 2000. – С. 148–165.
84. Ультразвуковая диагностика сосудистых заболеваний / под ред. В.П. Куликова, 2007. – 512 с.
85. Ультразвуковая доплеровская диагностика сосудистых заболеваний / под ред. Ю.М. Никитина, А.И. Труханова. - М.: «Видар». – 1998. – С. 76–101.
86. Учкин И.Г., Александрова Е.С., Багдасарян А.Г. Роль ультразвукового дуплексного сканирования в диагностике каротидных стенозов // Consilium Medicum, 2010. – №9, Том 12. [Электрон. ресурс] - <http://www.consilium-medicum.com/medicum/article/19883/>
87. Филатова О.В., Сидоренко А.А., Скоробогатов Ю.Ю. Особенности гемодинамических параметров внутренних сонных артерий человека в зависимости от возраста и пола // Физиология человека. – 2014. – Т. 40. – № 5. – С. 93-102.

88. Филатова О.В., Сидоренко А.А., Агаркова С.А. реологические свойства крови в зависимости от возраста и пола // Физиология человека. – 2015. – Т. 41. – № 4. – С. 110-118.
89. Филимонов Б.А. Вертебрально– базилярная недостаточность // Consilium Provisorum, 2002. – № 8, Том 2. [Электрон. ресурс]. <http://www.consilium-medicum.com/article/8977>
90. Фокин В.Ф. Стационарные и динамические свойства функциональной межполушарной асимметрии // Асимметрия. – 2007. – Том 1, №1 – С. 77–79.
91. Фолков Б., Нил Э. Кровообращение. – М.: Медицина, 1976. – 463 с.
92. Фомкина О.А. Морфология внутричерепных частей позвоночных, базилярной, мозжечковых и задних мозговых артерий у взрослых людей различного возраста и пола / Дисс. канд. мед. Наук. – 2006. – 162 с.
93. Фролов, С.В. Методы и приборы функциональной диагностики / С.В. Фролов, В.М. Строев, А.В. Горбунов, В.А. Трофимов. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. Ун-та. – 2008. – 80 с.
94. Харенко В.Н., Фролов В.А. К вопросу о развитии вертебрально– базилярной недостаточности в свете венозного дисциркуляторного механизма и некоторых особенностях применения мануальной терапии и гирудотерапии в ее профилактике и лечении // Мануальная терапия. – 2007 – № 2(26) – С. 47–54.
95. Холманский А.С. Зависимость ресурса функциональной асимметрии мозга от внешних условий // Асимметрия. – 2009. – Том 3. – №1 – С. 51–62.
96. Цвибель В., Пеллерито Дж. Ультразвуковое исследование сосудов. Перевод с англ. под ред. В.В. Митькова, Ю.М. Никитина, Л.В. Осипова, изд.5-е. – М.: Видар-М. – 2008. – 644 с.
97. Червяков А.В., Фокин В.Ф. Морфометрический и биохимический аспекты функциональной межполушарной асимметрии // Асимметрия. – 2007. – № 1 – С. 47–57.
98. Шахнович А.Р., Шахнович В. А. Диагностика нарушений мозгового кровообращения. Транскраниальная доплерография. – М.: Медицина. – 1996. – 446с.
99. Шехтер А.В., Нестайко Г.В., Крымский Л.Д. Эластические мембраны стенки артерий // Вестник АМН СССР. – 1978. – № 3. – С. 30–39.
100. Шишелова О.В., Гудков А.Б. Морфофункциональные особенности брахиоцефальных артерий у детей школьного возраста по данным дуплексного сканирования // Экология человека. – 2006. – № 3 – С. 31–35.
101. Яруллин Х.Х. Клиническая реоэнцефалография. - М.: Медицина, – 1983. – 272 с.
102. Albayrak Ramazan, Degirmenci Bumin, Acar Murat, Haktanır Alpay, Colbay Mehmet, Yaman Mehmet Doppler Sonography Evaluation of Flow Velocity and Volume of the Extracranial Internal Carotid and Vertebral Arteries in Healthy Adults // Journal of clinical ultrasound. – 2007. – Vol.35. – №1. – P. 27–33.
103. Baler L., Meldrum K., Wang M. et al. The role of estrogen in cardiovascular disease. J Surg Res. 2003. – V.115. – № 2. – P. 325–344.

