

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВПО «АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

Сидоренко Анастасия Александровна

**ГЕМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВНУТРЕННИХ СОННЫХ
АРТЕРИЙ ЧЕЛОВЕКА С УЧЕТОМ ВОЗРАСТА, ПОЛА И
ЛОКАЛИЗАЦИИ АРТЕРИИ**

03.03.01 – физиология

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук,
доцент О. В. Филатова

Томск - 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. ГЕМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВНУТРЕННИХ СОННЫХ АРТЕРИЙ В ЗАВИСМОСТИ ОТ ВОЗРАСТА, ПОЛА И АСИММЕТРИИ АРТЕРИИ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ	13
1.1 Анатомо–топографические особенности внутренних сонных артерий	15
1.2 Основные закономерности кровообращения с позиций классической гемодинамики	19
1.3 Возрастные особенности диаметра и гемодинамических параметров артерий, кровоснабжающих головной мозг	21
1.4 Половые особенности диаметра и гемодинамических показателей магистральных артерий головы.....	29
1.5 Асимметрия магистральных артерий головы	32
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	40
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	49
3.1 Диаметр внутренних сонных артерий.....	49
3.1.1 Возрастная динамика диаметра внутренних сонных артерий.....	49
3.1.2 Половые различия диаметра внутренних сонных артерий.....	51
3.1.3 Асимметрия диаметра внутренних сонных артерий	52
3.2 Гемодинамические параметры внутренних сонных артерий.....	58
3.2.1 Возрастные изменения сосудистого сопротивления во внутренних сонных артериях.....	58
3.2.2 Возрастные изменения скоростных показателей кровотока внутренних сонных артерий.....	65
3.2.3 Возрастные особенности реологических показателей крови	70

3.3 Половые различия гемодинамических показателей в разные возрастные периоды	76
3.3.1 Половые особенности индекса сосудистого сопротивления, пульсационного индекса и систоло–диастолического отношения во внутренних сонных артериях.....	76
3.3.2 Половые особенности скоростных показателей во внутренних сонных артериях.....	78
3.4 Асимметрия гемодинамических показателей в разные возрастные периоды	83
3.4.1 Асимметрия сосудистого сопротивления.....	83
3.4.2 Асимметрия скоростных показателей кровотока внутренних сонных артерий	85
Обсуждение результатов	87
ВЫВОДЫ.....	102
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	103
БЛАГОДАРНОСТИ	134
СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ	135
ПРИЛОЖЕНИЕ	137

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВСА – внутренняя сонная артерия

ЛВСА – левая внутренняя сонная артерия

ПВСА – правая внутренняя сонная артерия

D – диаметр артерии

RI – индекс сосудистого сопротивления

PI – пульсационный индекс

СДК – систоло–диастолическое отношение

Q – объемная скорость кровотока

V_{ps} – линейная систолическая скорость кровотока

V_{ed} – линейная диастолическая скорость кровотока

V_m – средняя линейная скорость кровотока

τ – напряжение сдвига

η – вязкость крови

ВВЕДЕНИЕ

АКТУАЛЬНОСТЬ. Функционирование организма и продолжительность его жизни часто предопределяется состоянием мозгового кровообращения, поэтому исследование кровотока головного мозга является актуальной задачей физиологии. Особую важность изучение мозгового кровообращения приобретает в связи со значительным омоложением смертности от причин связанных с его дисфункцией [Белопасов В.В. с соавт., 2000; Федин А.И. с соавт., 2005; Бадалян О.Л. с соавт., 2008; Статинова Е.А. с соавт., 2010]. По данным нескольких авторов предпосылки к возникновению патологий, связанных с нарушением мозгового кровообращения и нередко приводящих к неблагоприятному исходу, закладываются в очень раннем детстве [Шахнович А.Р. с соавт., 1996; Трошин В.М. с соавт., 1999; Гудков А.Б. с соавт., 2011].

Внутренним сонным артериям принадлежит ключевая роль в развитии расстройства мозгового кровообращения [Верещагин Н.В. с соавт., 1987; Ультразвуковая доплеровская диагностика..., 1998; Смирнова И.М. с соавт., 2000; Верещагин Н.В. с соавт., 2002; Суслика З.А. с соавт., 2003; Ключникова О.А. с соавт., 2009], что определяет актуальность изучения морфометрических и гемодинамических параметров этих сосудов в возрастном аспекте с учетом билатеральных различий и полового диморфизма. Практическая реализация этого направления закономерно связана с необходимостью максимального уточнения данных о диаметре внутренних сонных артерий у людей различного возраста и пола, границах изменчивости этих размеров и их диссимметрии [Горбунов А.В., 2007; Кудрявцев И.Ю., 2009].

В настоящее время благодаря широкому внедрению в клиническую практику современных малоинвазивных методов диагностики стало возможным исследование артерий, кровоснабжающих мозг, *in situ* и в связи с этим диаметр и параметры их кровотока требуют уточнения [Николаева И.И. с соавт., 2006; Васильченко В.В. с соавт., 2006; Абрамова М.Ф. с соавт., 2009; Богданова Е.С. с соавт., 2009; Новикова Л.Б. с соавт., 2010; Зубарева Е.А. с соавт., 2010; Тюлякова С.Ш. с соавт., 2011; Шарафеев А.З. с соавт., 2011; Чечеткин А.О. с соавт., 2011; Тимина И.Е. с соавт., 2011; Кузьменко Е.А. с соавт., 2012; Морошкин В.С. с соавт., 2012; Засорин С.В. с соавт., 2012]. При этом необходимо знать особенности индивидуальной изменчивости этих артерий у людей различного возраста и пола, потому что разграничить нормальные и патологически измененные артерии можно только на основании знания диапазона анатомической и физиологической нормы [Кандель Э.И. и соавт., 1989, цит. по: Фомкина О.А, 2006]. Особенно важно рассматривать изменения артерий в возрастном аспекте, так как их параметры в течение жизни претерпевают изменения, связанные с особенностями ауторегуляции, реологических свойств крови, с состоянием сосудистой стенки. Известно, что выход за границы нормального диапазона скоростей кровотока связан с патологическими изменениями в сосудах [Ультразвуковая доплеровская диагностика..., 1998].

Несмотря на значительные достижения в изучении гемодинамики в бассейнах наружных и внутренних сонных артерий, в современной физиологии еще не решен целый ряд вопросов, часть из которых даже не ставилась для обсуждения. Анализ литературы по теме исследования показал, что до сих пор нет работ, комплексно освещающих морфометрические и гемодинамические показатели во внутренних сонных артериях. Имеющиеся в литературе сведения, касающиеся морфометрических параметров шейной части внутренней сонной артерии от

юношеского периода до старческого возраста получены на аутопсийном материале [Гладилин Ю.А., 2006]. Отсутствуют данные о морфометрических параметрах экстракраниальной части внутренних сонных артерий в возрастные периоды от грудного до юношеского возраста, а также в более поздние периоды постнатального онтогенеза *in situ*.

При изучении гемодинамических параметров внутренних сонных артерий либо исследовался широкий возрастной диапазон без учета пола и асимметрии артерии [Смирнов К.В. с соавт., 2001], либо рассматривалась асимметрия кровотока, но при этом не учитывался пол и принадлежность человека к определенному возрастному периоду [Schoning M. et al., 1994; Лелюк В.Г. с соавт., 2004; Логачева И.В. с соавт., 2005; Королева М.В. с соавт., 2008; Прыгова Ю.А. с соавт., 2012]. Использование различных схем возрастной периодизации в исследованиях многих авторов привели к сложности сопоставления результатов друг с другом [Смирнов К.В. с соавт., 2001; Yazici B. et al., 2005; Albayrak R. et al., 2006; Schebesch K.M. et al., 2004; Румянцева И.В., 2005; Шишелова О.В. с соавт., 2006]. Не изучались такие количественные характеристики кровотока во внутренних сонных артериях, как величина напряжения сдвига и число Рейнольдса. В связи с вышеизложенным, актуальным является комплексное изучение морфометрических и гемодинамических параметров шейной части внутренних сонных артерий в широком возрастном диапазоне с учетом пола и асимметрии артерии.

Актуальность и недостаточность изученности проблемы определило цель настоящей работы.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ. Выявить закономерности изменчивости размерных характеристик и гемодинамических показателей шейной части внутренних сонных артерий у лиц различного возраста с учетом пола и локализации артерии.

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ:

1. Выявить закономерности изменчивости диаметра экстракраниальной части внутренних сонных артерий в постнатальном онтогенезе человека.
2. Проанализировать величину сосудистого сопротивления внутренних сонных артерий в различные возрастные периоды.
3. Исследовать возрастные особенности вязкости крови от периода раннего детства до пожилого возраста.
4. Оценить показатели скорости кровотока в экстракраниальной части внутренних сонных артерий в различные возрастные периоды.
5. Изучить половые различия морфометрических и гемодинамических показателей внутренних сонных артерий.
6. Оценить асимметрию морфометрических и гемодинамических показателей внутренних сонных артерий.
7. Проанализировать половые различия и асимметрию средней линейной скорости и напряжения сдвига во внутренних сонных артериях.

Научная новизна. Впервые проведено комплексное исследование изменчивости размерных характеристик и гемодинамических показателей внутренних сонных артерий у лиц различного возраста с учетом пола и локализации артерии от периода раннего детства до пожилого возраста.

В ходе исследования впервые:

- выявлены периоды увеличения изменений диаметра внутренних сонных артерий в периоде от раннего детства до подросткового возраста и от первого зрелого до пожилого возраста;

- установлено, что величина диаметра, в большинстве возрастных периодов у лиц мужского пола выше, чем у лиц женского пола;

- установлено, что вязкость крови имеет более низкие значения от периода раннего детства до второго детства, увеличивается к подростковому возрасту, начиная с этого возраста вязкость крови у лиц мужского пола

становится выше, чем у лиц женского пола, половые различия в вязкости крови нивелируются к пожилому периоду;

- выявлено, что объемная скорость кровотока имеет относительно стабильные параметры до юношеского периода, затем снижается к пожилому возрасту, напряжение сдвига и число Рейнольдса с возрастом прогрессивно снижаются;

- показано, что для внутренних сонных артерий характерен ламинарный поток крови с локальными завихрениями на начальных этапах постнатального онтогенеза;

- установлено, что средняя линейная скорость и напряжение сдвига в обеих внутренних сонных артериях симметричны и не имеют половых различий.

Систематизированы и дополнены данные об индексах, отражающих сопротивление в бассейне внутренних сонных артерий (индекс сосудистого сопротивления, пульсационный индекс, систоло-диастолическое отношение), параметрах линейной скорости (систолической, диастолической, средней линейной) кровотока в постнатальном онтогенезе человека.

Положения, выносимые на защиту:

1. Скорость роста диаметра внутренних сонных артерий в процессе постнатального онтогенеза меняется неравномерно. Наиболее интенсивное увеличение диаметров внутренних сонных артерий происходит в периоде от раннего детства до подросткового возраста и от первого зрелого до пожилого возраста. Величина диаметра, в большинстве возрастных периодов у лиц мужского пола выше, чем у лиц женского пола. Среди лиц обоего пола в равной мере встречаются испытуемые с левосторонней и правосторонней асимметрией диаметра внутренних сонных артерий.
2. 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.

3. На всем протяжении постнатального онтогенеза показаны оптимальные условия для артериального звена кровоснабжения головного мозга – средняя линейная скорость и напряжение сдвига в обеих внутренних сонных артериях симметричны и не имеют половых различий.

Теоретическая значимость Полученные в ходе исследования данные о возрастных особенностях гемодинамики во внутренних сонных артериях в зависимости от возраста, пола и локализации артерии дополняют и углубляют понимание онтогенетических закономерностей развития артериальной системы в организме человека. Полученные данные о возрастной динамике напряжения сдвига и числа Рейнольдса существенно уточняют современные представления об особенностях гемодинамики в бассейне внутренних сонных артерий.

Практическая значимость. Полученные результаты могут быть основой для разработки нормативов, отражающих особенности диаметра и гемодинамических параметров экстракраниальной части внутренних сонных артерий в отдельные возрастные периоды и использоваться в клинике для диагностики отклонений в развитии экстракраниальной части внутренних сонных артерий.

Результаты исследования учитываются при интерпретации результатов дуплексного сканирования при исследовании экстракраниальной части внутренних сонных артерий в ООО ПКД «Здоровье» г. Барнаул.

Результаты исследования используются в учебном процессе при чтении курса «Физиология человека и животных» для студентов специальности биология, спецкурса «Физиология кровообращения» для студентов

специализации «физиология» кафедры зоологии и физиологии биологического факультета ФГБОУ ВПО «АлтГУ».

Апробация работы. Основные результаты исследования докладывались и обсуждались на Международной конференции «Физиология развития человека» (Москва, 2009), XI научно–практической конференции молодых ученых (Барнаул, 2009), VI Международной научно–практической конференции «Современные проблемы гуманитарных и естественных наук» (Москва, 2011), Международной заочной научно–практической конференции (Тамбов, 2011), III международной научно–практической конференции «Высокие технологии, фундаментальные и прикладные исследования в физиологии и медицине» (Санкт–Петербург, 2012), VII Сибирском физиологическом съезде (Красноярск, 2012).

Публикации.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных журналах и изданиях. По материалам диссертации опубликовано 10 печатных работ, из них в журналах, рекомендованных ВАК – 3 и 5 работ, которые отражают основные научные результаты диссертации, опубликовано в сборниках международных конференций.

Личное участие автора. Автором самостоятельно проводилась обследование 30% испытуемых и дальнейшая обработка всего объема протоколов ультразвукового дуплексного сканирования внутренних сонных артерий, осуществлялась группировка представленных в них данных согласно возрастной периодизации, с учетом пола человека и асимметрии артерии. Автором самостоятельно проведено исследование вязкости крови в возрасте от раннего детства до пожилого возраста с учетом пола испытуемых. На основании данных протоколов обследования и по полученным данным о вязкости крови была сформирована база данных по показателям экстракраниальной части внутренних сонных артерий и

вязкости крови. Автором самостоятельно дополнительно были рассчитаны показатели сосудистого сопротивления, объемная скорость кровотока, средняя линейная скорость, напряжение сдвига и число Рейнольдса с учетом данных о вязкости крови в разные возрастные периоды.

Автором самостоятельно проведена статистическая обработка результатов, их научный анализ и обсуждение, сформулированы выводы и положения, выносимые на защиту.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 141 странице машинописного текста, содержит 8 таблиц и 30 рисунков. Состоит из введения, 3 глав и выводов. Список цитируемой литературы содержит 198 отечественных и 36 иностранных источников.

ГЛАВА 1. ГЕМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВНУТРЕННИХ СОННЫХ АРТЕРИЙ В ЗАВИСМОСТИ ОТ ВОЗРАСТА, ПОЛА И АСИММЕТРИИ АРТЕРИИ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

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 Б. с соавт. 1976; Ившин А. А., 2006; Цвибель В. с соавт., 2008; Фролов С. В. с соавт., 2008]. Функциональные возможности головного мозга и его отделов зависят от достаточности кровоснабжения [Речкалов А. А., 2006; Немировская Т. А. с соавт., 2011; Poels M. M. F. 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 Ю. Е. с соавт., 2007; Харенко В. Н. с соавт., 2007; Цвибель В. с соавт., 2008; Прыгова Ю. А., 2012], при этом сохраняется равномерность поступления крови к различным отделам головного мозга [Крупина Н. Е. с соавт., 2001; Бендов Д. В. с соавт., 2009; Козлов В. И. с соавт., 1991].

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. В. с соавт., 2008;

Колотилов Н. Н., 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. В. с соавт., 2008]. Головной мозг снабжается кровью от сосудов, находящихся на его поверхности. Данный принцип распределения артериальных сосудов обеспечивает высокую надежность кровоснабжения мозга [Лазаренко В.В., 2000; Харенко В. Н. с соавт., 2007; Колотилов Н. Н., 2011].

Внутренние сонные артерии обеспечивают кровоснабжение мозга на две трети [Waldemar G. и соавт., 1991; Горбунов А. В., 2007; Прыгова Ю. А., 2012], они снабжают кровью большую часть полушарий головного мозга (лобные, височные, теменные доли) и подкорковые структуры [Филимонов Б. А., 2001, 2002]. Снабжение головного мозга на одну треть обеспечивают позвоночные артерии. Позвоночные артерии современная ангиология трактует как функционально важные и клинически значимые сосудистые магистрали [Верещагин Н.В., 1980; Дуданов И.П. с соавт., 2003]. 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 В.И. 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 В.Г. с соавт., 2003; Маркелова М.В., 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 Д. с соавт., 2003].

1.1 Анатомо–топографические особенности внутренних сонных артерий

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 В. с соавт., 2008, Лелюк В.Г. 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 И.М., 1993, Micami G. et al., 1996; Tasar M. 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 [Wiebel J. et al, 1965; Gerlock A. et al., 1990]. Обе внутренние сонные артерии обеспечивают кровью передние отделы мозга. Они почти отвесно поднимаются вверх к черепу [Цвибель В. с соавт., 2008].

Внутреннюю сонную артерию 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 В.О., 2007]. Другие авторы также делят внутреннюю сонную артерию на пять отделов: шейный, каменистый, кавернозный, клиноидный, супраклиноидный [Токарев А.С.с соавт., 2010].

Синус представляет собой значительно расширенную начальную часть внутренней сонной артерии. Он богато иннервирован (баро– и хеморецепторы) и играет важную роль в регуляции кровообращения [Лелюк В.Г. с соавт., 2003, Поляев В.О., 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 И.В., 2005; Лелюк В.Г. 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 А.С.с соавт., 2010]. Синус и шейный отделы внутренней сонной артерии не отдают ветвей [Лелюк В. Г. с соавт., 2003; Цвибель В. с соавт., 2008; Токарев А. С. с соавт., 2010]. За редким исключением встречаются случаи отхождения от нее восходящей глоточной артерии [Лойт А. А. с соавт., 2002].

Ветвление внутренней сонной артерии 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 внутренняя сонная артерия дает начало задним соединительным артериям, которые за тем сообщаются с задней мозговой артерией [Румянцева И.В., 2005; Токарев А.С.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 [Харенко В. Н. с соавт., 2007; Фролов С. В. с соавт., 2008]. Участки экстракраниального и интракраниального отдела внутренней сонной артерии представляются весьма важными в функциональном отношении. Экстракраниальная часть ВСА является основной кровеносной магистралью головного мозга [Лазарян Т.Р. 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 В. 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 А. В. и соавт., 1978; Гистология, 2002].

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 В.Г. с соавт., 2003; Цвибель В. с соавт., 2008].

1.2 Основные закономерности кровообращения с позиций классической гемодинамики

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 P.A. et al, 1991; Zakharov V.N., 1994, 1995, 1998; Багаев С.Н. 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 Р.И., 2009]. Следовательно, к нему применимы основные уравнения гидродинамики.

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 А.А. 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 А.А. с соавт., 2010].

При движении потока крови по сосуду на эндотелиальную поверхность сосудистой стенки действует тангенциальная сила – напряжение сдвига (τ) [Paszowski J.J. et al., 2003]. Высокое напряжение сдвига, которое возникает при ламинарном токе крови, стимулирует секрецию субстанций, которые увеличивают синтез антикоагулянтов и вазодилатацию [Lopez J.A. 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 M. et al., 2002].

В литературе мы не обнаружили данных о значении числа Рейнольдса во внутренних сонных артериях. Напряжения сдвига изучалось во внутренних сонных артериях только в условиях патологии, оно увеличивается при S-образной извитости артерии [Родин Ю.В., 2006; Oliviero U. et al., 2003; Евтушенко С.К. с соавт., 2002].

1.3 Возрастные особенности диаметра и гемодинамических параметров артерий, кровоснабжающих головной мозг

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 А.В., 2001]. Постоянно изменяющийся анатомически и функционально в различные периоды развития аппарат кровообращения требует знания его физиологических особенностей [Шишелова О.В. 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 [Мишина Е.Г., 2005]. Изменения мозгового кровотока в процессе роста и развития объясняется морфофункциональными особенностями строения сосудистой сети головного мозга [Трошин В.М. с соавт., 1995, 1999]. По данным многочисленных исследований, диаметры и другие морфологические параметры артерий, кровоснабжающих мозг, с возрастом изменяются [Румянцева И.В., 2005; Гладилин Ю.А., 2006; Лабзин В.И. с соавт., 2006; Шишелова О.В. с соавт., 2006; Фомкина О.А., 2006; Горбунов А.В., 2007; Куртусунов Б.Т., 2009; Николенко В.Н. с соавт., 2006, 2009; Маркелова М.В., 2010], однако проявление этой возрастной закономерности у разных артерий неодинаково [Гладилин Ю.А., 2006; Речкалов А.А., 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 А.В., 2007].