104. Coffey C. E. Quantitative cerebral anatomy of the aging human brain : a cross-sectional study using magnetic resonance // *Neurology*. – 1992. – № 42 (3). – P. 527–536.
105. Eicke B., Martin Barth Viola, Kukowski Bornes, Werner Gerald, Paulus Walter Cardiac microembolism: prevalence and clinical outcome // *Journal of the Neurological Sciences*. – 1996. – Vol. 136, № 1–2. – P. 143–147.
106. Gerlock A., Giynani V., ICrebs C, Applications of noninvasive vascular techniques // W.B. Saunders Co. – 1990. – P. 30–40, 73–85, 124–129.
107. Jung F., Kiesewetter H., Roggenkamp H.G. Bestimmung der Referenz bereiche rheologischer Parameter // *Klin.Wochenschrift*. – 1986. – №64 (8). – P. 375–381.
108. Kalvach Pavel, Gregová Daniela, Škoda Ondřej, Peisker Tomáš, Termerová Jana, Korsa Jaroslav Cerebral blood supply with aging: Normal, stenotic and recanalized // *Journal of the Neurological Sciences*. – 2007. – Vol. 257. – № 1. – P. 143–148.
109. Krejza J. et al. Carotid Artery Diameter in Men and Women and the Relation to Body and Neck Size // *Stroke*, 2006. – 37 – P.1103–1105. [Электрон. ресурс] - <http://stroke.ahajournals.org/content/37/4/1103.full.pdf+html>
110. Kuwahara M., Sugimoto M., Tsuji S. Hideto Matsui, Mizuno T., Miyata Sh., Yoshioka A. Platelet shape changes and adhesion under high shear flow // *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* – 2002. – V. 22. – № 2. – P. 329–334.
111. Lopez J.A., Dong J.F. Shear stress and the role of high molecular weight von Willebrand factor multimers in thrombus formation // *Blood Coagul. Fibrinolysis*. – 2005. – V.16. – № 1. – P. 11–16.
112. Micami G., Suzuki M., Komoda K., Kubo N., Kuroda K., Ogavva A., Okudaira Y. Subclavion artery aneurism associated with absence of the ipsilateral internal carotid artery // *Neurol, Res.* – 1996. – Vol. 18. – № 2. – P. 140–144.
113. Ogawa A. Regional cerebral blood flow with age: changes in rCBF in childhood / Ogawa A., Sakurai Y., Kayma J., Yoshimoto J. // *Neurol. Res.* – 1989. – Vol.11. – №3. – P. 173–176.
114. Paszkowiak J.J., Dardik A. Arterial wall shear stress: observations from the bench to the bedside // *Vasc.Endovascular. Surg.* – 2003. – V.37. – № 1. – P. 47–57.
115. Raimondi A.J. Pediatric cerebral angiography / Raimondi A.J., CeruUo L.J. - Stuttgart. - New York: Thime. – 1980. – 214 p.
116. Rathor S.S., Wang Y., Krumholz H.M. Sex-based differences in the effect of digoxin for the treatment of heart failure // *New England Journal of Medicine*. – 2002. – V. 347. – P. 1403–1411.
117. Schebesch K.M., Simka S., Woertgen C., Brawanski A., Rothoerl R.D. Normal values of volume flow in the internal carotid artery measured by a new angle-independent Doppler technique for evaluating cerebral perfusion // *Acta Neurochir (Wien)*. – 2004. – V. 146. – P. 983–987.
118. Schoning M, Walter J, Scheel P. Estimation of cerebral blood flow through color duplex sonography of the carotid and verte-bral arteries in healthy adults // *Stroke*. – 1994. – V. 25. – P. 17–22.
119. Stonebridge P.A., Brophy CM. Spiral laminar flow in arteries // *Lancet*. – 1991. – Vol. 338. – P. 1360–1361.

120. Tasar M., Yetiser S., Tasar A., Ugurel S., Gonul E., Saglam M. Congenital absence or hypoplasia of the carotid artery: radioclinical issues. *Am. J. Otolaryngol.* – 2004. – Sep– Oct. – Vol. 25. – № 5. – P. 339–349.
121. Weskott H.P., Holsing K. US-based evaluation of hemodynamic parameters in the common carotid artery: a nomogram trial // *Radiology.* – 1997. – V. 205 – P. 353–359.
122. Yazıcı Burhan, Erdoğan Beşir, Tugay Ali Cerebral blood flow measurements of the extracranial carotid and vertebral arteries with Doppler ultrasonography in healthy adults // *Official Journal of the Turkish Society of Radiology.* – 2005. – Vol. 11. – №4. – P. 195–198.
123. Zakharov V.N. Phenomenon of concentric spiral separation of microparticles in laminar vortical blood flow // *J. Cardiovasc. Surg.* – 1995. – Vol. 36. – №5. – P. 475–482.

REFERENCES

- Albayrak, Ramazan, Degirmenci, Bumin, Acar, Murat, Haktanır, Alpaya, Colbay, Mehmet, Yaman, Mehmet (2007). Doppler Sonography Evaluation of Flow Velocity and Volume of the Extracranial Internal Carotid and Vertebral Arteries in Healthy Adults. *Journal of clinical ultrasound.* 35 (1), 27–33.
- Aleksandrin, V.V., Kozhura, V.L., Novoderzhkina, I.S. (2006). Asimetrija ob'emnogo krovotoka v sonnyh arterijah krys. Materialy konferencii 'Strukturno-funkcional'nye i nejrohimicheskie zakonomernosti asimmetrii i plastichnosti mozga'. Retrieved from: <http://cerebral-asymmetry.narod.ru/AlexandrinConf2006.htm>
- Avrunin, A.S., Kornilov, N.V. (2000). Asimetrija parametrov - osnova struktury prostranstvenno-vremennoj organizacii funkcij. *Morfologija.* 117 (2), 80–85.
- Baev, V.M. (2001). Vlijanie vozrasta na reologicheskie svojstva krovi vzroslyh ljudej. *Tromboz, gemostaz, reologija.* 5, 40–43.

- Bagaev, S.N., Zaharov, V.N., Orlov, V.A. (1999). Fizicheskie mehanizmy transportnyh sistem zhivogo organizma: preprint 1. Novosibirsk: SO RAN, IPP Ofset.
- Bagaev, S.N., Zaharov, V.N., Orlov, V.A. (2002). O neobhodimosti vintovogo dvizhenija krovi. Rossijskij zhurnal biomehaniki. 4, 30–51.
- Bagaev, S.N., Zaharov V.N., Orlov, V.A. (2000). Zakonomernosti vetvlenija krovenosnogo rusla: preprint № 2. Novosibirsk: SO RAN, IPP «Ofset».
- Baler, L., Meldrum, K., Wang, M. et al. (2003). The role of estrogen in cardiovascular disease. J. Surg Res. 2, 325–344.
- Bendov, D.V., Najmushin, A.V., Bakanov, A.Ju., Gordeev, M.L. (2009). Odnomomentnaja karotidnaja jendarterjektomija i koronarnoe shuntirovanie u pacientov s dvustoronnim porazheniem sonnyh arterij. Arterial'naja gipertenzija. 4, 502–506.
- Bezobrazova, V.N. (2000). Funkcional'noe sostojanie krovoobrashhenie golovnogo mozga u detej 5-9 let. Fiziologija razvitija cheloveka: Mater, mezhdunar. konf. Moscow.
- Bezobrazova, V.N. (2002). Vlijanija neblagoprijatnyh jekologicheskikh faktorov na razvitie krovoobrashhenija golovnogo mozga. Al'manah «Novye issledovanija». 1, 37–41.
- Bezobrazova, V.N., Dogadkina, S.B. (2003). Funkcional'noe sostojanie krovoobrashhenija golovnogo mozga i konechnostej u detej 5-1 7 let na raznyh jetapah ontogeneza. Al'manah «Novye issledovanija». 1(4), 200-207.

- Bezobrazova, V.N., Dogadkina, S.B. (2001). Funkcional'noe sostojanie krovoobrashhenija golovnogogo mozga i predplech'ja u detej 5–9 let. Fiziologija cheloveka. 5. 49–53.
- Bogolepova, I.N., Malofeeva, L.I., Orzhehovskaja, N.S., Belograd', T.V. (2004). Citoarhitektonicheskaja asimmetrija korkovyh polej i hvostatogo jadra mozga cheloveka. Funkcional'naja mezhpolutsharnaja asimmetrija. Hrestomatija. Moscow: Nauchnyj mir. Retrieved from: <http://cerebral-asymmetry.narod.ru/Bogolepova.pdf>
- Borisov, S.V., Kaplan, A.Ja. (2001). Mezhpolutsharnaja asimmetrija al'fa-aktivnosti JeJeG pri asimmetrichnom pred#javlenii arifmeticheskikh zadach. Aktual'nye voprosy funkcional'noj mezhpolutsharnoj asimmetrii. Rossijskaja akademija medicinskih nauk, mediko-biologicheskoe otdelenie. Nauchno-issledovatel'skij institut mozga. Moscow.
- Chervjakov, A.V., Fokin, V.F. (2007). Morfometricheskiy i biohimicheskiy aspekty funkcional'noj mezhpolutsharnoj asimmetrii. Asimmetrija. 1, 47–57.
- Coffey, C. E. (1992). Quantitative cerebral anatomy of the aging human brain : a cross-sectional study using magnetic resonance. Neurology. 3, 527–536.
- Cvibel', V., Pellerito, Dzh. (2008). Ul'trazvukovoe issledovanie sosudov. Moscow: Vidar.
- Dejvi, Je.P., Mak Murrej, D. (2004) Priznaki i simptomy serdechnoj nedostatochnosti. Mezhdunarodnoe rukovodstvo po serdechnoj nedostatochnosti. Moscow: Media sfera.

Dubrov, Je.Ja., Ahmetov, V.V., Alekseechkina, O.A., Lemenev, V.L. (2006).

Ul'trazvukovye kriterii jembologennosti ateroskleroticheskoy bljashki karotidnyh arterij. Ul'trazvukovaja i funkcional'naja diagnostika. 1, 97–103.

Eicke, B.Martin, Barth, Viola, Kukowski, Bornes, Werner, Gerald, Paulus, Walter (1996). Cardiac microembolism: prevalence and clinical outcome. *Journal of the Neurological Sciences*. 1–2, 143–147.

Filatova, O.V., Sidorenko, A.A., Skorobogatov, Ju.Ju. (2014). Osobennosti gemodinamicheskikh parametrov vnutrennih sonnyh arterij cheloveka v zavisimosti ot vozrasta i pola. *Fiziologija cheloveka*. 5, 93-102.