Возрастные изменения диаметра внутренних сонных артерий изучены недостаточно. При этом согласно закону Пуазейля, скорость кровотока прямо пропорциональна четвертой степени радиуса сосуда, а это показывает, что среди всех факторов, определяющих скорость кровотока, первостепенное значение имеет диаметр кровеносного сосуда.

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 данным А.В. Горбунова [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.

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 И.В., 2005; Шишелова О.В. с соавт., 2006]. Что представляется маловероятным, так как постнатальная морфологическая дифференцировка артерий продолжается до 12–летнего возраста [В.М. Трошин, 1995]. К тому же диаметр общей сонной артерии увеличивается в этом возрастном диапазоне [Шишелова О.В. с соавт., 2006].

Изучение изменения мозгового кровотока с возрастом проводилось с использованием количественных газоаналитических методов [Raimondi A.J. et al., 1980; Ogawa A. et al., 1989], метода реоэнцефалографии [Яруллин Х.Х., 1983; Безобразова В.Н. с соавт., 2000, 2001, 2002, 2003, 2008; Шарапов А.Н. с соавт., 2009]. 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 A.J. et al., 1980; Ogawa A. 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 В.В. 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 [Мишина Е.Г., 2005]. Следует отметить, что на ранних этапах постнатального онтогенеза (от двух месяцев до 3 лет) происходит увеличение притока крови к головному мозгу [Гурагата с соавт., 1987: Цит по Мишина Е.Г., 2005].

Широкое распространение в оценке мозгового кровообращения получил реоэнцефалографический метод [Яруллин Х.Х., 1983; Поплавская Л.П., 2001; Безобразова В.Н. с соавт., 2000, 2001, 2003, 2008; Т.П. Тананакина с соавт., 2008; Исмаил А., 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 Х.Х., 1983; Безобразова В.Н. 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 значительно увеличивалась, но в меньшей степени – в 1,23 раза. Мозговая гемодинамика в дальнейшем с возрастом уменьшается [Шахнович А.Р. 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 С.Е., 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 Ю.Е. 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 Н.В., 2001; Schebesch К.М. et al., 2004; Yazıcı В. at al., 2005; Albayrak R. et al., 2007; Учкин И.Г. 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].

Из данных, представленных в доступной литературе, не представляется возможным вынести заключение о возрастных изменениях параметров скорости кровотока во внутренних сонных артериях, настолько они носят противоречивый характер. Ряд авторов указывает на снижение показателей линейной скорости кровотока с возрастом [Румянцева И.В., 2005; Смирнов К.В. с соавт., 2001, Сэржээ Д. с соавт., 2003, Sheel P. et al., 2000]. Другие авторы, напротив, указывают на увеличение скоростных показателей кровотока с возрастом [Шишелова О.В. 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. Р. Sheel at al. [2000] отмечают, что линейная систолическая и диастолическая, а также объемная скорость кровотока снижается с возрастом во внутренних сонных артериях. 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.

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 К.В. с соавт., 2001, Yazıcı В.

et al., 2005], другие авторы указывают либо на его снижение [P. Sheel et al., 2000], либо на повышение [Сэржээ Д. с соавт., 2003, Трошин В.Д., 2006, Kalvach P. 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 at al. [2005] не обнаружили статистически значимых изменений индекса сосудистого сопротивления в возрастном промежутке от 20 до 80 лет. P. Sheel at 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.

Реологические свойства крови взрослого человека в процессе онтогенеза претерпевают закономерные изменения, связанные с возрастной инволюцией [Баев В.М. с соавт., 2000, 2001]. В литературе имеются противоречивые данные о возрастных изменениях вязкости крови. 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. При этом в доступной литературе отсутствуют данные о вязкости крови в возрастной промежуток до 18 лет.

Таким образом, в литературе представлены противоречивые данные о возрастных преобразованиях диаметра, скоростных показателей кровотока, индекса сосудистого сопротивления и пульсационного индекса во внутренних сонных артериях.

1.4 Половые особенности диаметра и гемодинамических показателей магистральных артерий головы

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 S.S. et al., 2002; Дейви Э.П. с соавт., 2004; Терещенко С.Н. с соавт., 2005, 2007].

Половые особенности морфологических характеристик магистральных артерий, кровоснабжающих головной мозг рассмотрены в работах Ю.А. Гладилина [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.

Из литературных данных не представляется возможным вынести заключение о половых особенностях скорости кровотока во внутренних сонных артериях. 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.

Анализ литературы показал отсутствие данных, касающихся половых особенностей морфологических параметров внутренних сонных артерий до юношеского периода онтогенеза. Недостаточно данных, касающихся

особенностей гемодинамических параметров внутренних сонных артерий в зависимости от пола на разных этапах постнатального развития. В литературе обнаружены противоречивые данные об изменении объемной скорости кровотока с учетом пола человека.

1.5 Асимметрия магистральных артерий головы

Функциональная асимметрия головного мозга человека была открыта П. Брока в 1861 г., однако причины ее до сих пор не ясны [Александрин В.В. с соавт., 2006]. Различия между полушариями большого мозга – это специфическая особенность человека, которая связана с прямохождением, трудовой деятельностью и речью [Аврунин А.С. с соавт., 2000; Боголепова И.Н. с соавт., 1999, 2004]. Главным направлением в решении этой проблемы является установление ее структурных нейроморфологических основ [Александрин В.В. с соавт., 2006]. При этом большинство работ посвящено, в основном, анализу функциональной межполушарной асимметрии [Мороз М.П. с соавт., 1986; Борисов С.В. с соавт., 2001; Вольф Н.В. с соавт., 2004; Русалова М.Н., 2004; Фокин В.Ф., 2007; Леутин В.П. с соавт., 2007; Холманский А.С., 2009; Петросиенко Е.С., 2011] и лишь в немногих рассматриваются ее морфологические [Ожигова А.П. с соавт., 1992; Сатанова Ф.С. с соавт., 1992; Боголепова И.Н. с соавт., 1999, 2004] и биохимические основы [Червяков А.В. с соавт., 2007; Герасимов И.Г., 2011]. Другим, менее распространенным подходом, является изучение асимметрии мозгового кровообращения у человека и животных [Александрин В.В. 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 А.А., 2006]. Асимметрия показателей человеческого тела связана с фило– и онтогенезом и является биологической закономерностью для всего живого [Речкалов А.А., 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. Гладилина [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 В.О., 2007], позвоночных артерий [Фомкина О.А., 2006; Маркелова М.В., 2009]. При этом имеется незначительное количество исследований, в которых показатели парных сосудов сравнивались с учетом пола [Фомкина О.А., 2006; Маркелова М.В., 2009; Поляев В.О., 2006; Гладилин Ю.А., 2006], в динамике их изменений в разные возрастные периоды [Фомкина О.А., 2006; Гладилин Ю.А., 2006; Лазарян Т.Р. 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 О.А., 2006; Маркелова М.В., 2009], другие – правосторонней асимметрии [Дряпкин В.Я., 1975: Цит. по Фомкина О.А., 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 В.Я., 1975]. Маркелова М.В. [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 В.Н., 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 артерии 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 И.В., 2005; Лазарян Т.Р. с соавт., 2007; Поляев В.О., 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 В.Г. с соавт., 2004; Румянцева И.В., 2005; Королева М.В. с соавт., 2008; Прыгова Ю.А., 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 М.В. с соавт., 2008; Поспелова М.Л., 2011]. Асимметрия кровенаполнения левого и правого полушария может быть обусловлена функциональной асимметрией головного мозга [Животова В.А. с соавт., 2010], а также физиологически – отхождением левой сонной артерии непосредственно от дуги аорты [Королева М.В. с соавт., 2008; Марченко Я.В., 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 И. В., 2005; Логачева И.В. с соавт., 2005; Животова В.А. с соавт., 2010; Прыгова Ю. А., 2012; Sheel P. et al., 2000; Yazıcı B. 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 В.Г. с соавт., 2004; Румянцева И.В., 2005; Королева М.В. с соавт., 2008; Прыгова Ю.А., 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 [В.Г. 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.

Закljučая этот раздел, 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 литературе отсутствуют данные о размерах, возрастных, половых особенностях и диссиметрии экстракраниальной части внутренней сонной артерии в периоды от грудного до юношеского возраста постнатального онтогенеза за исключением нескольких работ [Румянцев И.В., 2005; Шишелова О.В. с соавт., 2006].

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 асимметрии артерии. 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.

Обнаружены противоречивые данные об изменении вязкости крови с возрастом [Jung F. с соавт., 1986; Баев В.М. с соавт., 2000, 2001; Коркушко О.В. с соавт., 2007]. Отсутствуют данные о вязкости крови от периода раннего детства до юношеского возраста. Обычно в справочниках [Исследование системы крови..., 1997], статьях [Манак Н.А. с соавт., 2004; Соболева Г.Н., 2008] приводятся данные вязкости без учета пола. Авторы многих исследований при расчетах напряжения сдвига используют усредненное значение вязкости крови 0,05 Пз [Трисветова Е.Л. с соавт., 2007; Суворова И.А. с соавт., 2008; Мельникова Л.В., 2009; Коптев В.Д., 2011; Корякин А.М. с соавт., 2011].

Несмотря на достаточно большое количество исследований, касающихся возрастных изменений диаметра и гемодинамических параметров внутренних сонных артерий, авторы зачастую исследовали группы испытуемых, объединенных по возрасту и полу, либо группировали испытуемых на основании возрастных промежутков в 5 и 10 лет. Результаты таких исследований трудно сопоставимы друг с другом. В настоящее время предложено много схем деления на возрастные периоды постнатального развития человека. В нашей стране общепринятой является схема возрастной периодизации, рекомендованная симпозиумом по проблеме возрастной

периодизации в Москве (1965), созванном Институтом физиологии детей и подростков АПН СССР [Аршавский И.А., 1975]. Процесс развития можно представить в виде ветви параболы, на которой трудно вычленишь отдельные отрезки, соответствующие возрастным периодам онтогенеза. Тем не менее, под периодом понимают отрезок времени онтогенеза, в пределах которого физиологические проявления жизнедеятельности являются более или менее однородными [Аршавский И. А., 1975].

Остается неясным, как изменяются диаметр, гемодинамические показатели внутренних сонных артерий в диапазоне от детского до пожилого возраста *in situ*. Как проявляют себя эти показатели с учетом пола и асимметрии артерии. Данные о напряжении сдвига во внутренних сонных артериях единичны и исследованы в условиях патологии. Отсутствуют данные, касающиеся значений числа Рейнольдса во внутренних сонных артериях.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Автор освоил методику дуплексного сканирования экстракраниальной части внутренних сонных артерий и провел самостоятельно 30% объема исследования. Ультразвуковые исследования внутренних сонных артерий выполнены совместно с врачом высшей категории Ю.Ю. Скоробогатовым на базе ООО ПКД «Здоровье» г. Барнаул. Нами проведен анализ 647 протоколов ультразвукового обследования пациентов женского и мужского пола, не имевших сосудистой патологии. Данные были сгруппированы по возрастным периодам с учетом пола в соответствии со «Схемой возрастной периодизации онтогенеза человека», принятой на VII Всесоюзной конференции по проблемам возрастной морфологии, физиологии и биохимии АПН СССР (Москва, 1965). Эта схема, в основе которой лежат морфофункциональные и психологические критерии, охватывает весь постнатальный онтогенез человека:

- новорожденный возраст – 1–10 дней;
- грудной возраст – 10 дней – 1 год;
- раннее детство – 1–3 года;
- первое детство – 4 года – 7 лет;
- второе детство – 8–12 лет мальчики, 8–11 лет девочки;
- подростковый возраст – 13–16 лет мальчики, 12–15 лет девочки;
- юношеский возраст – 17–21 год юноши, 16–20 лет девушки;
- зрелый возраст: I период – 22–35 лет мужчины, 21–35 лет женщины,
II период – 36–60 лет мужчины, 35–55 лет женщины;
- пожилой возраст – 61–74 года мужчины, 56–74 года женщины;
- старческий возраст – 75–90 лет мужчины и женщины;
- долгожители – 90 лет и выше.

В нашем исследовании охвачен возрастной диапазон от периода раннего детства до пожилого возраста включительно. Количество лиц в каждом изучаемом возрастном периоде и общее число обследованных представлено в таблице 1.

Таблица 1

Распределение лиц, обследованных методом ультразвукового дуплексного сканирования, по возрастным периодам с учетом пола

ВОЗРАСТНОЙ ПЕРИОД	КОЛИЧЕСТВО ОБСЛЕДОВАННЫХ ЛИЦ		
	МУЖСКОЙ ПОЛ	ЖЕНСКИЙ ПОЛ	
раннее детство	27	18	
первое детство	50	43	
второе детство	50	50	
подростковый	31	36	
юношеский	50	37	
зрелый	первый период	46	50
	второй период	50	50
пожилой	9	50	
Общее число в половой группе	313	334	
Всего обследованных лиц	647		

В соответствии с целями и задачами исследования проведено измерение вязкости крови на базе Алтайской краевой детской клинической больницы г. Барнаул и Диагностического центра Алтайского края г. Барнаул, у лиц женского и мужского пола, проходивших диспансерный осмотр, относящихся к группе здоровых лиц и имевших лабораторные показатели общего клинического анализа крови в пределах нормы. Критериями включения в группу испытуемых являлись: возраст от 1 года до 75 лет,

информированное согласие совершеннолетних участников и представителей несовершеннолетних участников на участие в исследовании. Количество лиц в каждом изучаемом возрастном периоде и общее число обследованных представлено в таблице 2.

Таблица 2

Распределение испытуемых по возрастным периодам с учетом пола для определения вязкости крови

ВОЗРАСТНОЙ ПЕРИОД		КОЛИЧЕСТВО ОБСЛЕДОВАННЫХ ЛИЦ	
		МУЖСКОЙ ПОЛ	ЖЕНСКИЙ ПОЛ
раннее детство		15	15
первое детство		15	15
второе детство		20	25
подростковый		25	25
юношеский		25	25
зрелый	первый период	35	65
	второй период	65	68
пожилой		30	31
Общее число в половой группе		230	269
Всего обследованных лиц		499	

Ультразвуковое исследование внутренних сонных артерий осуществлялось по стандартной методике на сканере Medison SonoAce-8000 с использованием различных режимов сканирования: режима двумерной серошкальной эхографии (В-режим), цветового доплеровского кодирования (СДК-режим) и импульсного доплеровского режима (D-режим). Исследование проводится линейным датчиком 5–9 МГц. Датчик располагается над яремной вырезкой параллельно внутреннему краю грудиноключичнососцевидной мышцы. Изменяя наклон датчика к

поверхности шеи, добивается отчетливая визуализация устья общей сонной артерии. Датчик проводится за угол нижней челюсти, где лоцируется синус общей сонной артерии и ее бифуркация, далее поворачивается в латеральном направлении для визуализации внутренней сонной артерии. Для получения наиболее полной информации о дистальном отделе общей сонной артерии, ее бифуркации и об истоке и синусе внутренней сонной артерии проводится сканирование из заднебокового доступа. Для этого датчик располагается вдоль заднего края грудиноключичнососцевидной мышцы, продвигается снизу вверх по направлению к сосцевидному отростку, что позволяет лучше визуализировать бифуркацию общей сонной артерии и дистальный участок внутренней сонной артерии [Ультразвуковая диагностика сосудистых..., 2007]. С обеих сторон измерялся диаметр внутренней сонной артерии на 1 см дистальнее каротидной бифуркации в В–режиме, в D–режиме измерялись количественные показатели доплерограммы – линейная систолическая (V_{ps}) и диастолическая скорость кровотока (V_{ed}), индекс сосудистого сопротивления (RI).

Дополнительно к полученным во время ультразвукового обследования количественным показателям кровотока были рассчитаны такие показатели как пульсационный индекс (PI) (формула 1), систоло-диастолическое отношение ($СДК$) (формула 3), средняя линейная скорость кровотока (V_m) (формула 2), объемная скорость кровотока (Q) (формула 4, 6), напряжение сдвига (τ) (формула 7) и число Рейнольдса (Re) (формула 8).

Индекс сосудистого сопротивления (RI) и пульсационный индекс (PI) позволяют косвенно судить о величине сосудистого сопротивления. Пульсационный индекс более точно отражает состояние сосудистого сопротивления, так как в формулу его вычисления введена усредненная скорость. Внутренние сонные артерии относятся к артериям с низким сосудистым сопротивлением [Ультразвуковая диагностика сосудистых...,

2007; Ушакова Л.Ю., 2009], поэтому пульсационный индекс вычисляли по формуле:

$$PI=(V_{ps}-V_{ed})/V_m, \quad (1)$$

где V_m – средняя скорость кровотока, V_{ps} – линейная систолическая скорость кровотока, V_{ed} – линейная диастолическая скорость кровотока [Спиридонов А.А. с соавт., 2002; Росин Ю.А., 2006].

Средняя скорость кровотока была рассчитана по формуле:

$$V_m = (V_{ps}+2V_{ed})/3, \quad (2)$$

где V_m – средняя скорость кровотока за сердечный цикл, V_{ps} – линейная систолическая скорость кровотока, V_{ed} – линейная диастолическая скорость кровотока [Росин Ю.А., 2006].

Систолю–диастолическое отношение вычисляли по формуле, предложенной для расчета этого показателя в артериях с низким периферическим сопротивлением, как отношение величины пиковой систолической скорости кровотока к конечной диастолической скорости:

$$СДК=V_{ps}/V_{ed}, \quad (3)$$

где V_{ps} – пиковая систолическая скорость кровотока, V_{ed} – конечная диастолическая скорость кровотока.

Систолю–диастолическое отношение является косвенной характеристикой состояния сосудистой стенки, в частности ее эластических свойств [Клиническое руководство по ультразвуковой ...,1996], а также характеризует периферическое сопротивление [Лелюк В.Г. с соавт., 2003].

На основании данных о диаметре и средней линейной скорости мы рассчитали объемную скорость кровотока как произведение площади поперечного сечения сосуда на среднюю скорость кровотока и на величину пульсационного индекса [Клиническое руководство по ультразвуковой ...,1996]:

$$Q=\pi r^2*V_m*PI, \quad (4)$$

где Q – объемная скорость кровотока, r – внутренний радиус артерии, V_m – средняя скорость кровотока, PI – пульсационный индекс.

В ходе исследования визуализировали наружный диаметр внутренних сонных артерий. Согласно клиническим рекомендациям европейского общества кардиологов – 2007 [2008] толщина слоя интима-медия в норме в сонных артериях не должна превышать 0,9 мм. Для артерий эластического типа показатель W/L (отношение стенки/просвет) в норме равно не более 0,2, для артерий мышечного типа показатель W/L (отношение стенки/просвет) – 0,3 [Агафонов А.В., 2007]. Так как внутренние сонные артерии относятся к смешанному типу, справедливо предположить, что W/L (отношение стенки/просвет) в норме для таких артерий равно не более 0,25. Взяв во внимание факты, что контингент наших испытуемых принадлежал к группе здоровых лиц и величину W/L во внутренних сонных артериях, можно рассчитать внутренний диаметр внутренних сонных артерий, который будет равен:

$$D_{in}=D_{out} * (1 - W/L) \quad (5)$$

где D_{in} – внутренний радиус артерии, D_{out} – наружный радиус артерии, то формула 4 принимает вид:

$$Q=\pi*(D_{in}/2)^2*V_m*PI \quad (6)$$

где π – математическая константа (число Пи), D_{in} – внутренний радиус артерии, V_m – средняя линейная скорость кровотока, PI – пульсационный индекс.

Пульсационный индекс вводится в формулу для оценки изменения диаметра сосуда между фазой систолы и фазой диастолы. Значение объемной скорости позволяет судить об истинном кровоснабжении того или иного органа [Клиническое руководство по ультразвуковой..., 1996].

Величину напряжения сдвига вычисляли, используя среднестатистические показатели вязкости крови в изученных возрастных группах по формуле:

$$\tau = 4\eta * V/D_{in} \quad (7)$$

где η – вязкость крови, V_m – средняя линейная скорость потока, D_{in} – внутренний диаметр сосуда.

Для оценки характера течения крови в шейной части внутренних сонных артерий рассчитали число Рейнольдса по формуле:

$$Re = D_{in} * V_m * \rho / \eta \quad (8)$$

где D_{in} – внутренний диаметр сосуда, V_m – средняя линейная скорость кровотока, ρ – плотность жидкости (плотность крови составляет 1060 кг/м^3), η – вязкость крови.

Вязкость крови определялась методом Гесса при помощи медицинского капиллярного вискозиметра ВК–4 в стандартных условиях. Кровь забиралась из вены локтевой области, в некоторых случаях – из более мелких вен предплечья, кисти. Объем крови, которую использовали для исследования вязкости крови, составлял 1 мл.

Вискозиметр ВК-4 представляет собой капиллярный вискозиметр, предназначенный для измерения коэффициента вязкости крови и рассчитанный на очень небольшое количество жидкости, и состоит из двух градуированных пипеток, укрепленных на общей подставке [Парфенов А.С. с сосавт., 1994]. Внутри пипеток проходят капилляры строго одинаковых диаметров. Одна из пипеток снабжена краном. После того как в эту пипетку набрана вода, служащая эталонной жидкостью, кран закрывается, что позволяет набрать исследуемую жидкость во вторую пипетку, не изменяя уровень набранной воды. Обе пипетки соединены с тройником, от которого идет резиновая трубка со стеклянным стерильным наконечником. Причиной того, что для протекания жидкости или газа через трубку требуется

некоторая разность давления, является внутреннее трение [Парфенов А.С. с соавт., 1994].

Принцип действия вискозиметра ВК-4 основан на том, что скорость продвижения разных жидкостей в капиллярах с одинаковым сечением при разных температурах и давлениях зависит от вязкости этих жидкостей. Если в наконечнике вискозиметра ВК-4 создать разрежение, то при равных температурах за равные промежутки времени через капилляры равного сечения под действием одинаковой разности давлений жидкости с равными объемами, пройдут пути, обратно пропорциональные их вязкости [Парфенов А.С. с соавт., 1994].

Определение коэффициента вязкости крови состоит в следующем: в капилляры вискозиметра набирается до отметки «нуль» в один – вода, а в другой – кровь. Для того чтобы набрать жидкость в капилляр вискозиметра нужно: открыть кран (создать разрежение с помощью груши или ртом), осторожно всасывать дистиллированную воду. Для этого набираемая жидкость к капилляру подносится в изогнутой стеклянной трубке; затем с помощью другой изогнутой трубки в капилляр набрать исследуемую жидкость до «нуля»; открыть кран и энергично, но осторожно создать разрежение в обоих капиллярах, когда исследуемая жидкость дойдет до метки «один», прекратить втягивание. За это же время вода пройдет больший путь. Посмотреть до какой метки дошла вода, и записать относительный коэффициент вязкости [Парфенов А.С. с соавт., 1994].

Все данные в работе представлены в виде среднего (\bar{X}), 95% доверительного интервала (ДИ), который охватывает диапазон значений, охваченный двумя стандартными ошибками среднего сверху и снизу от среднего выборочного значения [Ланг Т.А. с соавт., 2011].

В ходе обработки результатов применили одновыборочный критерий Колмогорова–Смирнова, с помощью которого определяли нормальность

распределения выборки. В ходе исследования получены средние значения гемодинамических параметров внутренних сонных артерий и вязкости крови, характер распределения которых соответствовал нормальному типу. Для сравнения средних величин двух групп с нормальным распределением применяли расчет критерия t Стьюдента. [Наследов А.Д., 2007].

Для изучения диапазона анатомической нормы за среднюю величину признака принимали диапазон варьирования $M \pm 1 SD$; лежащие в пределах $M \pm 2 SD$ – отклоняющимися от средней величины; лежащие за пределами $2 SD$ – резко отклоняющимися от средней величины (таблица 5, 6, 7, 8 приложения). Таким образом, чем ближе анатомический вариант к крайним значениям нормального вариационного ряда ($M \pm 2-3 SD$), тем дальше он отдален от нормы и приближен к аномалиям [Каминский Л.С., 1959; Беков Д.Б., 1988; 1991].

Статистическая обработка материала осуществлялась с использованием программных продуктов SPSS 20.0 фирмы IBM for Windows.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

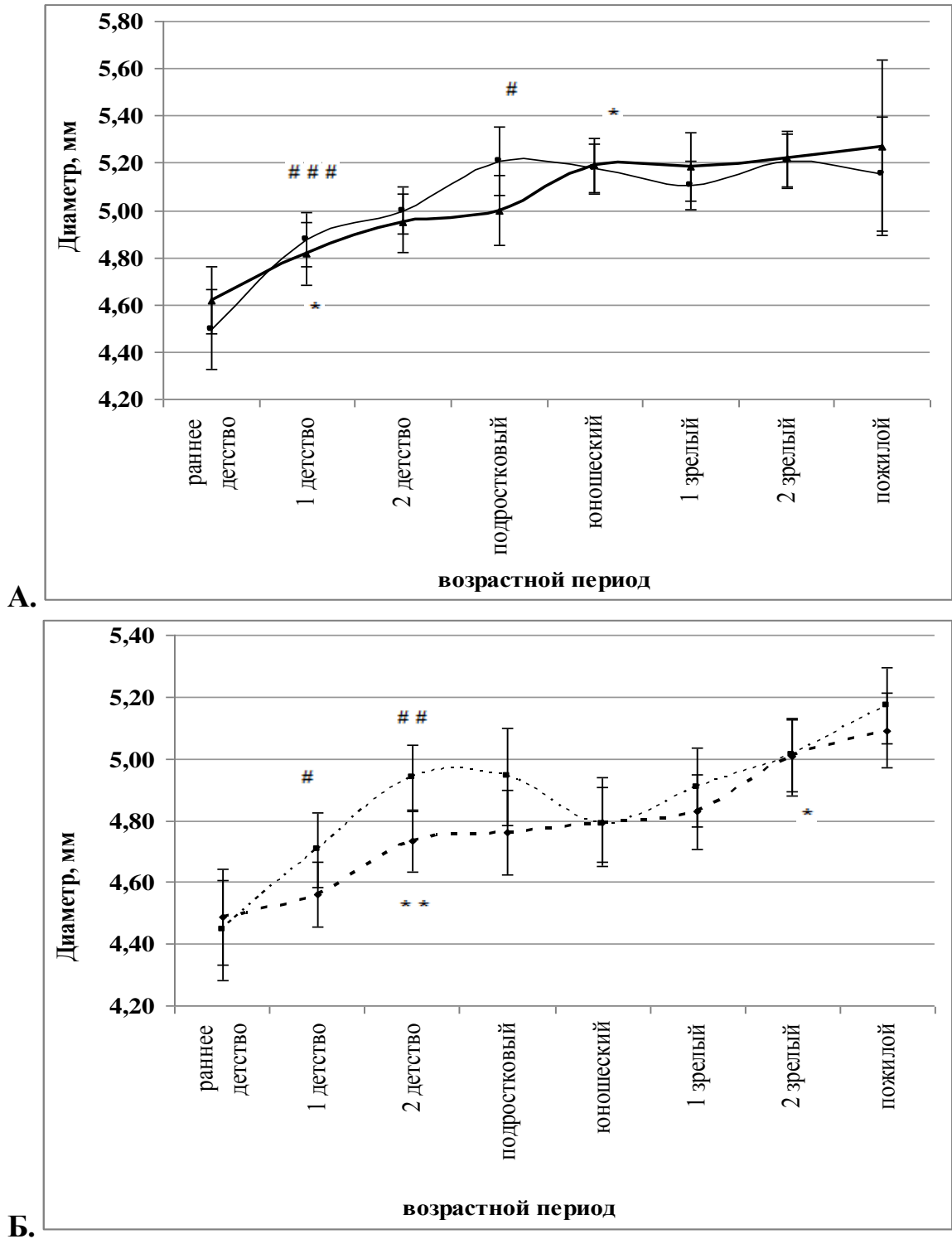
3.1 Диаметр внутренних сонных артерий

3.1.1 Возрастная динамика диаметра внутренних сонных артерий

Нами установлено, что диаметр внутренних сонных артерий (ВСА) достигает уровня дефинитивных значений асинхронно в зависимости от пола и асимметрии артерии (рис.1). Диаметр левой внутренней сонной артерии (ЛВСА) достигает уровня взрослых значений к периоду второго детства у лиц женского пола, к подростковому возрасту у лиц мужского пола. Диаметр правой внутренней сонной артерии (ПВСА) достигает уровня дефинитивных значений к юношескому периоду независимо от пола. В целом диаметр ВСА прогрессивно увеличивается с возрастом от периода раннего детства до пожилого возраста включительно.

У лиц мужского пола диаметр ЛВСА и ПВСА (рис.1) статистически значимо увеличивается от раннего детства до первого детства (темп прироста (ТП)=7,79%, $p=0,000$ в ЛВСА, ТП=4,06%, $p=0,049$ в ПВСА). В ЛВСА диаметр достигает уровня дефинитивных значений к подростковому возрасту ($p=0,021$), а в ПВСА к юношескому периоду ($p=0,046$). Далее как в ЛВСА, так и в ПВСА показатель относительно стабилен до пожилого возраста.

У лиц женского пола диаметр ЛВСА достигает уровня дефинитивных значений к периоду второго детства (рис. 1), увеличиваясь от раннего детства на 9,99%, ($p=0,000$). Диаметр ПВСА статистически значимо возрастает к периоду второго детства (ТП=5,17%, $p=0,014$), незначительно увеличивается (ТП=0,70%) к юношескому возрасту, достигая уровня дефинитивных



Статистически значимые отличия между показателями возрастных периодов:
 для ПВСА* – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$;
 для ЛВСА # – $p < 0,05$; ## – $p < 0,01$; ### – $p < 0,001$

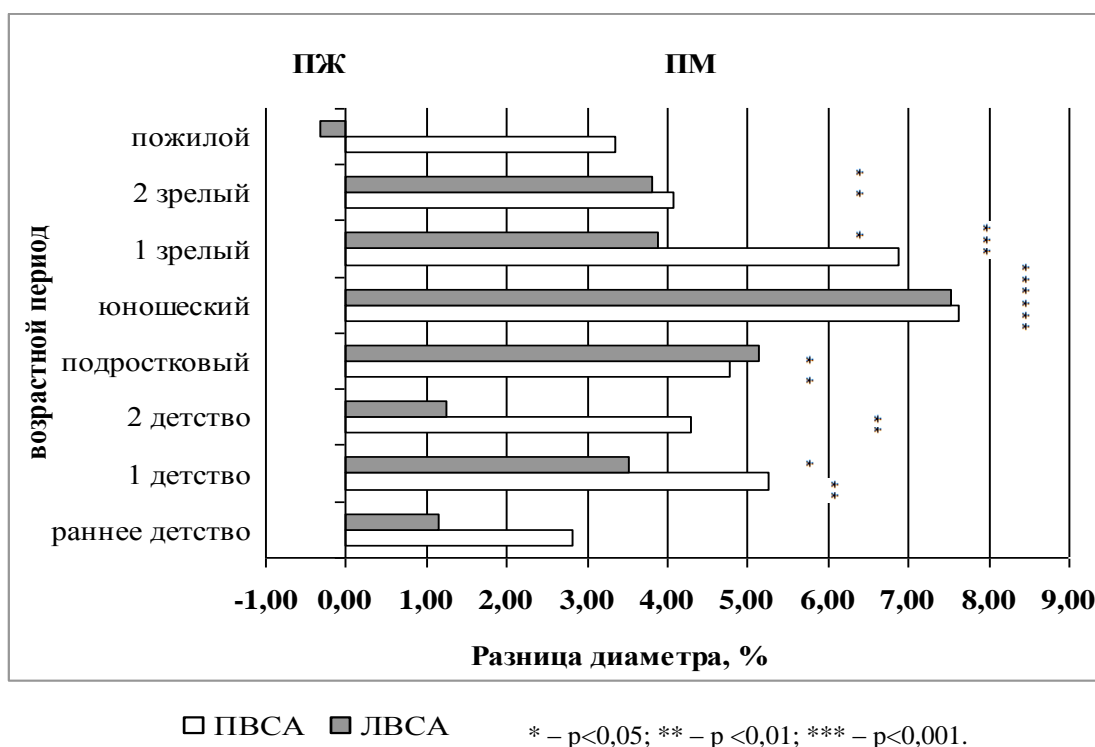
Рис. 1. Возрастные особенности диаметра шейной части внутренних сонных артерий у лиц мужского (А) и женского пола (Б) ($M \pm 2m$).

значений, стабилизируется до периода первого зрелого возраста, далее статистически значимо возрастает к пожилому периоду в среднем на 5,49% (ТП), ($p=0,002$) в обеих артериях.

3.1.2 Половые различия диаметра внутренних сонных артерий

Выявлено, что значения диаметра ВСА у лиц мужского пола выше, чем у лиц женского пола в течение всех исследуемых периодов постнатального онтогенеза (рис. 1; рис. 2).

Статистически значимые половые различия диаметра (рис. 1) ПВСА наблюдаются в периодах первого и второго детства ($p=0,003$ и $p=0,010$, рис.1), подростковом возрасте ($p=0,021$, рис.1, рис.2), юношеском периоде ($p=0,000$, рис.1, рис.2), первом и втором периоде зрелого возраста ($p=0,000$ и $p=0,017$, рис.1, рис.2).



«ПЖ» – преобладание у лиц женского пола; «ПМ» – преобладание у лиц мужского пола.

Рис. 2. Половые различия диаметра ПВСА и ЛВСА в различные возрастные периоды, выраженные в процентах.

Половые различия диаметра ЛВСА (рис. 1, рис. 2) статистически значимо выявлены в периоде первого детства ($p=0,044$, рис.2), подростковом периоде ($p=0,015$), юношеском возрасте ($p=0,000$, рис.2), первом и втором периоде зрелого возраста ($p=0,017$ и $p=0,017$, рис. 1, рис. 2).

В целом половые различия в диаметрах наиболее проявляются в ПВСА по сравнению с ЛВСА. Разница в диаметре ПВСА у лиц женского и мужского пола увеличивается от периода раннего детства (2,81%) к юношескому возрасту (7,62%), остается максимальной в первом периоде зрелого возраста (6,88%), снижается ко второму периоду зрелого возраста и пожилому периоду (4,06% и 3,36 %) (рис. 2).

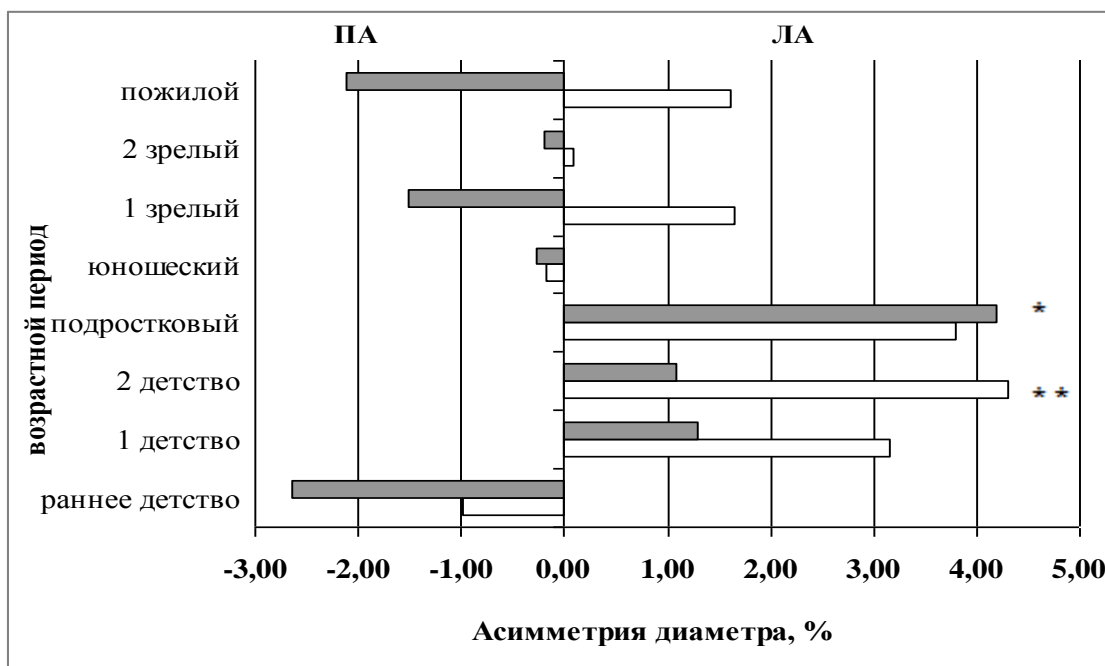
3.1.3 Асимметрия диаметра внутренних сонных артерий

Для артерий, участвующих преимущественно в обеспечении церебральной циркуляции, высокую информативность имеет оценка асимметрии [Лелюк В.Г. с соавт., 2003]. Как и все парные образования человеческого тела, количественные параметры артерий головного мозга в значительной мере различаются между собой по полушариям, а также различны у лиц мужского и женского пола [Низамов Ф.Х. с соавт., 2006].

В нашем исследовании у лиц женского пола выявлена асимметрия диаметров ВСА во втором детстве. Отмечено, что в указанном периоде диаметр ЛВСА статистически значимо выше, чем диаметр ПВСА ($p=0,007$) (рис. 3). У лиц мужского пола диаметр ЛВСА статистически значимо выше диаметра ПВСА в подростковом периоде ($p=0,047$) (рис. 3).

На рисунке 4 представлены абсолютные значения процентного распределения лиц с левосторонней асимметрией, правосторонней асимметрией и отсутствием асимметрии лиц женского пола (А) и лиц

мужского пола (Б) по показателю диаметра внутренних сонных артерий в зависимости от возраста.



□ лица женского пола ■ лица мужского пола * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$

ПА – правосторонняя асимметрия; ЛА – левосторонняя асимметрия

Рис. 3. Асимметрия диаметра внутренних сонных артерий у лиц мужского и женского пола.

Процентное распределение лиц с различной асимметрией показало, что среди лиц обоего пола приблизительно в равной мере встречаются испытуемые, как с левосторонней, так и с правосторонней асимметрией (рис. 4). У лиц женского пола (рис. 4А) выявлено наибольшее количество лиц с левосторонней асимметрией в периоды первого детства ($p=0,037$), второго детства ($p=0,026$). Эти данные согласуются с данными, представленными на рис. 1, из которого видно, что диаметр ЛВСА выше в периоде второго детского возраста ($p=0,000$). У лиц мужского пола (рис. 4Б) наибольшее количество лиц с левосторонней асимметрией отмечается в подростковом возрасте ($p=0,041$).