Filatova, O.V., Sidorenko, A.A., Agarkova, S.A. (2015). Reologicheskie svojstva krovi v zavisimosti ot vozrasta i pola. *Fiziologija cheloveka*. 4, 110-118.

Filimonov, B.A. (2002). Vertebral'no–baziljarnaja nedostatochnost'. *Consilium Provisorum*. 8, Retrieved from: <http://www.consilium-medicum.com/article/8977>

Fokin, V.F. (2007). Stacionarnye i dinamicheskie svojstva funkcional'noj mezhpulusharnoj asimmetrii. *Asimmetrija*. 1, 77–79.

Folkov, B., Nil, Je. (1976). *Krovoobbrashhenie*. Moscow: Medicina.

Fomkina, O.A. (2006). Morfologija vnutricherepnyh chastej pozvonochnyh, baziljarnoj, mozzhechkovyh i zadnih mozgovykh arterij u vzroslyh ljudej razlichnogo vozrasta i pola. Thesis Doctoral Dissertation.

Frolov, S.V., Stroeve, V.M., Gorbunov, A.V., Trofimov, V.A. (2008). *Metody i pribory funkcional'noj diagnostiki*. Tambov: Tambov University Press.

- Gerasimov, I.G. (2011). Funkcional'naja asimmetrija i pH. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 1. Retrieved from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2011-1/1820.pdf>
- Gerlock, A., Giynani, V., Crebs, C. (1990). Applications of noninvasive vascular techniques. W.B. Saunders Co. 30–40, 73–85, 124–129.
- Gladilin, Ju.A. (2006). Variantnaja anatomija vnutrennej sonnoj arterii, arterial'nogo kruga bol'shogo mozga i mozgovyh arterij. Thesis Doctoral Dissertation.
- Gorbunov, A.V. (2007). Morfogenez arterij golovnogogo mozga i ego jeksperimental'no–klinicheskoe znachenie. Thesis Doctoral Dissertation.
- Gribanov, A.V., Volokitina, T.V., Leus, Je.V. (2001). Variabel'nost' serdechnogo ritma: analiz i interpretacii: metodicheskie rekomendacii. Arhangel'sk.
- Harenko, V.N., Frolov, V.A. (2007). K voprosu o razvitii vertebral'no– baziljarnoj nedostatochnosti v svete venoznogo discirkuljatornogo mehanizma i nekotoryh osobennostjah primenenija manual'noj terapii i girudoterapii v ee profilaktike i lechenii. Manual'naja terapija. 2, 47–54.
- Holmanskij, A.S. (2009). Zavisimost' resursa funkcional'noj asimmetrii mozga ot vneshnih uslovij. Asimmetrija. 1, 51–62.
- Ismail, A. (2008). Fizicheskaja rehabilitacija pri hronicheskoj nedostatochnosti mozgovogo krovoobrashhenija (discirkuljatornaja jencefalopatija). Teorija i metodika fizichnogo vihovanja i sportu. 2, 29–32.
- Issledovanie sistemy krovi v klinicheskoj praktike (1997). G.I. Kozinc, V.A. Makarov (Eds). Moscow.

- Ivshin, A.A. (2006). Mozgovoe krovoobrashhenie – zerkalo gestoza? Lechashhij vrach. 310. 45–49.
- Jarullin, H.H. (1983). Klinicheskaja reojencefalografija. Moscow: Medicina.
- Jung, F., Kiesewetter, H., Roggenkamp, H.G. (1986). Bestimmung der Referenz bereiche rheologischer Parameter. Klin.Wochenschrift. 64 (8), 375–381.
- Kalvach, P., Gregová, D., Škoda, O., Peisker, T., Termerová, J., Korsá, J. (2007). Cerebral blood supply with aging: Normal, stenotic and recanalized. Journal of the Neurological Sciences. 1, 143–148.
- Katerenjuk, I.M. (1993). Variabel'nost' arterial'nogo kruga bol'shogo mozga. Morfologija. 9–10, 91.
- Kirsanov, R.I. (2009). Dopplerograficheskaja registracija i osnovnye zakonomernosti vintovogo dvizhenija krov i v arterijah u ljudej v norm e i pri ateroskleroze. Thesis Doctoral Dissertation.
- Klinicheskoe rukovodstvo po ul'trazvukovoj diagnostike (1996). Mit'kov V.V. (Ed.). Moscow: Vidar.
- Koptev, V.D., Pospelova, T.I., Skvorcova, N.V. (2011). Kompleksnyj mnogofaktornyj podhod v diagnostike gemoblastozov. Aktual'nye voprosy sovremennoj mediciny. Novosibirsk.
- Korjakin, A.M., Eshhjovala, L.A., Dement'eva, L.A., Ekimovskih, A.V., Kovalenko, V.M. (2011). Osobennosti jendotelial'noj disfunkcii u bol'nyh hronicheskim alkoholizmom. Sibirskij medicinskij zhurnal. 2 (1), 66–70.