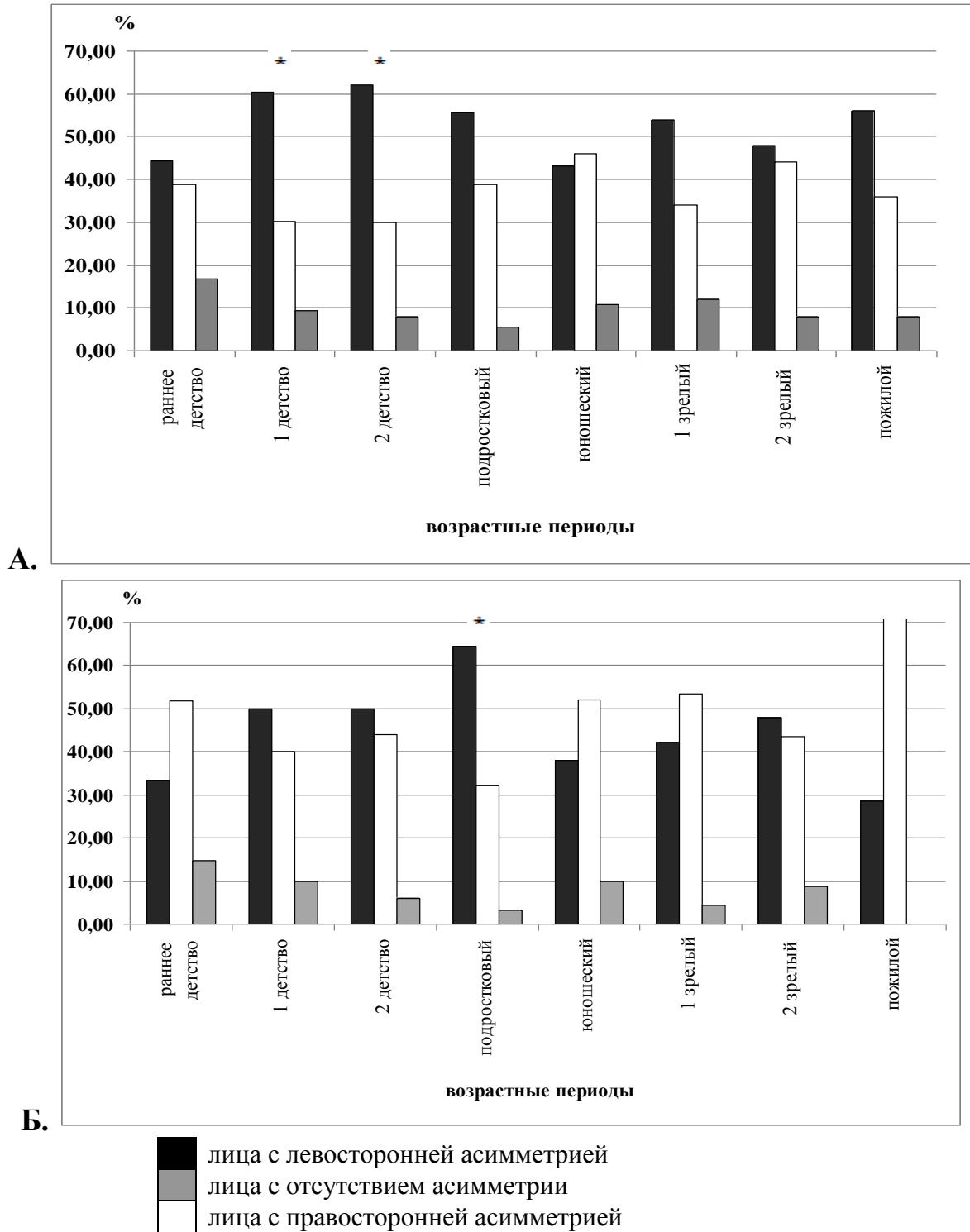


Рис. 4. Возрастная динамика представленности лиц (в %) с левосторонней асимметрией, правосторонней асимметрией и отсутствием асимметрии по показателю диаметра шейного отдела экстракраниальной части внутренних сонных артерий у лиц женского (А) и мужского пола (Б).

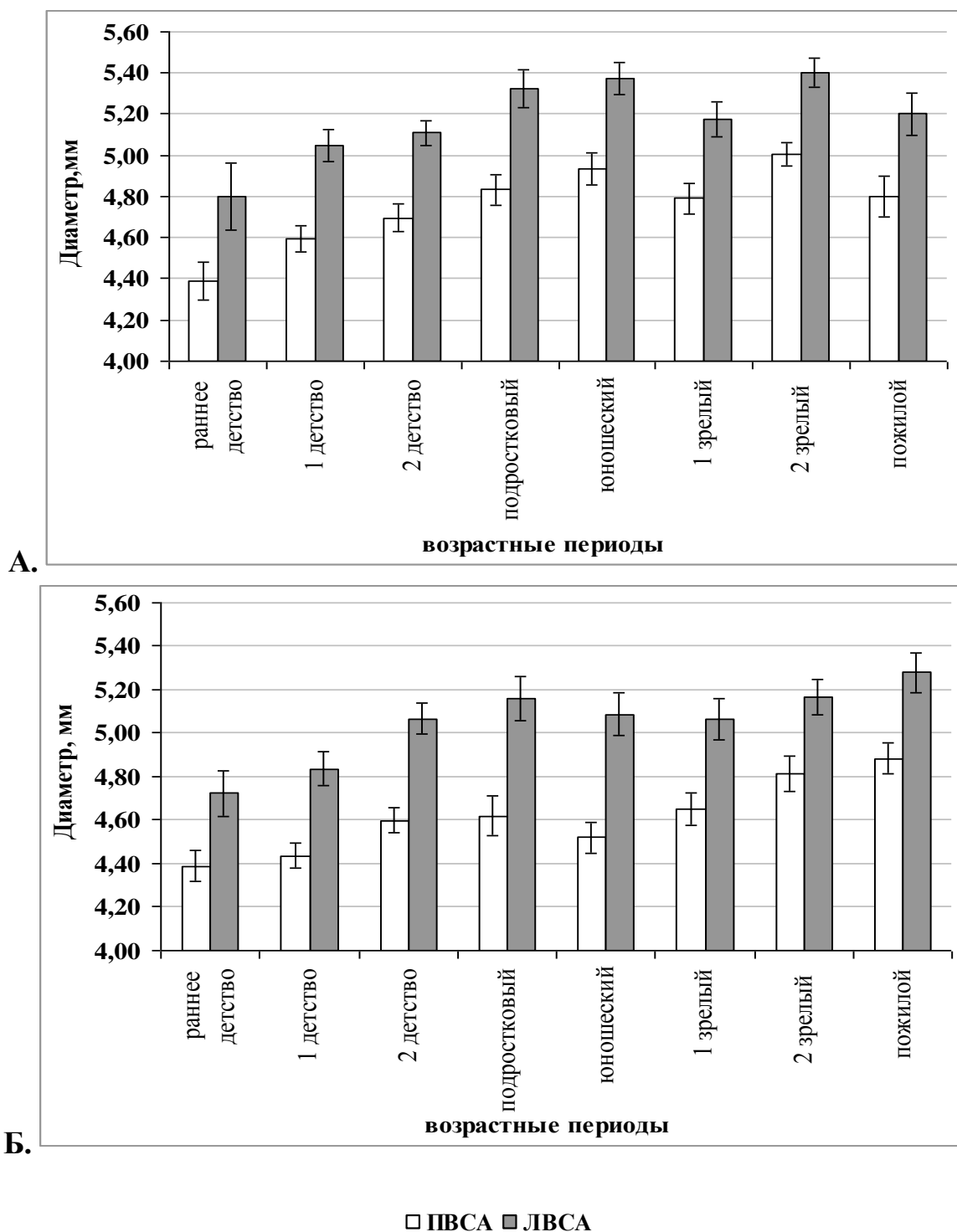


Рис. 5. Возрастные особенности асимметрии диаметра экстракраниальной части внутренних сонных артерий у лиц мужского пола (А) и женского (Б) при левосторонней асимметрии.

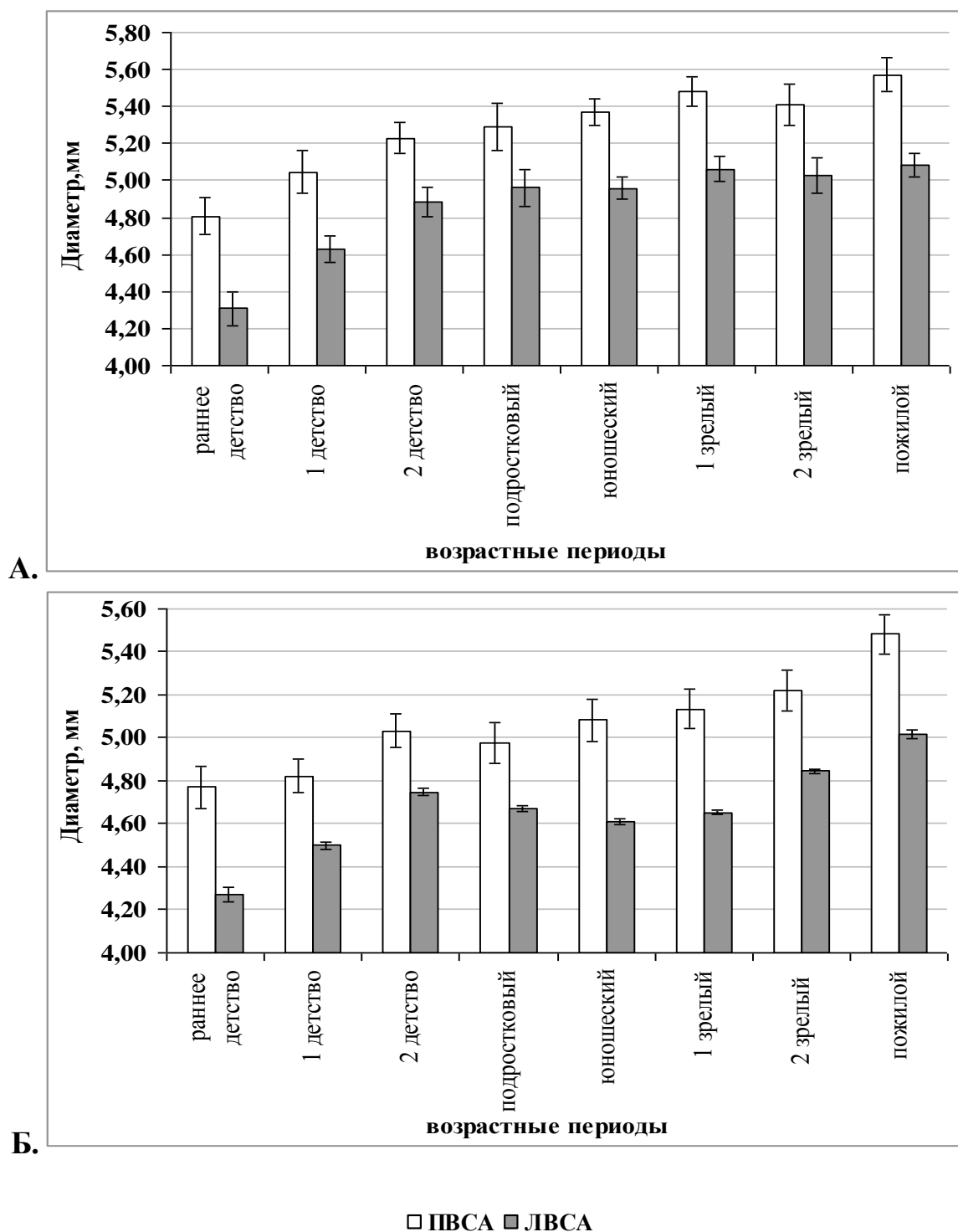


Рис. 6. Возрастные особенности асимметрии диаметра экстракраниальной части внутренних сонных артерий у лиц мужского пола (А) и женского (Б) при правосторонней асимметрии.

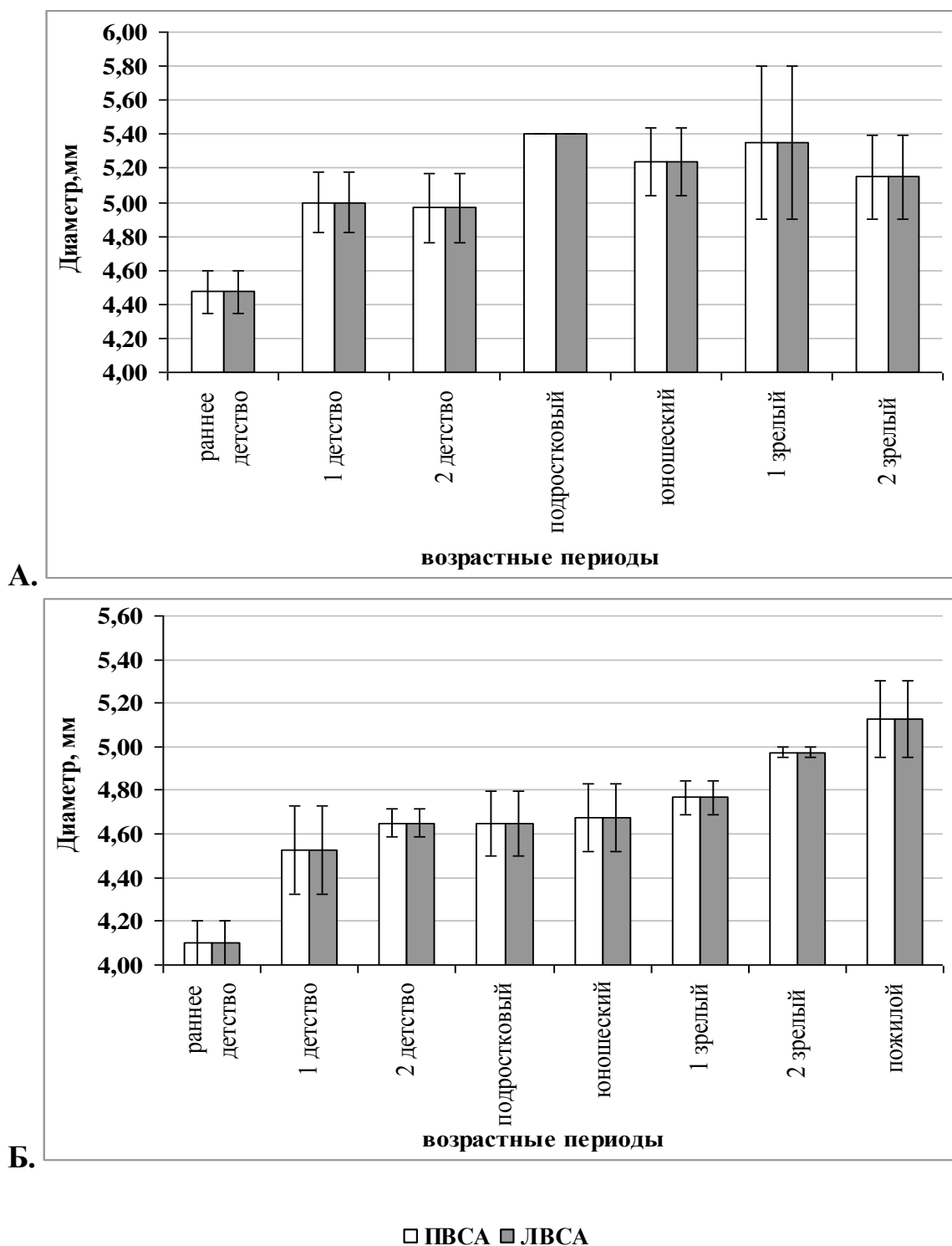


Рис. 7. Возрастные особенности асимметрии диаметра экстракраниальной части внутренних сонных артерий у лиц мужского пола (А) и женского (Б) при отсутствии асимметрии.

Для лиц с правосторонней асимметрией наблюдается противоположная картина. Число лиц с отсутствием асимметрии прогрессивно снижается от раннего детства к подростковому периоду, незначительно увеличивается к юношескому периоду и остается относительно стабильным до второго периода зрелого возраста, далее снижается.

Динамика числа лиц мужского пола с левосторонней и правосторонней асимметрией в постнатальном онтогенезе согласуется с динамикой диаметра соответствующей артерии (рис. 1). Возрастная динамика диаметра внутренних сонных артерий в группах с левосторонней, правосторонней асимметрией и отсутствием асимметрии представлена на рисунках 5, 6, 7.

Доминирующая артерия у лиц обоего пола в группах с левосторонней и правосторонней асимметрией имеет сравнительно одинаковый диаметр (рис. 5, 6). Диаметр не доминирующей артерии во всех возрастных группах в среднем приблизительно ниже на 8% (рис. 5, 6).

3.2 Гемодинамические параметры внутренних сонных артерий

3.2.1 Возрастные изменения сосудистого сопротивления во внутренних сонных артериях

Сопротивление в бассейне ВСА снижается к периоду второго детства по сравнению с предыдущими возрастными периодами, возрастает к подростковому возрасту, затем стабилизируется, снижается у лиц женского пола к первому зрелому, а у лиц мужского пола ко второму зрелому возрасту (рис. 8 А, Б; рис. 9 А, Б; рис. 10 А, Б). Сосудистое сопротивление в бассейне ВСА увеличивается к пожилому возрасту у представителей обоего пола (рис. 8 А, Б; рис. 9 А, Б; рис. 10 А, Б).

Повышение величин пульсационного индекса (PI) и индекса сосудистого сопротивления (RI) наблюдается при различных формах стено-

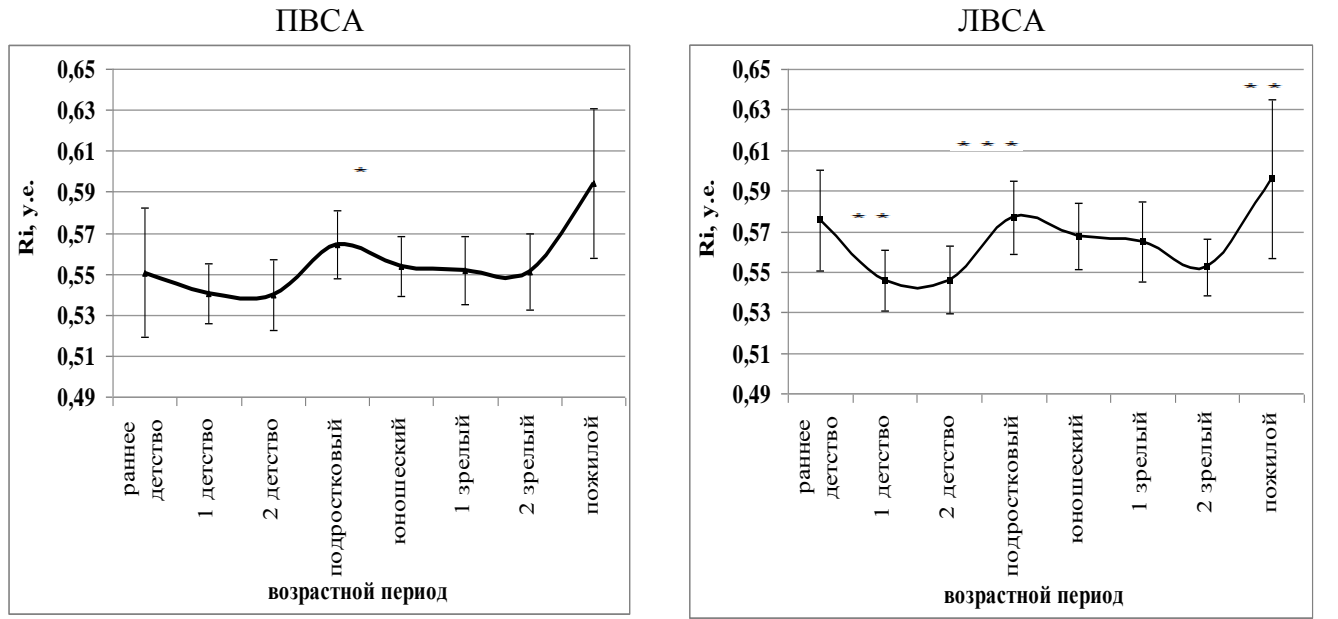
окклюзирующей патологии, а также при вазоспастических реакциях [Клиническое руководство по ультразвуковой..., 1996]. Как видно из рисунков 8 А, Б, 9 А, Б, 10 А, Б, исследуемые показатели – индекс сосудистого сопротивления (RI), пульсационный индекс (PI) и систоло-диастолическое отношение (СДК) имеют сходные динамики изменения с возрастом, при этом показатели аналогично меняются у представителей одного пола и в соответствующей артерии. Но при этом каждый показатель имеет свои особенности.

Обнаружено, что возрастная динамика индекса сосудистого сопротивления имеет асинхронный волнообразный характер. Индекс сосудистого сопротивления (рис. 8 А) у лиц мужского пола в ЛВСА прогрессивно снижается от периода раннего детства к первому детству ($p=0,004$), затем линейно увеличивается к подростковому периоду ($p=0,001$).

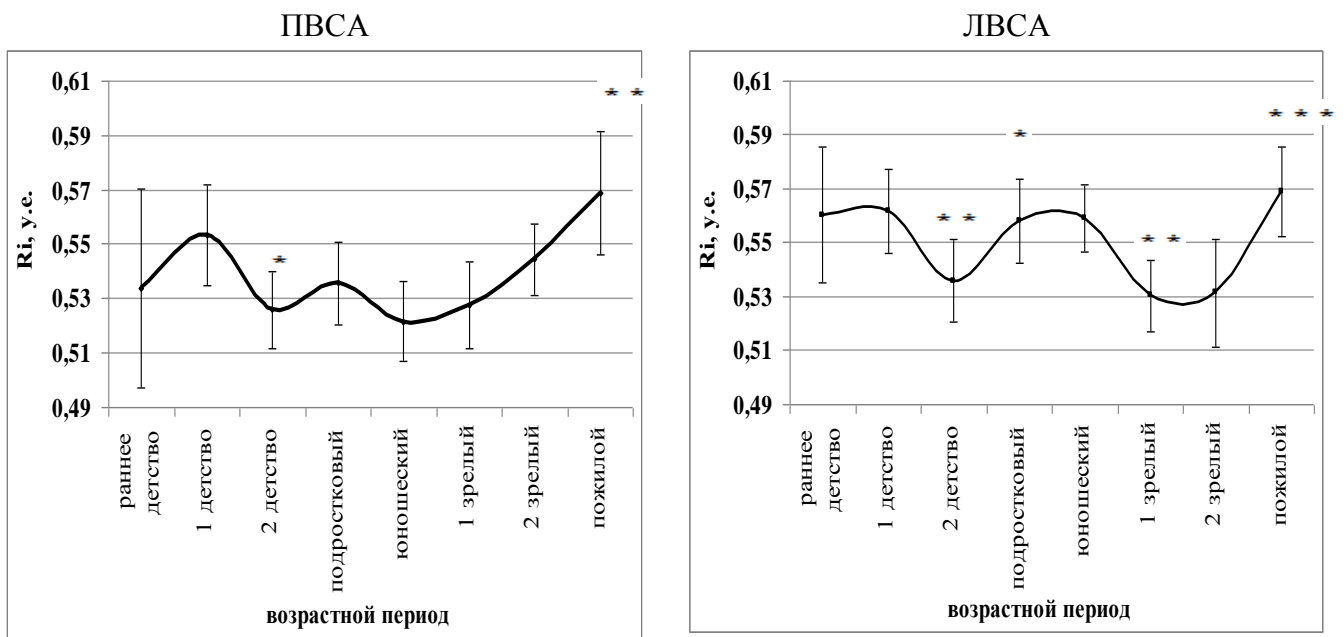
В ПВСА индекс сосудистого сопротивления относительно стабилен до периода второго детства, затем линейно увеличивается к подростковому периоду ($p=0,036$).

После подросткового периода в обеих артериях отмечается относительно стабильный период с тенденцией к снижению показателя до второго периода зрелого возраста. Далее индекс сосудистого сопротивления в ПВСА увеличивается на уровне тенденции ($p=0,08$), а в ЛВСА – статистически значимо увеличивается к пожилому периоду ($p=0,003$) (рис. 8 А).

У лиц женского пола зависимость индекса сосудистого сопротивления от возраста (рис. 8 Б) также носит нелинейный характер. Периоды спада показателя отмечаются в возрасте от первого детства ко второму детству в ЛВСА ($p=0,023$) и в ПВСА ($p=0,019$), от юношеского периода до первого периода зрелого возраста в ЛВСА ($p=0,008$). Увеличение индекса



А.



Б.

Статистически значимые отличия между показателями возрастных периодов:

для * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$

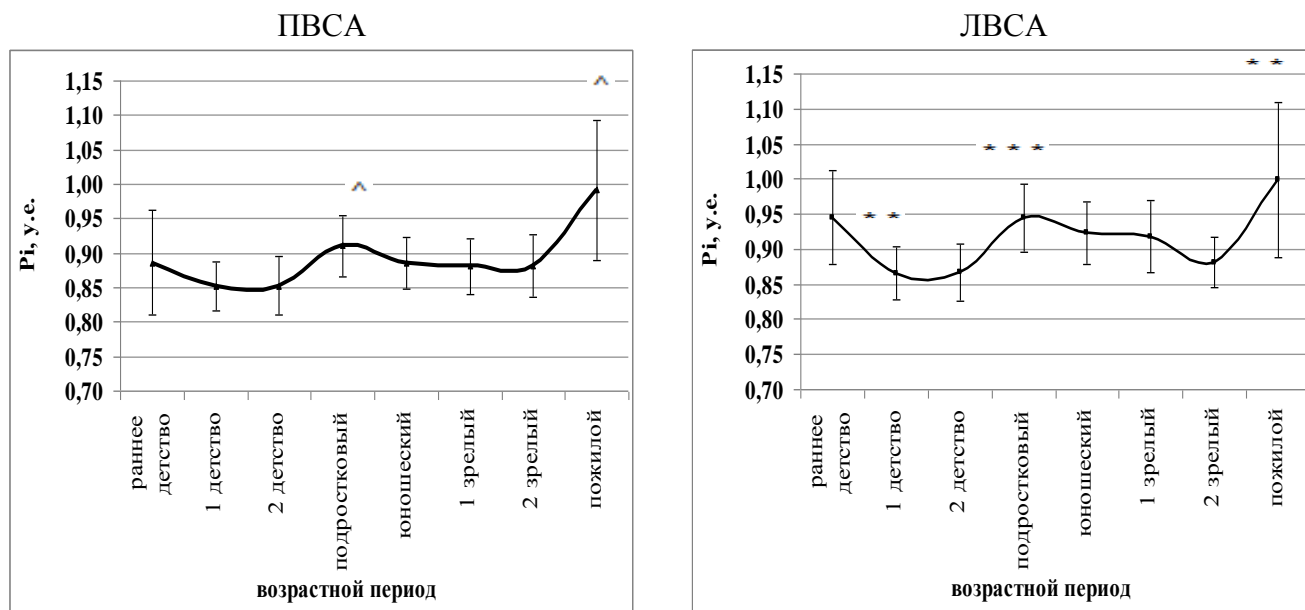
Рис. 8. Изменения индекса сосудистого сопротивления шейной части правой (ПВСА) и левой (ЛВСА) внутренних сонных артерий у лиц мужского (А) и женского (Б) пола в разные возрастные периоды ($M \pm 2m$).

сосудистого сопротивления отмечается как в ПВСА, так и в ЛВСА в периоды от раннего детства до первого детства, от второго детства до подросткового периода в ПВСА (рис. 8 Б). Показатель статистически значимо увеличивается от второго детства до подросткового периода ($p=0,046$) в ЛВСА, как в ЛВСА, так и в ПВСА от первого периода зрелого возраста к пожилому периоду ($p=0,004$ и $p=0,001$ соответственно) (рис. 8 Б).

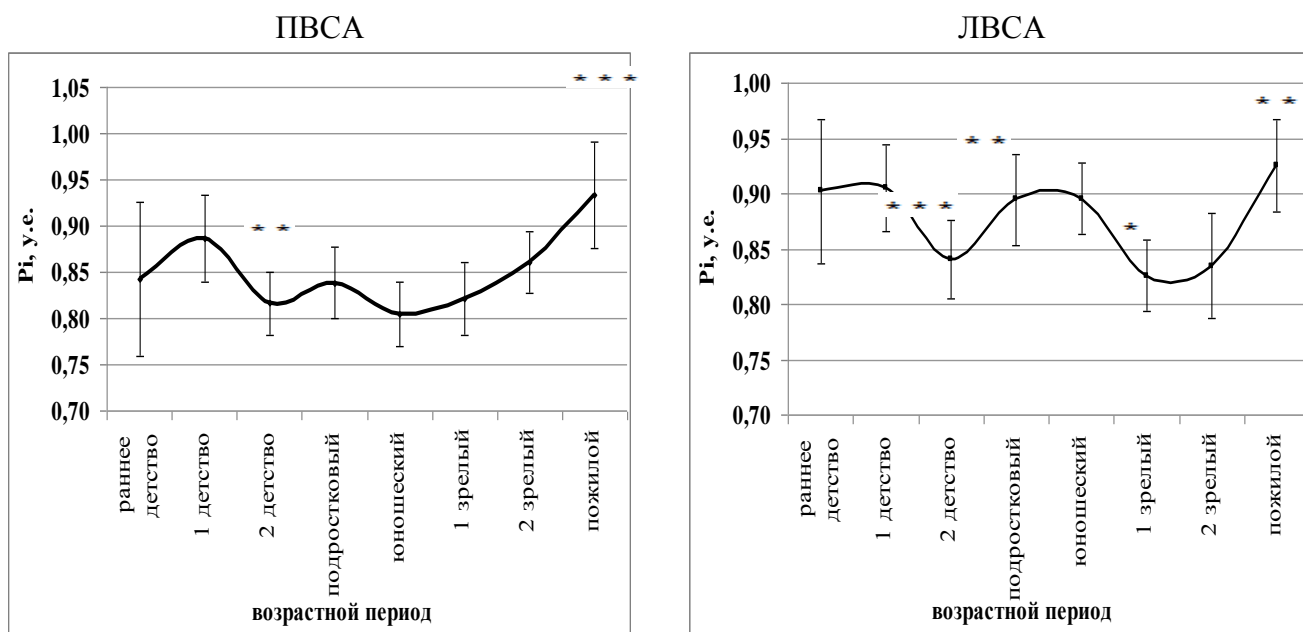
Пульсационный индекс (рис. 9 А, Б) у лиц мужского пола в ПВСА не имеет статистически значимых отличий с возрастом (рис. 9 А). Он уменьшается от раннего детства к периоду первого детства, от подросткового периода к юношескому возрасту. Пульсационный индекс относительно стабилен от периода первого детства до второго детства, от юношеского до второго периода зрелого возраста (рис. 9 А). Наблюдается тенденция увеличения пульсационного индекса от второго детства к подростковому периоду, от второго периода зрелого возраста до пожилого периода.

В ЛВСА (рис. 9 А) пульсационный индекс статистически значимо снижается от раннего детства до первого детства ($p=0,005$), относительно стабилен от первого до второго детства, далее статистически значимо увеличивается ($p=0,001$), остается стабильным до второго периода зрелого возраста и прогрессивно увеличивается к пожилому периоду ($p=0,003$) (рис. 9А).

У лиц женского пола пульсационный индекс относительно стабилен от раннего детства до первого детства, затем статистически значимо снижается ко второму детству как в ПВСА ($p=0,007$), так и в ЛВСА ($p=0,001$) (рис. 9 Б). Далее в ПВСА пульсационный индекс относительно стабилен до второго периода зрелого возраста, а затем статистически значимо увеличивается до пожилого возраста ($p=0,001$).



А.



Б.

Статистически значимые отличия между показателями возрастных периодов:

* – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$; ^ – $0,05 < p < 0,1$

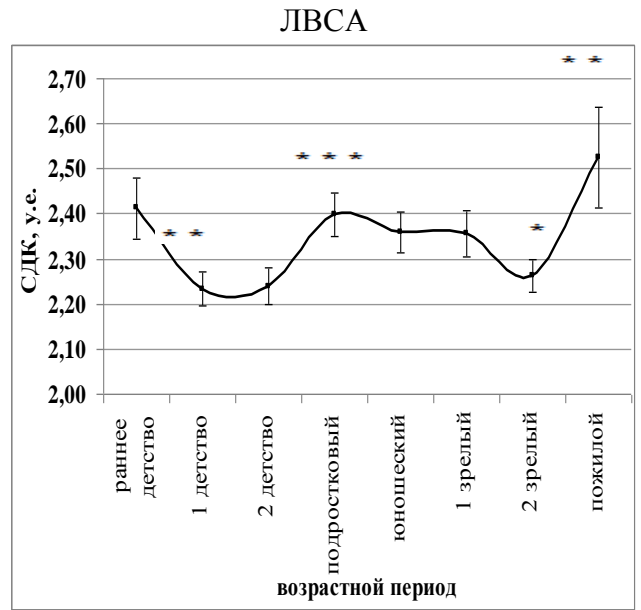
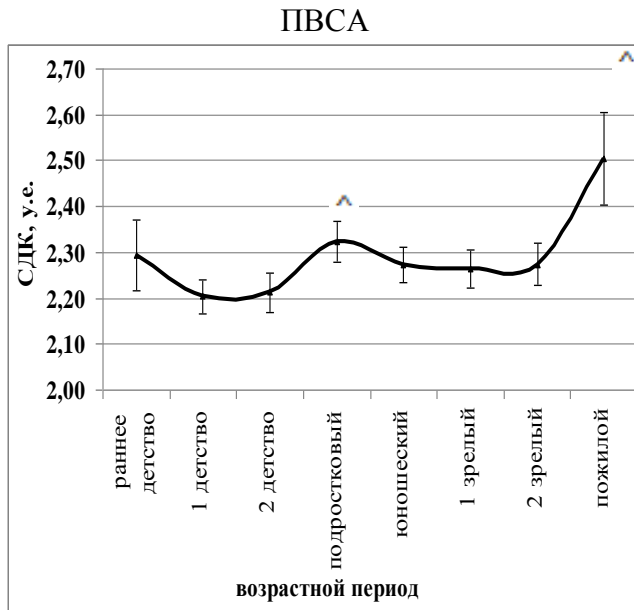
Рис. 9. Изменения пульсационного индекса шейной части правой (ПВСА) и левой (ЛВСА) внутренних сонных артерий у лиц мужского (А) и женского (Б) пола в разные возрастные периоды ($M \pm 2m$).

В ЛВСА показатель от второго детства статистически значимо увеличивается к подростковому периоду ($p=0,008$), стабилен до юношеского периода и статистически значимо снижается к первому периоду зрелого возраста ($p=0,012$), стабилен до второго периода зрелого возраста и статистически значимо увеличивается к пожилому периоду ($p=0,005$) (рис.9Б).

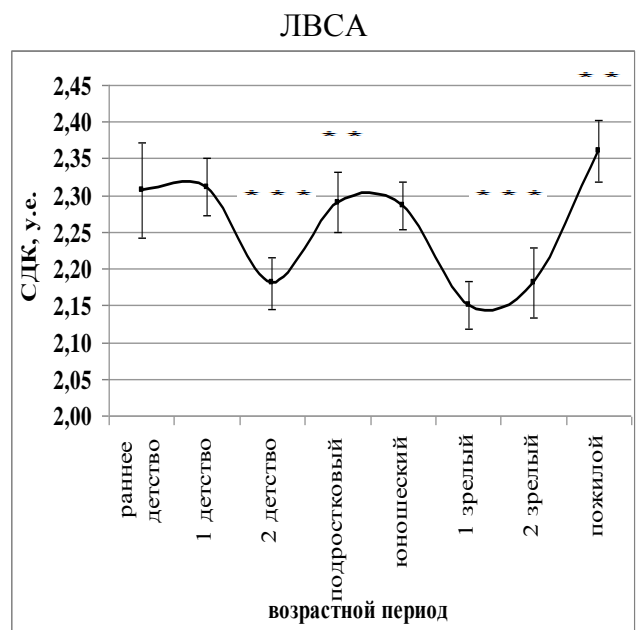
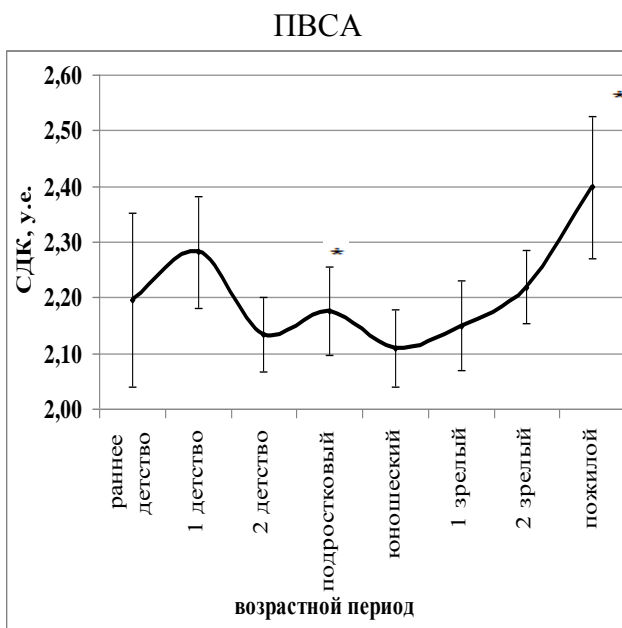
Систолю-диастолическое отношение у лиц женского пола (рис.10Б) в ПВСА увеличивается от раннего детства до первого детства, от второго детства до подросткового периода, от первого ко второму периоду зрелого возраста. Показатель статистически значимо снижается от первого ко второму детству ($p=0,018$), снижается от подросткового к юношескому периоду, и статистически значимо возрастает до второго периода зрелого возраста к пожилому периоду ($p=0,015$) (рис.10Б). В ЛВСА систоло-диастолическое отношение относительно стабильно от раннего детства до первого детства, от подросткового до юношеского периода, от первого до второго периода зрелого возраста (рис.10Б). Показатель увеличивается от второго детства к подростковому периоду ($p=0,004$), от второго периода зрелого Систолю-диастолическое отношение статистически значимо снижается от первого ко второму детству ($p=0,001$), от юношеского периода отмечается статистически значимое снижение показателя ($p=0,000$).

У лиц мужского пола не выявлено статистически значимых отличий систоло-диастолического отношения в ПВСА между исследуемыми возрастными группами (рис. 10А), но значение показателя изменялось с возрастом.

Систолю-диастолическое отношение снижается от раннего детства к первому детству, от подросткового к юношескому периоду, увеличивается от второго детства к подростковому периоду и от второго периода зрелого возраста к пожилому возрасту. На протяжении от первого до второго детства



А.



Б.

Статистически значимые отличия между показателями возрастных периодов:

* – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$; ^ – $0,05 < p < 0,1$

Рис. 10. Изменения систоло–диастолического отношения шейной части правой (ПВСА) и левой (ЛВСА) внутренних сонных артерий у лиц мужского (А) и женского (Б) пола в разные возрастные периоды ($M \pm 2m$).

и от юношеского возраста до второго периода зрелого возраста показатель относительно стабилен (рис. 10А). В ЛВСА систоло-диастолическое отношение статистически значимо снижается от раннего детства к первому детству ($p=0,006$), а также от первого периода зрелого возраста ко второму периоду зрелого возраста ($p=0,042$). Показатель относительно стабилен от первого до второго детства, от подросткового до первого периода зрелого возраста. Систо-диастолическое отношение статистически значимо увеличивается от второго детства к подростковому периоду ($p=0,000$), далее относительно стабилен и увеличивается от второго периода зрелого возраста до пожилого периода ($p=0,007$) (рис. 10А).

3.2.2 Возрастные изменения скоростных показателей кровотока внутренних сонных артерий

При проведении спектрального доплеровского анализа оцениваются качественные и количественные параметры. Линейная скорость кровотока, пиковая систолическая и конечная диастолическая относятся к количественным (линейным) параметрам доплеровского анализа [Клиническое руководство по ультразвуковой..., 1996]. 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 [Клиническое руководство по ультразвуковой...,1996]. Величины средних скоростей кровотока дают наиболее полное представление об истинной скорости движения частиц в сосуде [Клиническое руководство по ультразвуковой...,1996].

Возрастная динамика линейной пиковой систолической и конечной диастолической скоростям для лиц женского и мужского пола представлены

на рис. 11 А, Б. Кривая изменения средней линейной скорости с возрастом, представлена на рис. 12 А, Б.

Выявлена весьма характерная динамика возрастных изменений линейной скорости кровотока во ВСА – кровотока в них градуально уменьшается с возрастом, снижаясь к пожилому возрасту на 45–50 % по сравнению с периодом раннего детства. Разница между средним уровнем пиковой систолической и конечной диастолической скоростей с возрастом уменьшается. Линейная систолическая скорость кровотока у лиц женского пола в ПВСА (рис. 11 А) стабильна от раннего детства до первого детства, а диастолическая и средняя скорость кровотока относительно стабильны от периода раннего детства до второго детства (рис. 11 А, 12 А).

Согласно анализу графиков линейной систолической скорости кровотока и линейной диастолической скорости кровотока, представленных на рис. 11 А и Б, во внутренних сонных артериях обнаруживается сходная возрастная динамика соответствующих показателей в ПВСА и ЛВСА у лиц женского и мужского пола. Они прогрессивно снижаются с возрастом, при этом отмечаются этапы, когда значение показателя относительно стабильно на протяжении нескольких периодов постнатального развития (рис. 11 А, Б).

Возрастная динамика средней линейной скорости кровотока аналогична таковой линейной систолической и линейной диастолической скорости кровотока у лиц обоих полов (рис. 12 А, Б).