- Korkushko, O.V., Lishnevskaja, V.Ju., Duzhak, G.V. (2007). Reologicheskie svojstva krovi pri starenii i faktory, ih opredelajushhie. Krovoobrashhenie i gemostaz. 1, 5–13.
- Koroleva, M.V., Koroleva, V.V., Shorin, G.A. (2008). Pokazateli krovotoka v magistral'nyh arterijah golovy u zhenshin razlichnyh fitnes-grupp. Vestnik JuUrGU. 19, 109–113.
- Krejza, J. et al. (2006). Carotid Artery Diameter in Men and Women and the Relation to Body and Neck Size. Stroke. 37, 1103–1105.
- Krupina, N.E., Pyshkina, L.I., Kabanov, A.A. (2001). Sostojanie cerebral'noj gemodinamiki u bol'nyh s mal'formaciej Kiari I tipa. Nevrologicheskij vestnik. 3-4, 18-23.
- Kulikov, V.P., Kirsanov, R.I., Zasorin, S.V. (2006). Dopplerograficheskaja registracija fenomena vintovogo dvizhenija krovi v obshhih sonnyh arterijah ljudej. Ul'trazvukovaja i funkcional'naja diagnostika. 2, 96–100.
- Kulikov, V.P., Morozov, A.V. (1996). Jenergeticheskij doplerovskij rezhim v vizualizacii arterij villizeva kruga. Angiologija i sosudistaja hirurgija. 2, 32–37.
- Kurtusunov, B.T. (2010). Morfometriceskaja charakteristika pozvonocnyh arterij i ih kanalov na jetapah postnatal'nogo ontogeneza cheloveka. Astrahanskij medicinskij zhurnal. 2, 47–50.

Kuwahara, M., Sugimoto, M., Tsuji, S. Hideto, Matsui, Mizuno, T., Miyata, Sh.,

Yoshioka, A. (2002). Platelet shape changes and adhesion under high shear flow. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 2, 329–334.

Labzin, V.I., Rodionov, A.A. (2006). Vozrastnye preobrazovanija vnecherepnogo (vnutrikanal'nogo) otdela pozvonochnoj arterii cheloveka. *Bjulleten' fiziologii i patologii dyhanija.* 2-3, 85-87.

Lazarenko, V.V. (2000). Morfologicheskaja harakteristika pial'nogo sosudistogo rusla nekotoryh funkcional'nyh zon kory bol'shogo mozga cheloveka. Thesis Doctoral Dissertation.

Lazarjan, T.R., Vladimirov, V.G., Zarinskaja, S.A., Zaharov, A.S., Baranov, A.A. (2007). Osobennosti izmenchivosti jekstrakranial'noj chasti osti jekstrakranial'noj chasti osti jekstrakranial'noj chasti vnutrennej sonnoj arterii vnutrennej sonnoj arterii vnutrennej sonnoj arterii. *Bulletin of the International Scientific Surgical Association.* 2-3, 77–78.

Leljuk, V. G., Leljuk, S. Je. (2003). *Ul'trazvukovaja angiologija.* Moscow: Real'noe vremja.

Leutin, V.P., Nikolaeva, E.I., Fomina, E.V. (2007). Asimetrija mozga i adaptacija cheloveka. *Asimetrija.* 1, 71–73.

Logacheva, I.V., Ivanova, I.V., Pochepcova, L.V., Cypljashova, I.V., Perevozchikova, O.S., Krivileva, S.P. (2005). Sostojanie mozgovoj gemodinamiki i cerebrovaskuljarnoj reaktivnosti u bol'nyh arterial'noj gipertoniej. *Arterial'naja*

- gipertenzija. 4. Retrieved from: <http://www.consilium-medicum.com/artgyper/article/11322/>
- Lojt, A.A., Kajukov, A.V. (2002). Hirurgicheskaja anatomija golovy i shei. Saint Petersburg: Piter.
- Lopez, J.A., Dong, J.F. (2005). Shear stress and the role of high molecular weight von Willebrand factor multimers in thrombus formation. *Blood Coagul. Fibrinolysis*. 1, 11–16.
- Makolkin, V.I. (2011). Povyshennoe arterial'noe davlenie u lic pozhilogo vozrasta sleduet snizhat. *Rossijskij medicinskij zhurnal*. 31, 1994–1995.
- Manak, N.A., Karpova, I.S., Karoza, A.E., Kozich, I.A. (2004). Differencirovannyj podhod k korrekcii jendotelial'noj disfunkcii u bol'nyh stabil'noj stenokardiej s faktorami riska ishemicheskoj bolezni serdca (arterial'noj gipertenziej, giperholesterinemiej, kurenijem). Respublikanskij nauchno-prakticheskij centr «Kardiologija».
- Marchenko, Ja.V. (2009). Strukturnaja organizacija mikrososudistogo rusla licevoj oblasti. Thesis Doctoral Dissertation.
- Markelova, M.V. (2009). Anatomija kanala i strukturno-morfometričeskie osobennosti vnutrikanal'nogo otdela pozvonocnyh arterij u čeloveka. Thesis Doctoral Dissertation.
- Mel'nikova, L.V. (2011). Znachenie gemodinamicheskikh faktorov v razvitii remodelirovanija sosudov myshečno-jelasticheskogo tipa pri arterial'noj gipertenzii // *Saratovskij nauchno-medicinskij zhurnal*. 1, 76-79.