Данные об объемной скорости кровотока, отражающей количество крови поступающей по внутренним сонным артериям в минуту полученные нами в разные возрастные периоды, изображены в виде графика на рисунке 13. У лиц мужского пола объемная скорость кровотока в ПВСА и ЛВСА (рис. 13) относительно стабильна от периода раннего детства до юношеского периода. Далее объемная скорость прогрессивно снижается от юношеского

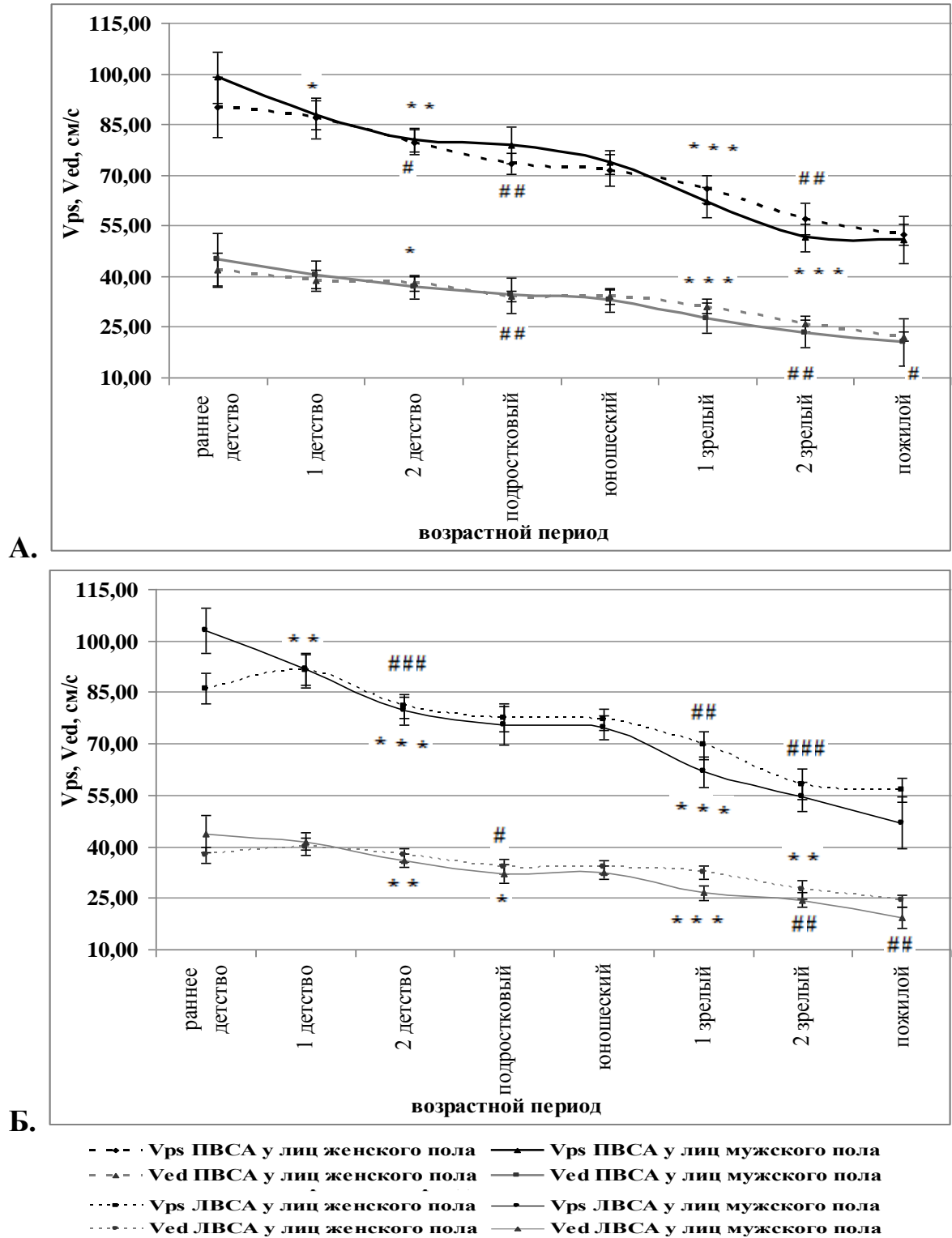
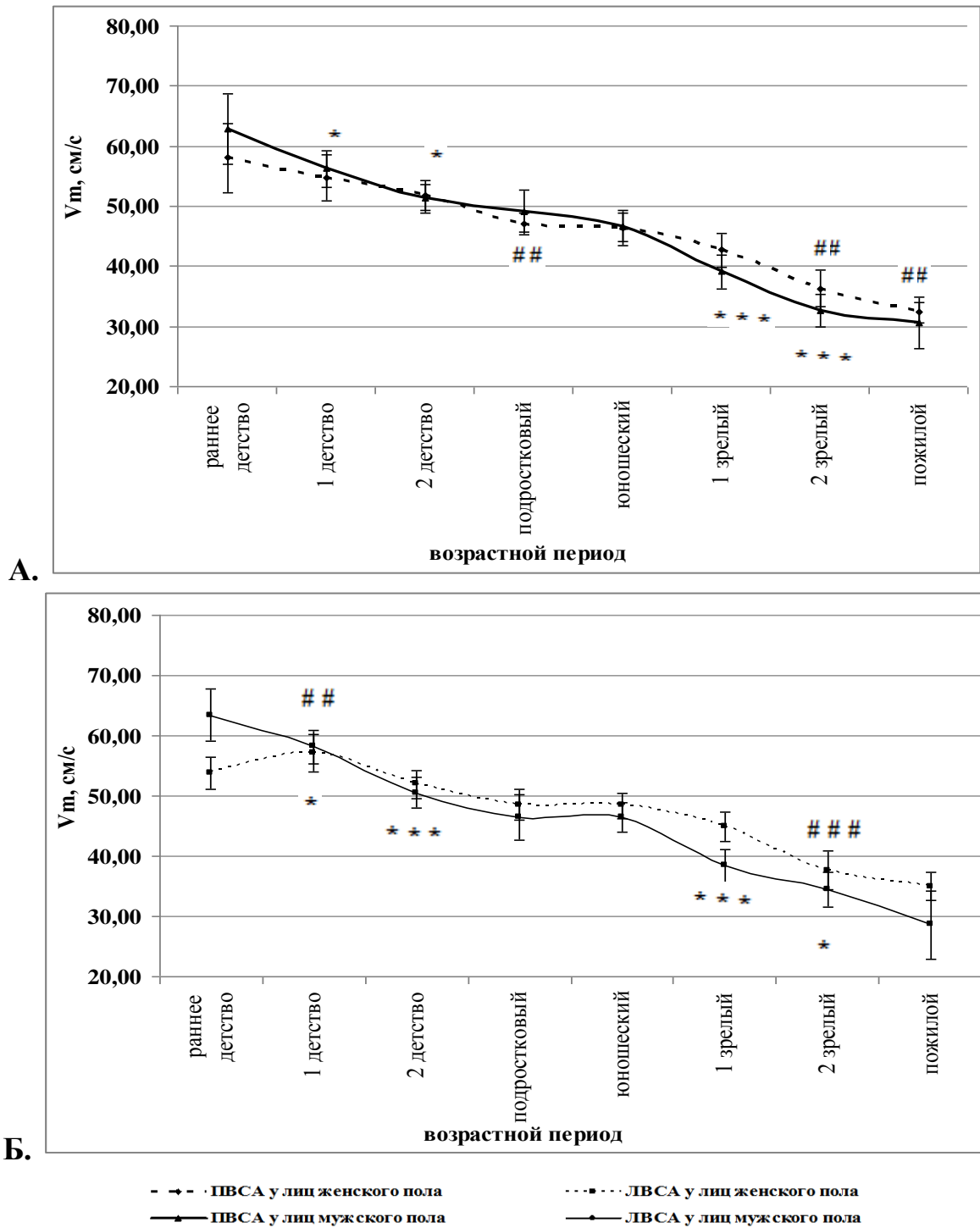
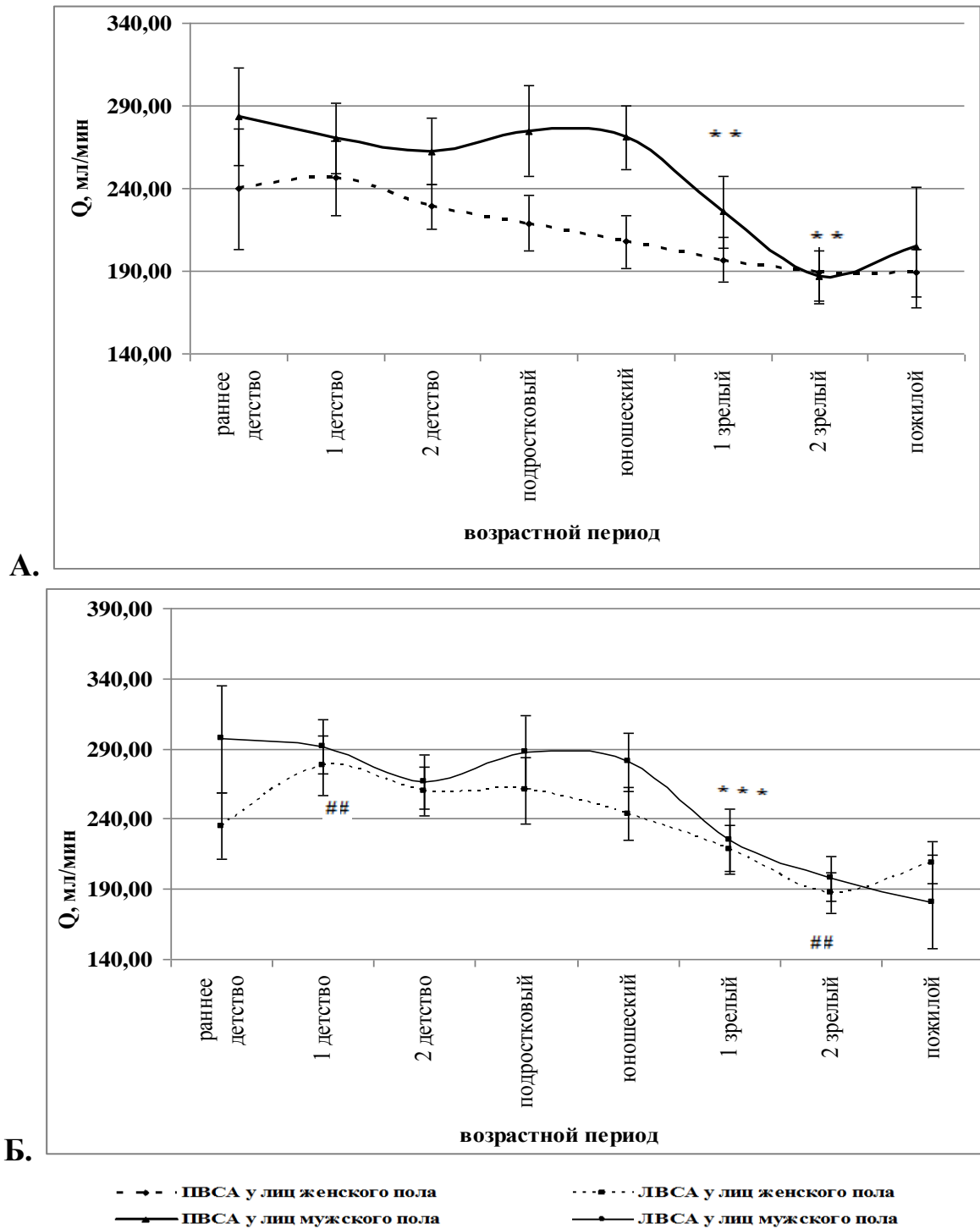


Рис.11. Возрастные особенности линейной систолической (V_{ps}), диастолической (V_{ed}) скоростей кровотока экстракраниальной части правой (А) и левой (Б) внутренних сонных артерий ($M \pm 2m$).



Статистически значимые отличия между показателями возрастных периодов:
 для лиц мужского пола * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$;
 для лиц женского пола # – $p < 0,05$; ## – $p < 0,01$; ### – $p < 0,001$.

Рис.12. Возрастные особенности средней линейной скорости кровотока шейной части правой (А) и левой (Б) внутренней сонной артерии у лиц женского и мужского пола ($M \pm 2m$).



Статистически значимые отличия между показателями возрастных периодов:
 для лиц мужского пола * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$;
 для лиц женского пола # – $p < 0,05$; ## – $p < 0,01$; ### – $p < 0,001$

Рис. 13. Объемная скорость кровотока в шейной части правой (А) и левой (Б) внутренней сонной артерии у лиц женского и мужского пола в разные возрастные периоды ($M \pm 2m$).

периода к первому ($p=0,000$ в ЛВСА) и второму периодам зрелого возраста ($p=0,003$ и $p=0,004$ соответственно в ПВСА). После показатель увеличивается к пожилому периоду (рис. 13).

У лиц женского пола возрастная динамика объемной скорости кровотока несколько отличается слева и справа. В ЛВСА объемная скорость потока статистически значимо увеличивается от раннего детства к периоду первого детства ($p=0,009$), затем снижается ко второму зрелому возрасту (рис. 13). В ПВСА наблюдается снижение с возрастом этого показателя начиная с периода первого детства ко второму зрелому возрасту. Начиная от периода второго зрелого возраста, показатель объемной скорости кровотока либо остается стабильным (ПВСА) либо возрастает к пожилому возрасту (ЛВСА) (рис. 13).

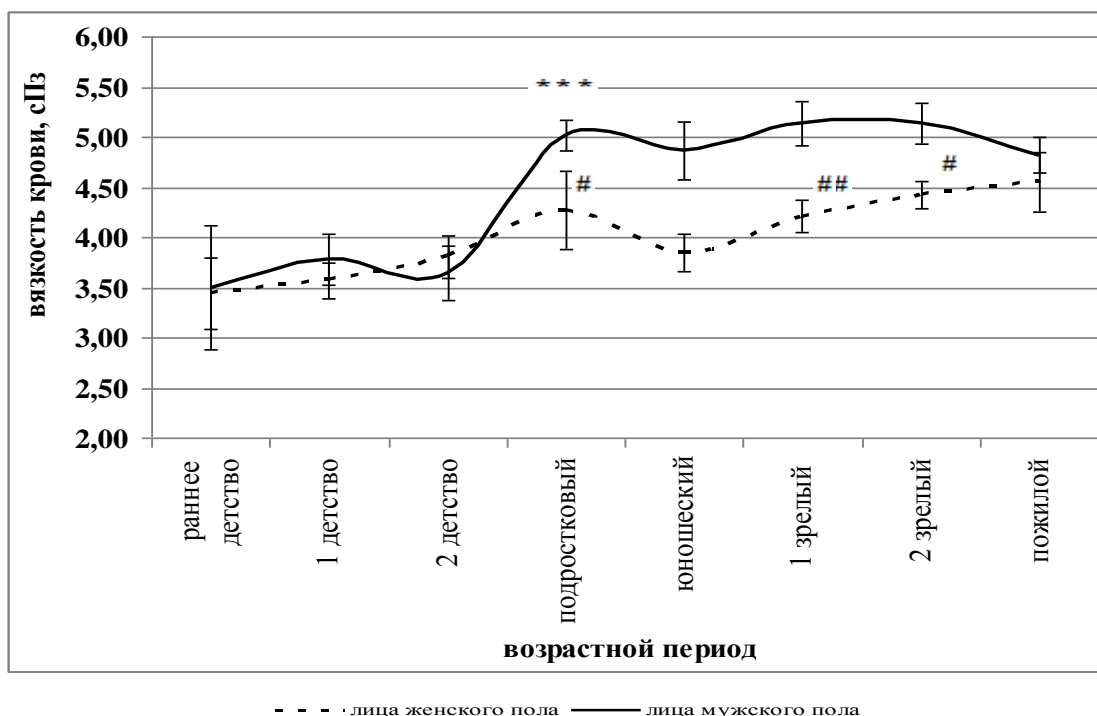
В целом наблюдается снижение объемной скорости кровотока на 30 % у лиц мужского пола в обеих ВСА и у лиц женского пола в ЛВСА, на 20 % – у лиц женского пола в ПВСА.

3.2.3 Возрастные особенности реологических показателей крови

Для расчета напряжения сдвига и числа Рейнольдса, мы исследовали возрастную динамику вязкости у лиц женского и мужского пола в возрастные периоды от раннего возраста до пожилого периода.

Полученные данные вязкости крови в возрастном аспекте с учетом пола испытуемых представлена на рис. 14. Вязкость крови имеет более низкие значения от периода раннего детства до второго детства, увеличивается к подростковому возрасту и выходит на плато.

Статистически значимое увеличение показателя вязкости крови отмечается у лиц обоего пола от периода второго детства к подростковому возрасту ($p=0,000$ у лиц мужского пола и $p=0,048$ у лиц женского пола).



Статистически значимые отличия между показателями возрастных периодов:
 для лиц мужского пола * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$;
 для лиц женского пола # – $p < 0,05$; ## – $p < 0,01$; ### – $p < 0,001$

Рис. 14. Вязкость крови у лиц женского и мужского пола в разные возрастные периоды ($M \pm 2m$).

От раннего детства до периода второго детства средние значения вязкости крови находятся в диапазоне от 3,44 сПз до $3,81 \pm 0,21$ сПз. Половые различия в вязкости крови в этих возрастных периодах отсутствуют.

Выявлено статистически значимое повышение вязкости ($p=0,048$ у лиц женского пола и $p=0,000$ у лиц мужского пола) к подростковому возрасту в 1,4 раза у мужчин и в 1,3 раза у женщин. Затем величина вязкости крови стабилизируется до второго периода зрелого возраста, имеет тенденцию несколько снижаться к пожилому возрасту.

Половые различия в вязкости крови наблюдаются в подростковом, юношеском и зрелом возрасте, нивелируются к пожилому возрастному периоду. При этом вязкость крови у лиц мужского пола во всех возрастных

периодах, начиная с подросткового возраста, выше, чем у лиц женского пола (рис. 14).

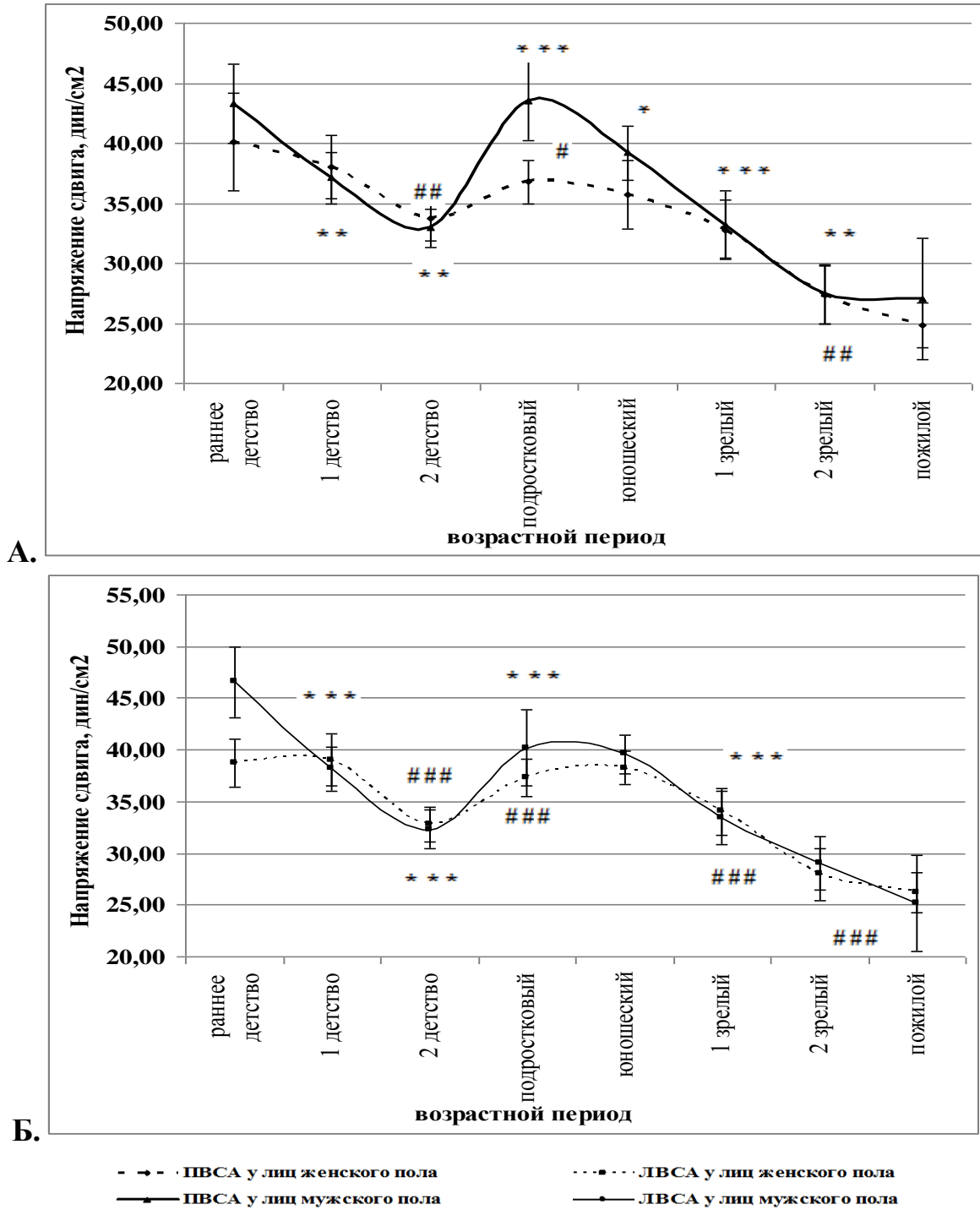
Полученные нами данные о напряжении сдвига с учетом данных о вязкости крови в разные возрастные периоды представлены на рис. 15.

Напряжение сдвига уменьшается с возрастом, снижаясь к пожилому возрасту на 45–50 % по сравнению с периодом раннего детства, аналогично показателям линейной скорости кровотока (рис. 15).

У лиц мужского пола (рис. 15) напряжение сдвига как в ПВСА, так и в ЛВСА линейно снижается от периода раннего детства до второго детства ($p=0,002$ и $p=0,000$ в ПВСА; $p=0,001$ и $p=0,000$ в ЛВСА), увеличивается от второго детства до подросткового возраста ($p=0,000$ в ПВСА, $p=0,000$ в ЛВСА), остается относительно стабильным до юношеского периода в ЛВСА, далее линейно снижается ко второму периоду зрелого возраста ($p=0,001$, $p=0,004$ в ПВСА; $p=0,000$ и $p=0,001$ в ЛВСА) и остается постоянным до пожилого возраста (рис. 15).

У лиц женского пола напряжение сдвига в ПВСА (рис. 15) имеет тенденцию к уменьшению от периода раннего детства до второго детства и статистически значимо увеличивается к подростковому периоду ($p=0,046$), затем относительно стабильно до первого периода зрелого возраста и прогрессивно снижается ко второму периоду зрелого возраста ($p=0,004$) и пожилому периоду.

В ЛВСА (рис. 15) показатель стабилен от раннего детства до первого детства, далее статистически значимо уменьшается к периоду второго детства ($p=0,001$) и увеличивается к подростковому периоду ($p=0,001$), затем остается стабильным до юношеского периода и статистически значимо уменьшается к первому периоду зрелого возраста ($p=0,000$) и ко второму периоду зрелого возраста ($p=0,001$), остается стабильным до пожилого возраста (рис. 15).



Статистически значимые отличия между показателями возрастных периодов:

для лиц мужского пола * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$;

для лиц женского пола # – $p < 0,05$; ## – $p < 0,01$; ### – $p < 0,001$

Рис. 15. Напряжение сдвига в шейной части правой (А) и левой (Б) внутренней сонной артерии в разные возрастные периоды у лиц женского и мужского пола ($M \pm 2m$).

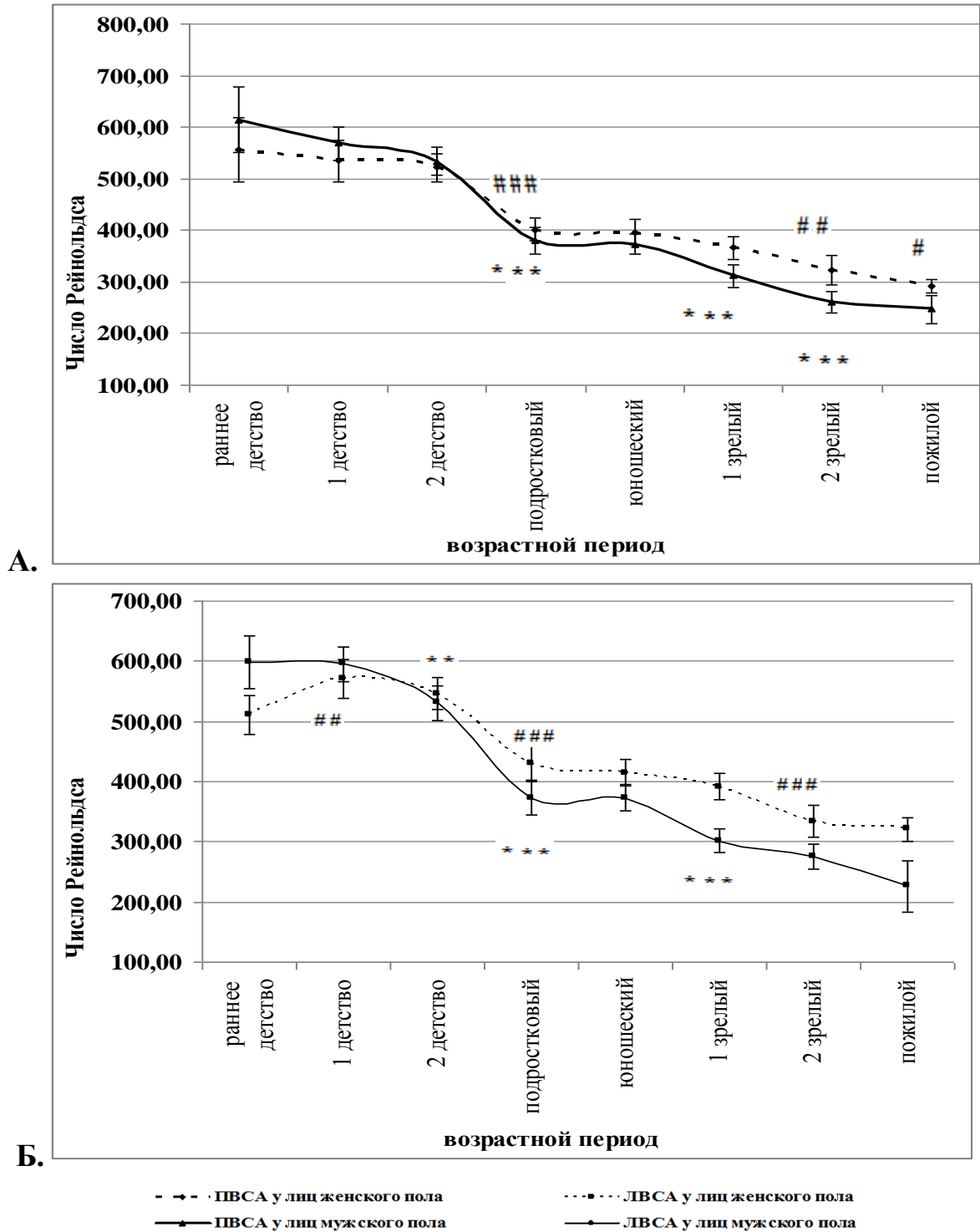
Полученные значения числа Рейнольдса в разные возрастные периоды представлены на рисунке 16. Число Рейнольдса, как у лиц женского пола, так и лиц мужского пола в ПВСА и ЛВСА имеет сходный уровень значений и характер изменений с возрастом.

Абсолютные значения числа Рейнольдса превышают критическую величину 400 в возрастные периоды до подросткового возраста у лиц мужского пола [Митьков В.В., 1996; Морман Д., Хеллер Л., 2000; Пеллерито Дж., 2010; Цвибель В., 2010], что свидетельствует о возникновении локальных завихрений в потоке жидкости (рис. 16 А, Б). У лиц женского пола число Рейнольдса в ЛВСА становится ниже величины 400 в подростковом возрасте (рис. 16 Б), в ПВСА – в юношеском периоде (рис. 16 А).

У лиц мужского пола число Рейнольдса относительно стабильно от раннего детства до первого детства, затем статистически значимо снижается до второго детства ($p=0,002$) в ЛВСА (рис. 16 Б), в ПВСА показатель стабилен от раннего детства до второго детства (рис. 16 А).

Число Рейнольдса в обеих ВСА снижается к подростковому периоду ($p=0,000$), постоянно от подросткового до юношеского периода и снижается к первому периоду зрелого возраста ($p=0,000$) (рис. 16 А, Б), в ПВСА отмечается снижение и ко второму периоду зрелого возраста ($p=0,001$), далее стабильно в ПВСА и ЛВСА (рис. 16 А, Б).

У лиц женского пола число Рейнольдса в ПВСА относительно стабильно до периода второго детства (рис. 16 А). В ЛВСА (рис. 16 Б) сначала происходит его увеличение от периода раннего детства до первого детства ($p=0,012$), затем число Рейнольдса стабильно до второго детства. В обеих ВСА значение числа Рейнольдса статистически значимо снижается к подростковому периоду ($p=0,000$) (рис. 16 А, Б), остается стабильным до первого периода зрелого возраста, далее статистически значимо снижается ко



Статистически значимые отличия между показателями возрастных периодов:
 для лиц мужского пола * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$;
 для лиц женского пола # – $p < 0,05$; ## – $p < 0,01$; ### – $p < 0,001$

Рис. 16. Число Рейнольдса в шейной части правой (А) и левой (Б) внутренней сонной артерии в разные возрастные периоды у лиц женского и мужского пола ($M \pm 2m$).

второму периоду зрелого возраста ($p=0,002$ в ПВСА, $p=0,001$ в ЛВСА) (рис. 16 А, Б). Далее показатель в ЛВСА до пожилого периода стабилен, а в ПВСА статистически значимо уменьшается ($p=0,050$) (рис. 16 А, Б).

В целом с возрастом происходит прогрессивное снижение числа Рейнольдса у лиц женского пола в ПВСА на 48% (рис. 16 А), в ЛВСА на 37% (рис. 16 Б), а у лиц мужского пола на 60% и 62% соответственно (рис. 16 А, Б).

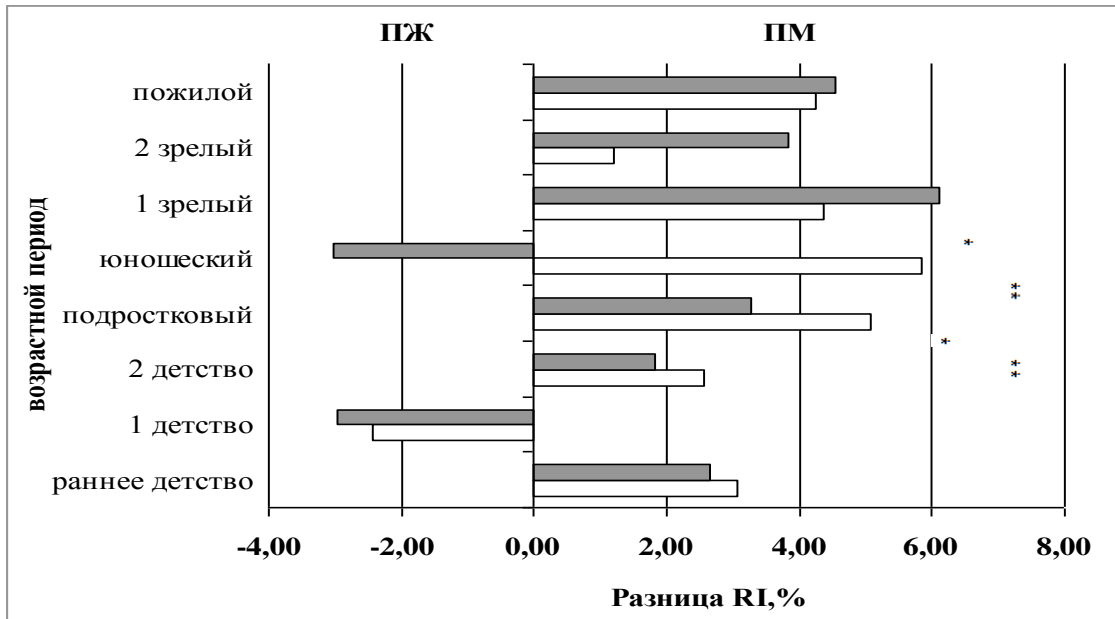
3.3 Половые различия гемодинамических показателей в разные возрастные периоды

3.3.1 Половые особенности индекса сосудистого сопротивления, пульсационного индекса и систоло–диастолического отношения во внутренних сонных артериях

Индекс сосудистого сопротивления, пульсационный индекс и систоло–диастолическое отношение имеют более высокие значения у лиц мужского пола, чем у лиц женского пола в раннее детство и от периода второго детства до пожилого возраста в соответствующей артерии как в ПВСА, так и ЛВСА (рис. 8, 9, 10).

Половые различия в индексе сосудистого сопротивления, пульсационном индексе и систоло–диастолическом отношении отмечаются в одни и те же возрастные периоды в ЛВСА и в ПВСА (рис. 17, 18, 19).

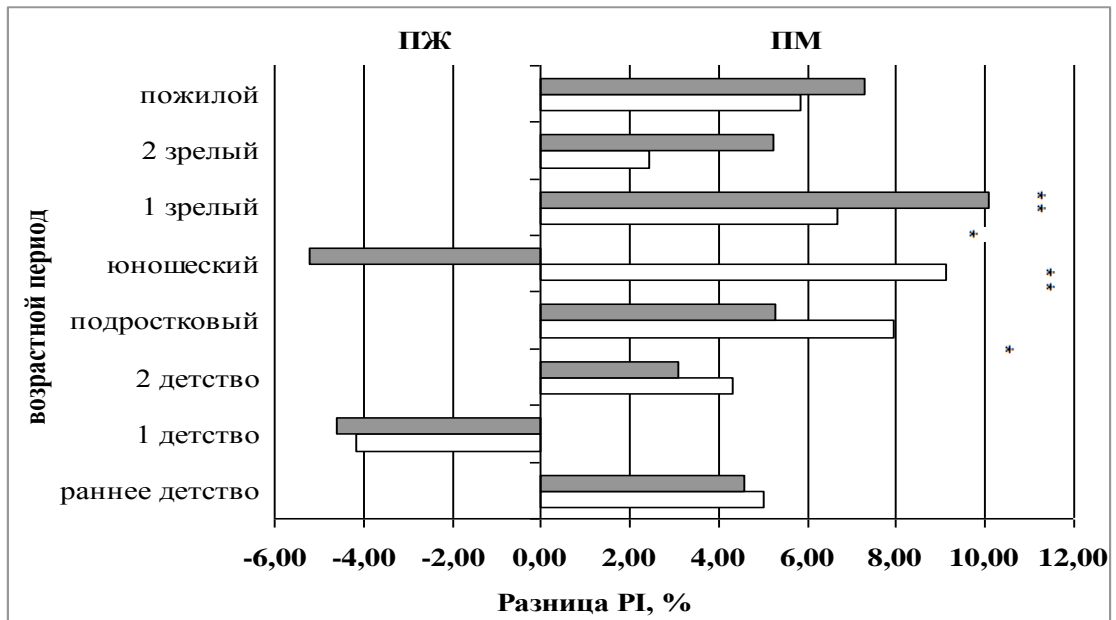
Статистически значимые половые различия выявлены для RI, PI и СДК в ПВСА в подростковом периоде ($p=0,003$, $p=0,017$, $p=0,024$ соответственно), в юношеском возрасте ($p=0,003$, $p=0,002$, $p=0,003$ соответственно) и первом периоде зрелого возраста ($p=0,039$, $p=0,041$, $p=0,050$ соответственно).



□ ПВСА ■ ЛВСА * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$

«ПМ» – преобладание у лиц мужского пола; «ПЖ» – преобладание у лиц женского пола.

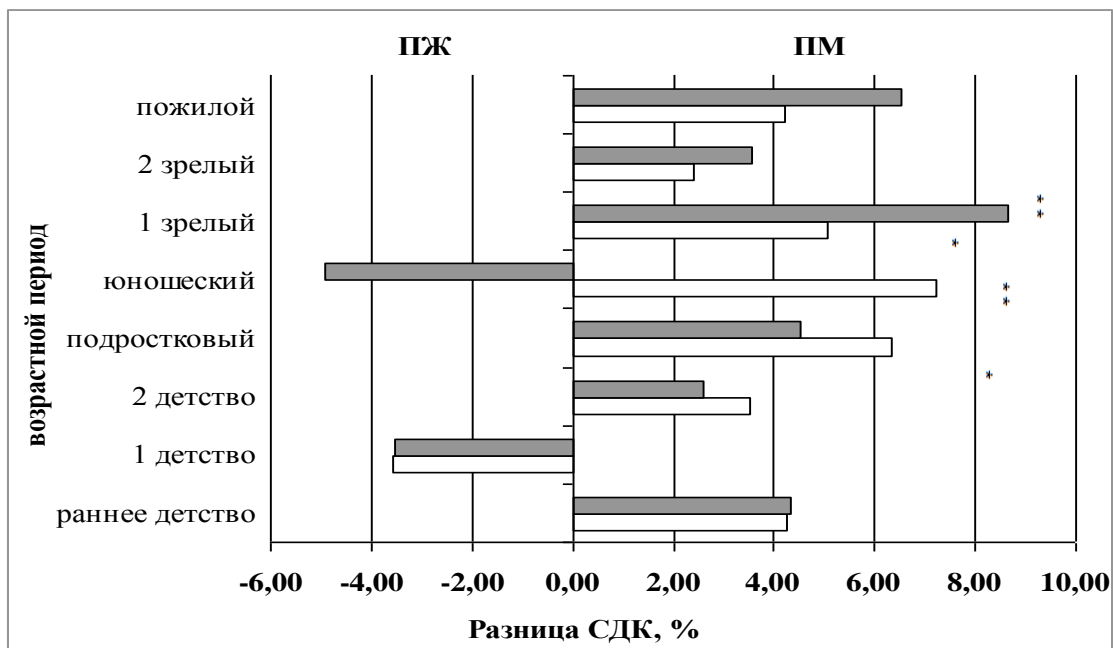
Рис. 17. Половые различия индекса сосудистого сопротивления ПВСА и ЛВСА в различные возрастные периоды, выраженные в процентах.



□ ПВСА ■ ЛВСА * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$

«ПМ» – преобладание у лиц мужского пола; «ПЖ» – преобладание у лиц женского пола.

Рис. 18. Половые различия пульсационного индекса ПВСА и ЛВСА в различные возрастные периоды, выраженные в процентах.



□ ПВСА ■ ЛВСА * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$

«ПМ» – преобладание у лиц мужского пола; «ПЖ» – преобладание у лиц женского пола.

Рис. 19. Половые различия пульсационного индекса ПВСА и ЛВСА в различные возрастные периоды, выраженные в процентах.

В ЛВСА по индексу сосудистого сопротивления, пульсационному индексу и систоло–диастолическому отношению половые различия обнаруживаются только в первый период зрелого возраста ($p=0,005$, $p=0,003$, $p=0,003$ соответственно).

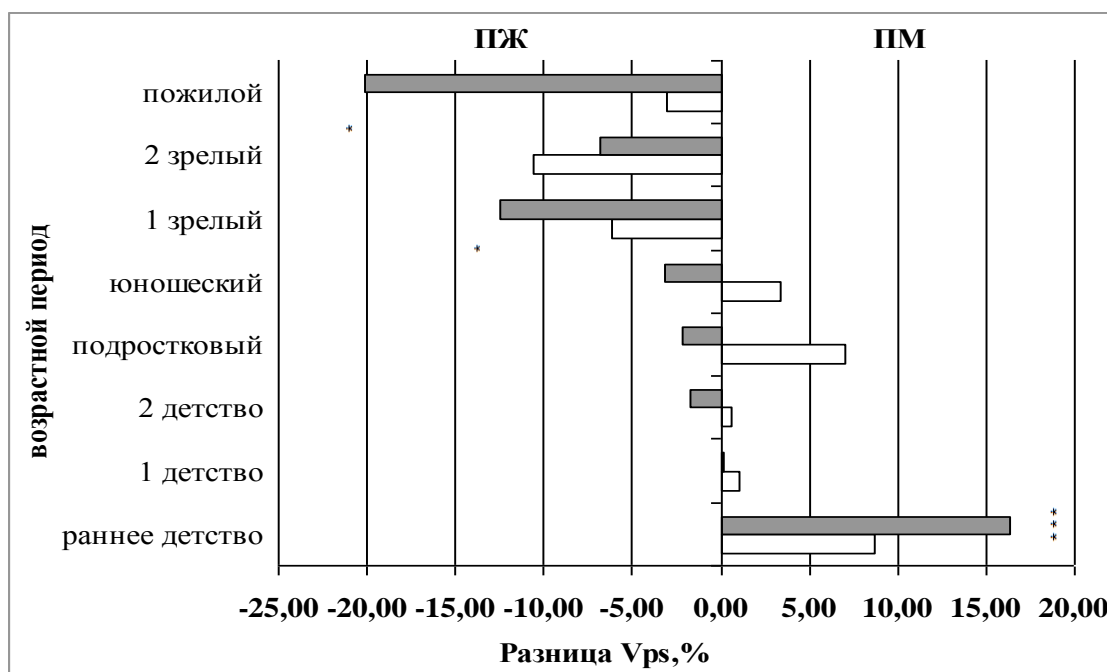
3.3.2 Половые особенности скоростных показателей во внутренних сонных артериях

Линейная систолическая, линейная диастолическая и средняя линейная скорость кровотока имеют общие особенности половых отличий (рис. 11, 12).