Mezhdunarodnaja anatomicheskaja terminologija (s oficial'nym spiskom russkih jekvivalentov). (2003). I. L. Kolesnikov (Ed.). Moscow: Medicina.

Micami, G., Suzuki, M., Komoda, K., Kubo, N., Kuroda, K., Ogavva, A., Okudaira, Y. (1996). Subclavion artery aneurism associated with absence of the ipsilateral internal carotid artery. *Neurol. Res.* 2, 140–144.

Moskalenko, Ju. E., Vajnshtejn, G. B., Halvorson, P., Kravchenko, T. I., Fejlding, A., Rjabchikova, N.A., Semernja, V.N., Panov, A.A. (2007). Vozrastnye osobennosti vzaimosvjazej mezhdu mozgovym krovotokom, likvorodinamikoj i (biomehanicheskimi svojstvami cherepa cheloveka. *Rossijskij fiziologicheskij zhurnal im. I.M. Sechenova.* 7, 787–798.

Moskalenko, Ju.E., Vajnshtejn, G.B., Rjabchikova, N.A., Hal'vorson, P., Kravchenko, T.I., Vardi, T. (2010). Funkcional'noe edinstvo sistem vnutricherepnoj gemollikvorodinamiki, biomehanicheskikh svojstv cherepa i kognitivnoj dejatel'nosti mozga. *Regionarnoe krovoobrashhenie i mikrocirkuljacija.* 3, 43–53.

Nemirovskaja T.A., Nemirovskij A.M., Danilov V.I., Mihajlov M.K., Ibatullin M.M., Alekseev A.G. (2011). Ocenka vlijanija stenozov i okkluzij vnutrennej sonnoj arterii na cerebral'nuju gemodinamiku pri pomoshhi perfuzionnoj rentgenovskoj komp'juternoj tomografii. *Kazanskij medicinskij zhurnal.* 3, 360–363.

Nikolenko V.N., Fomkina O.A., Kirillova I.V., Ivanov D.V. (2009). Vozrastnopolovaja izmenchivost' morfobiomehanicheskih parametrov perednej

- mozgovej arterii vzroslyh ljudej. Saratovskij nauchno-medicinskij zhurnal. 4, 482–485.
- Nikolenko, V.N., Gladilin, Ju.A., Fomkina, O.A. (2006). Vozrastnaja izmenchivost', polovye osobennosti i korreljativnye svjazi diametra prosveta baziljarnoj arterii u vzroslyh ljudej. Morfologicheskie vedomosti. 1–2, 157–159.
- Nogina, S.P., Sanockaja, N.V., Macievskij, D.D. (1988). Osobennosti gemodinamicheskogo rezhima v pravoj i levoj obshhijh sonnyh arterijah koshki. Bjul. Jeksper. Biol. i med. 4, 414–417.
- Novik, N.G. (2007). Individual'nye osobennosti stroenija Circulus Willisii u vzroslogo cheloveka. Aktual'nye problemy sovremennoj mediciny. 2, 385–387.
- Ogawa, A., Sakurai, Y., Kayma, J., Yoshimoto, J. (1989). Regional cerebral blood flow with age: changes in rCBF in childhood. Neurol. Res. 3, 173–176.
- Operativnaja hirurgija i topograficheskaja anatomija. (2001). Kovanov V.V. (Ed.). Moscow: Medicina.
- Ozhigova, A.P., Mazanova, L.M., Abramova, S.V. (1992). K voprosu o morfologicheskom substrate funkcional'noj asimmetrii mozga. Makro- i mikrourovni organizacii mozga. Moscow.
- Paszковиak, J.J., Dardik, A. (2003). Arterial wall shear stress: observations from the bench to the bedside. Vasc. Endovascular. Surg. 1, 47–57.
- Petrosienko, E.S. (2011). Vlijanie mezhpolutsharnoj asimmetrii na aktivnost' funkcionirovanija serdechno-sosudistoj sistemy kak mery naprjazhenija serdechnyh adaptacionnyh mehanizmov. Asimmetrija. 3, 15–22.

Poljaev, V.O. (2007). Anatomico– hirurgical'eskoe obosnovanie principov prognozirovaniya izmenenij gemodinamiki pri ateroskleroticheskom porazhenii i rekonstruktivnyh vmeshatel'stvah v zone bifurkacii obshhej sonnoj arterii. Thesis Doctoral Dissertation.

Poplavskaja, L.P. (2001). Sostojanie krovoobrashhenija i likvornoj sistemy golovnogogo mozga u bokserov vysshej kvalifikacii v vozraste 18-28 let. Fiz. vospitanie studentov tvorcheskih. 4, 42–46.

Pospelova, M.L. (2011). Sravnitel'noe izuchenie mozgovej gemodinamiki metodami transkranal'noj doplerografii, odnofotonnoj jemissionnoj komp'juternoj tomografii i radionuklidnoj angiografii u pacientov s raznoj stepen'ju stenoza arterij golovy i shei. Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 5, 28–35.

Prygova, Ju.A., Savel'eva, L.A., Bogomjakova, O.B., Tulupov, A.A. (2012). Osobennosti gemodinamiki vo vnutrennih sonnyh arterijah, po dannym magnitno– rezonansnoj tomografii. Vestnik NGU. Serija biologija i klinicheskaja medicina. 2, 133–138

Raimondi, A.J., Ceruuo, L.J. (1980). Pediatric cerebral angiography. Stuttgart. New York: Thime.

Rathor, S.S., Wang, Y., Krumholz, H.M. (2002). Sex-based differences in the effect of digoxin for the treatment of heart failure. New England Journal of Medicine. 347, 1403–1411.

- Rechkalov, A.A. (2006). Morfofunkcional'nye osobennosti krovosnabzhenija zritel'noj kory polusharij bol'shogo mozga cheloveka. Thesis Doctoral Dissertation.
- Rosin, Ju.A. (2006). Dopplerografija sudov golovnog mozga u detej. Saint Petersburg: Izdatel'skij dom SPbMAPO.
- Rumjanceva, I.V. (2005). Luchevaja diagnostika variantov stroenija magistral'nyh arterij golovy u detej. Thesis Doctoral Dissertation.
- Rusalova, M.N. (2004). Funkcional'naja asimmetrija mozga: jemocii. Funkcional'naja mezhpolutsharnaja asimmetrija. Hrestomatija / pod red. Bogolepova N.N., Fokina V.F. Moscow: Nauchnyj mir.
- Satanova, F.S., Studitskaja, O.A., Krivickaja, G.N., Fokin, V.F. (1992). Morfofunkcional'nye predposylki mezhpolutsharnoj asimmetrii. Makro- i mikrourovni organizacii mozga. M.
- Schebesch, K.M., Simka, S., Woertgen, C., Brawanski, A., Rothoerl, R.D. (2004). Normal values of volume flow in the internal carotid artery measured by a new angle-independent Doppler technique for evaluating cerebral perfusion. *Acta Neurochir (Wien)*. 146, 983–987.
- Schoning, M., Walter, J., Scheel, P. (1994). Estimation of cerebral blood flow through color duplex sonography of the carotid and vertebral arteries in healthy adults. *Stroke*. 25, 17–22.
- Shahnovich, A.R., Shahnovich, V. A. (1996). Diagnostika narushenij mozgovogo krovoobrashhenija. Transkranial'naja dopplerografija. Moscow: Medicina.

- Shehter, A.V., Nestajko, G.V., Krymskij, L.D. (1978). Jelasticheskie membrany stenki arterij. Vestnik AMN SSSR. 3, 30–39.
- Shishelova, O.V., Gudkov, A.B. (2006). Morfofunkcional'nye osobennosti brahiocefal'nyh arterij u detej shkol'nogo vozrasta po dannym dupleksnogo skanirovanija. Jekologija cheloveka. 3, 31–35.
- Sjierzheje, D., Ulzj hutag, A., Cjerjennadmid, Ch., Sarangjerjel, Zh. (2003). Dopplersonograficheskoe issledovanie gemodinamiki v jekstrakranial'nyh magistral'nyh arterijah u zdorovyh. Sibirskij medicinskij zhurnal. 1, 89–91.
- Smirnov, K.V., Smirnova, Ju.V., Sidor, M.V., Graf, E.V., Osinceva, L.V. (2001). Pokazateli krovotoka v magistral'nyh arterijah golovy u zdorovyh lic. Ul'trazvukovaja i funkcional'naja diagnostika. 4, 112–116.
- Solomko, A.P. (1992). Sutochnaja ritmika central'noj i cerebral'noj gemodinamiki i psihicheskoj rabotosposobnosti u zdorovyh lic 7-17 let prozhivajushchih na raznyh vysotah. Thesis Doctoral Dissertation. Bishkek.
- Spiridonov, A.A., Buziashvili, Ju.I., Shumilina, M.V. (2002). Ul'trazvukovaja diagnostika patologii arterij nizhnih konechnostej. Nauchnyj centr serdechno-sosudistoj hirurgii im. A.N. Bakuleva RAMN. ZAO «Spektromed».
- Stonebridge, P.A., Brophy, S.M. (1991). Spiral laminar flow in arteries. Lancet. 338, 1360–1361.
- Sushkova, M.A. (2002). Reologija krovi i fiziko-himicheskie svojstva jeritrocitov u prakticheski zdorovyh lic i bol'nyh hronicheskimi allergodermatozami do i posle KVCh-terapii. Thesis Doctoral Dissertation. Saratov.

- Suvorova, I.A., Govorin, A.V., Zajcev, D.N., Bochkareva, O.I., Muha, N.V. (2008). Psihopatologicheskie narushenija i disfunkcija jendotelija u bol'nyh postinfarktym kardiosklerozom. *Zabajkal'skij medicinskij vestnik*. 1, 22–24.
- Tananakina, T.P., Jakobson, E.A., Bolgov, D.M., Glebov, A.M. (2008). Reojencefalografija kak metod diagnostiki narushenij krovoobrashhenija golovnogogo mozga. *Ukraïns'kij medichnij al'manah*. 1, 276–278.
- Tasar, M., Yetiser, S., Tasar, A., Ugurel, S., Gonul, E., Saglam, M. (2004). Congenital absence or hypoplasia of the carotid artery: radioclinical issues. *Am. J. Otolaryngol.* 5, 339–349.
- Tatarinova, O.V., Nikitin, Ju.P., Neustroeva, V.N., Shherbakova, L.V., Gorohova, Z.P. (2013). Arterial'noe davlenii e v pozhilom, starcheskom vozraste i u dolgozhitelej Jakutska. *Populjacionnoe issledovanie. Uspehi gerontologii*. 1, 82–88.
- Tereshhenko, S.N., Zhirov, I.V., Krasil'nikova, E.S., Kazanceva, E.Je. (2007). Zhenskie polovye gormony kak moduljatory gendernyh razlichij v otvete na farmakoterapiju serdechno-sosudistyh zabolevanij. *Racional'naja farmakoterapija v kardiologii*. 5, 83–87.
- Tokar', A.V., Ena, L.M. (1989). *Arterial'nye gipertenzii v pozhilom i starcheskom vozraste*. Kiev: Naukova dumka.
- Tokarev, A.S., Dobrovol'skij, G.F., Vinokurov, A.G., Krylov, V.V. (2010). Operativnaja anatomija vnutrennej sonnoj arterii. *Nejrohirurgija*. 4, 24–32.

Trisvetova, E.L., Varanickaja, N.M., Ermolkevich, R.F., Patorskaja, O.A. (2007).

Klinicheskoe znachenie neinvazivnoj (ul'trazvukovoj) ocenki funkcii jendotelija. *Medicina*. 3 (58), 48–51.

Troshin, V.D., Gustov, A.V., Troshin, O.V. (1999). Ostrye narusheniya mozgovogo krovoobrashhenija. N.Novgorod: NGMA.

Tupicyn, I.O., Andreeva, I. G., Bezobrazova, V.N. et al. (2000). Razvitie sistemy krovoobrashhenija. *Fiziologija razvitija rebenka (teoreticheskie i prikladnye aspekty)*. Moscow: NPO ot A do Ja.

Uchkin, I.G., Aleksandrova, E.S., Bagdasarjan, A.G. (2010). Rol' ul'trazvukovogo dupleksnogo skanirovanija v diagnostike karotidnyh stenozov. *Consilium Medicum*, 9, Retrieved from: <http://www.consilium-medicum.com/article/19883>

Ul'trazvukovaja diagnostika sosudistyh zabolevanij. (2007). V.P. Kulikov (Ed.).

Ul'trazvukovaja dopplerovskaja diagnostika sosudistyh zabolevanij. (1998). Ju.M. Nikitin, A.I. Truhanov (Eds.). Moscow: «Vidar».

Vereshhagin, N.V. (2001). Nedostatochnost' krovoobrashhenija v vertebral'no-baziljarnoj sisteme. *Consilium Medicum*. 15, Retrieved from: <http://www.consilium-medicum.com/article/13845>

Vol'f, N.V., Razumnikova, O.M. (2004). Polovoj dimorfizm funkcional'noj organizacii mozga pri obrabotke rechevoj informacii. *Funkcional'naja mezhpolusharnaja asimmetrija. Hrestomatija*. Moscow: Nauchnyj mir.

- Weskott, H.P., Holsing, K. (1997). US-based evaluation of hemodynamic parameters in the common carotid artery: a nomogram trial. *Radiology*. 205, 353–359.
- YAZICI, Burhan, Erdoğan, Beşir, Tugay, Ali (2005). Cerebral blood flow measurements of the extracranial carotid and vertebral arteries with Doppler ultrasonography in healthy adults. *Official Journal of the Turkish Society of Radiology*. 11 (4), 195–198.
- Zakharov, V.N. (1995). Phenomenon of concentric spiral separation of microparticles in laminar vortical blood flow. *J. Cardiovasc. Surg.* 36 (5), 475–482.
- Zaharov, V.V., Jahno, N.N. (2003). *Narusheniya pamjati*. Moscow: GeotarMed.
- Zhivotova, V.A., Voronova, N.V. (2010). Reojencefalograficheskoe issledovanie asimmetrii mozgovogo krovotoka u zdorovyh detej i detej s MMD. *Fiziologija adaptacii*. Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Volgograd.

Поступила в редакцию 17.11.2015

Как цитировать:

Филатова, О.В., Сидоренко, А.А. (2015). Возрастные и половые особенности гемодинамических характеристик артерий головного мозга. *Acta Biologica Sibirica*, 1 (3-4), 199-243. **crossref** <http://dx.doi.org/10.14258/abs.v1i3-4.922>

© *Филатова, Сидоренко, 2015*

Users are permitted to copy, use, distribute, transmit, and display the work publicly and to make and distribute derivative works, in any digital medium for any responsible purpose, subject to proper attribution of authorship.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 3.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/)