Их можно описать следующим образом: показатели линейной скорости кровотока у лиц мужского пола обладают более высокими значениями, чем у лиц женского пола в соответствующей артерии в период раннего детства, а

от первого периода зрелого возраста до пожилого возраста более низкими значениями.

От первого детства до юношеского возраста линейная скорость кровотока имеет сходный уровень значений в соответствующей артерии (рис. 11, 12). Статистически значимые половые различия в линейной систолической скорости кровотока выявлены в ЛВСА (рис. 20) в периоде раннего детства ($p=0,000$), первом периоде зрелого возраста ($p=0,011$) и пожилом периоде ($p=0,048$) (рис. 20).



□ ПВСА ■ ЛВСА * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$

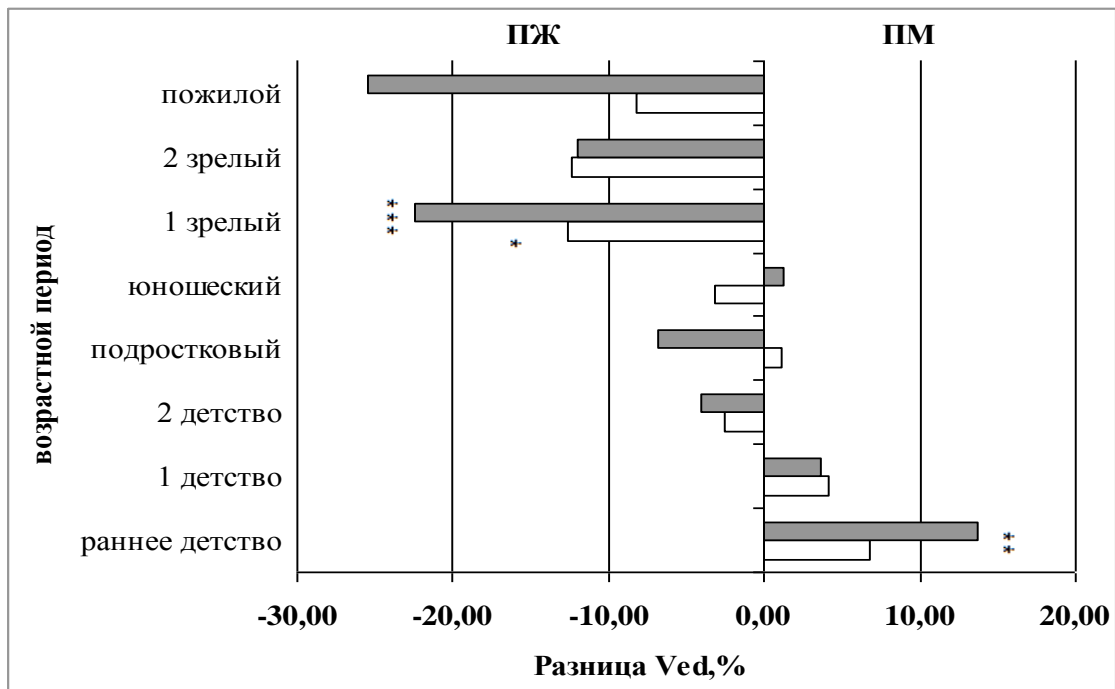
«ПМ» – преобладание у лиц мужского пола; «ПЖ» – преобладание у лиц женского пола.

Рис. 20. Половые различия в линейной систолической скорости ПВСА и ЛВСА в различные возрастные периоды, выраженные в процентах.

Половые различия в линейной диастолической скорости кровотока отмечаются в ПВСА (рис. 21) в первом периоде зрелого возраста ($p=0,024$), в ЛВСА (рис. 21) в периоде раннего детства ($p=0,010$) и первом периоде зрелого возраста ($p=0,000$).

Половые различия в средней линейной скорости кровотока в ПВСА не обнаруживаются, в ЛВСА отмечаются в раннем детстве ($p=0,001$) и первом периоде зрелого возраста ($p=0,001$) (рис. 22).

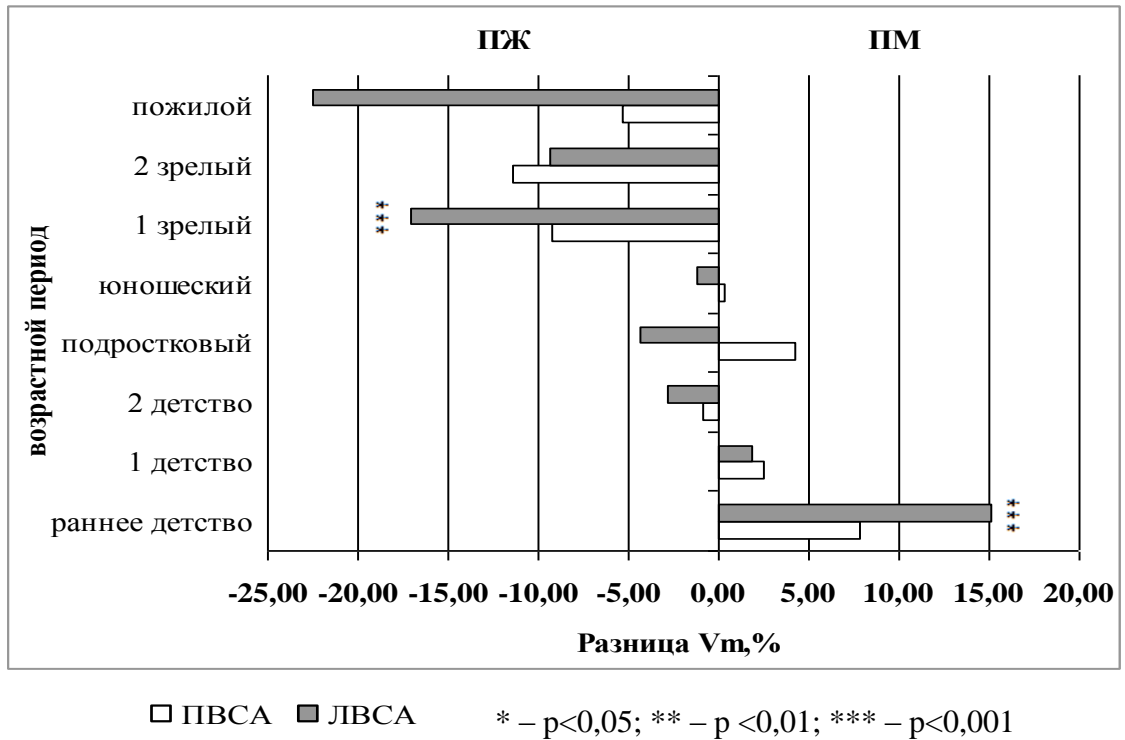
Объемная скорость кровотока в обеих ВСА у лиц мужского пола выше, чем у лиц женского пола (рис. 13). Половые различия выявлены на статистически значимом уровне в ПВСА в периоде второго детства ($p=0,008$), подростковом ($p=0,001$), юношеском ($p=0,000$), первом зрелом возрасте ($p=0,026$) (рис. 23). В ЛВСА статистически значимые половые различия выявлены в периоде раннего детства ($p=0,008$) и юношеском возрасте ($p=0,004$) (рис. 23).



□ ПВСА ■ ЛВСА * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$

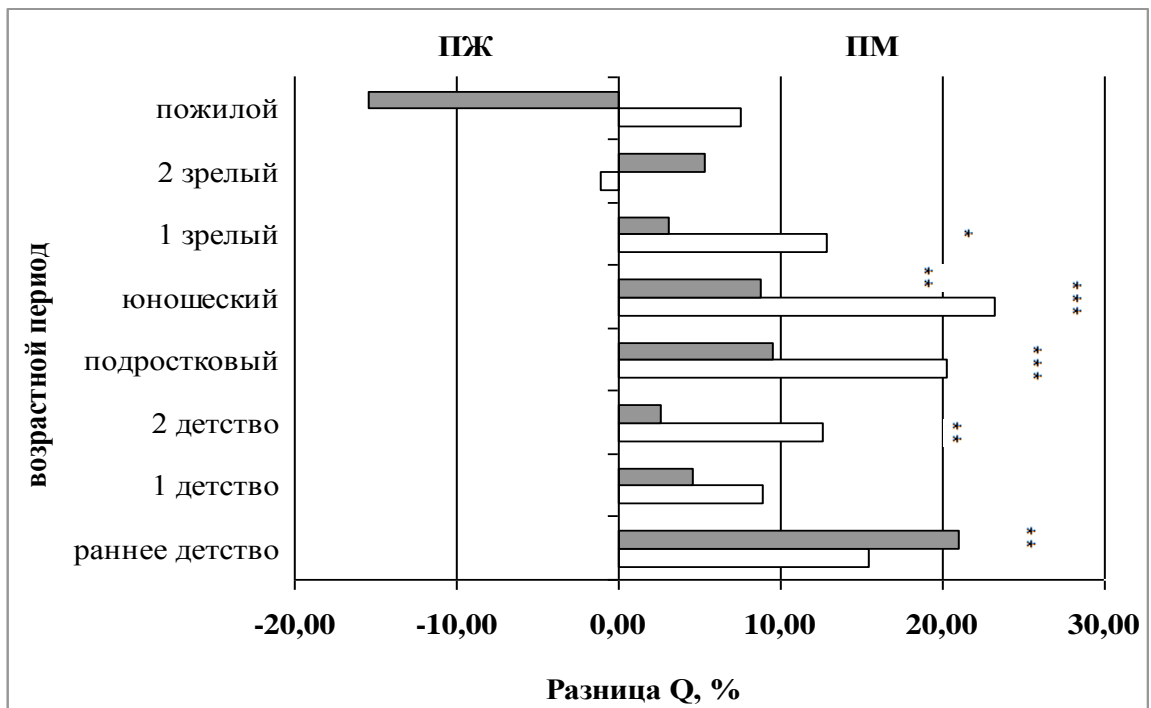
«ПМ» – преобладание у лиц мужского пола; «ПЖ» – преобладание у лиц женского пола.

Рис. 21. Половые различия в линейной диастолической скорости ПВСА и ЛВСА в различные возрастные периоды, выраженные в процентах.



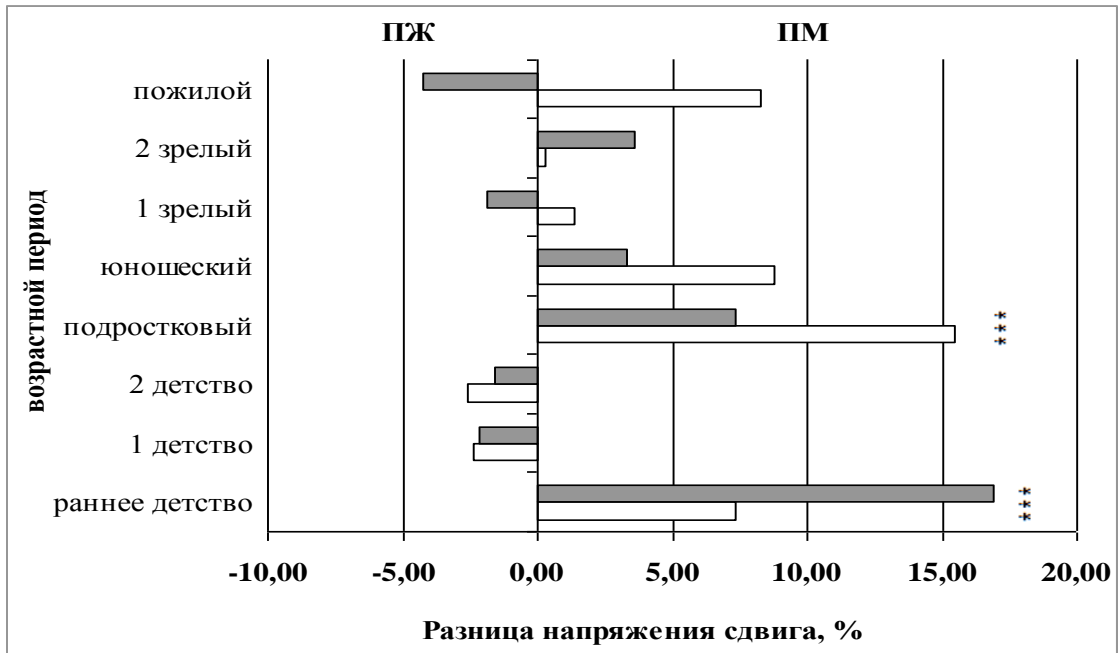
□ PVCSA ■ LVCSA * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$
 «ПМ» – преобладание у лиц мужского пола; «ПЖ» – преобладание у лиц женского пола.

Рис. 22. Половые различия в средней линейной скорости PVCSA и LVCSA в различные возрастные периоды, выраженные в процентах.



□ PVCSA ■ LVCSA * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$
 «ПМ» – преобладание у лиц мужского пола; «ПЖ» – преобладание у лиц женского пола.

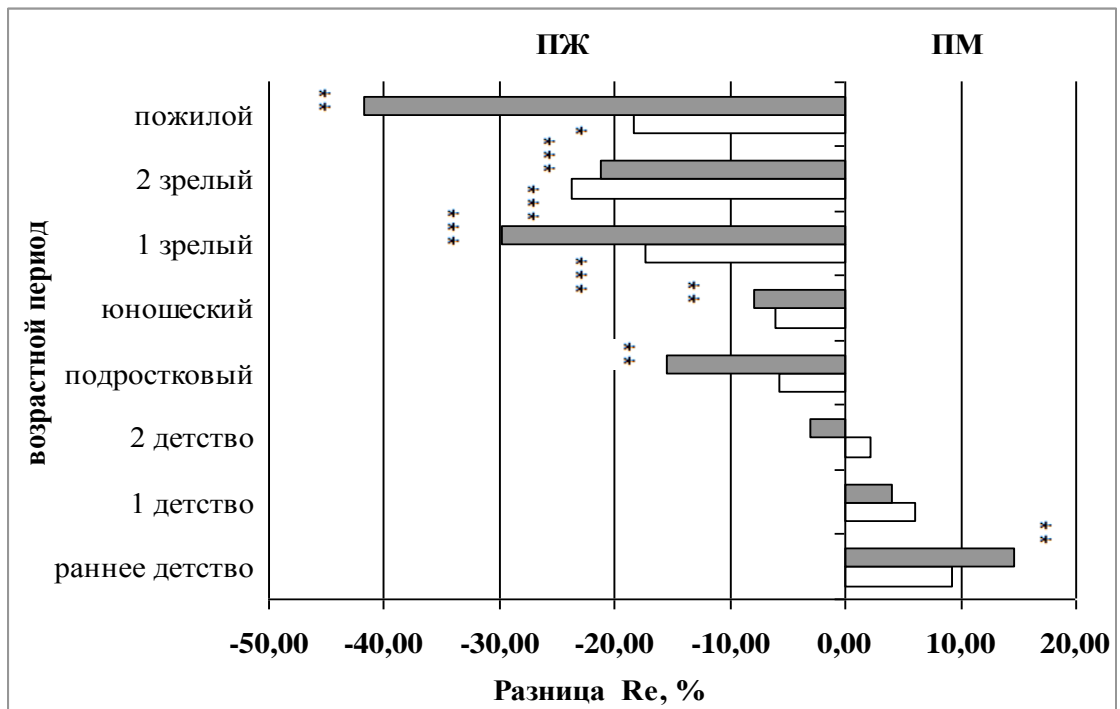
Рис. 23. Половые различия в объемной скорости кровотока PVCSA и LVCSA в различные возрастные периоды, выраженные в процентах.



□ ПВСА ■ ЛВСА * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$

«ПМ» – преобладание у лиц мужского пола; «ПЖ» – преобладание у лиц женского пола.

Рис. 24. Половые различия напряжения сдвига в ПВСА и ЛВСА в различные возрастные периоды, выраженные в процентах.



□ ПВСА ■ ЛВСА * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$

«ПМ» – преобладание у лиц мужского пола; «ПЖ» – преобладание у лиц женского пола.

Рис. 25. Половые различия в числе Рейнольдса в ПВСА и ЛВСА в различные возрастные периоды, выраженные в процентах.

Половые различия в напряжении сдвига выявлены только в периоде раннего детства ($p=0,001$) в ЛВСА, в подростковом возрасте ($p=0,005$) в ПВСА (рис. 24). При этом напряжение сдвига в соответствующей артерии у лиц мужского пола выше, чем у лиц женского пола (рис. 24).

Половые отличия в числе Рейнольдса (рис. 25) выявлены в ПВСА в первом ($p=0,001$), втором ($p=0,001$) периодах зрелого возраста, пожилом периоде ($p=0,012$); в ЛВСА – в раннем детстве ($p=0,003$), подростковом ($p=0,005$) и юношеском ($p=0,007$) периодах, зрелом возрасте ($p=0,000$) и пожилом периоде ($p=0,006$) (рис. 25).

3.4 Асимметрия гемодинамических показателей в разные возрастные периоды

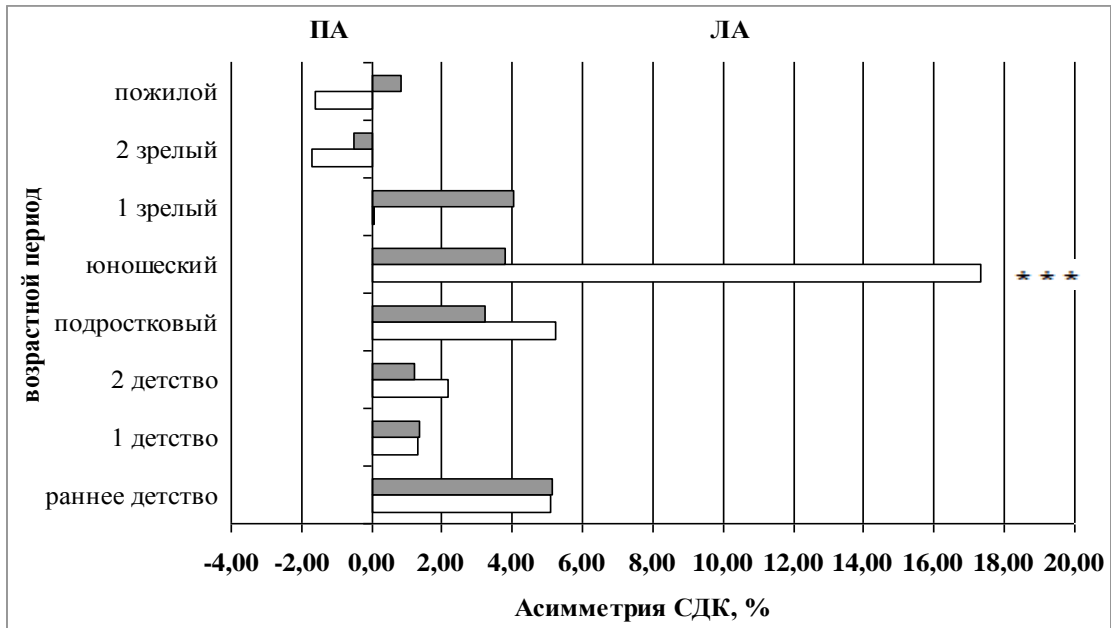
3.4.1 Асимметрия сосудистого сопротивления

Асимметрия в показателе систоло–диастолического отношения отмечается только у лиц женского пола в юношеском периоде ($p=0,001$) (рис. 26).

У лиц женского пола (рис. 27) выявлены статистически значимые отличия по показателю индекса сосудистого сопротивления между ПВСА и ЛВСА в подростковом периоде ($p=0,042$) и юношеском возрасте ($p=0,001$).

Асимметрия пульсационного индекса у лиц женского пола обнаружена в подростковом возрасте ($p=0,050$), юношеском периоде ($p=0,001$) (рис. 28).

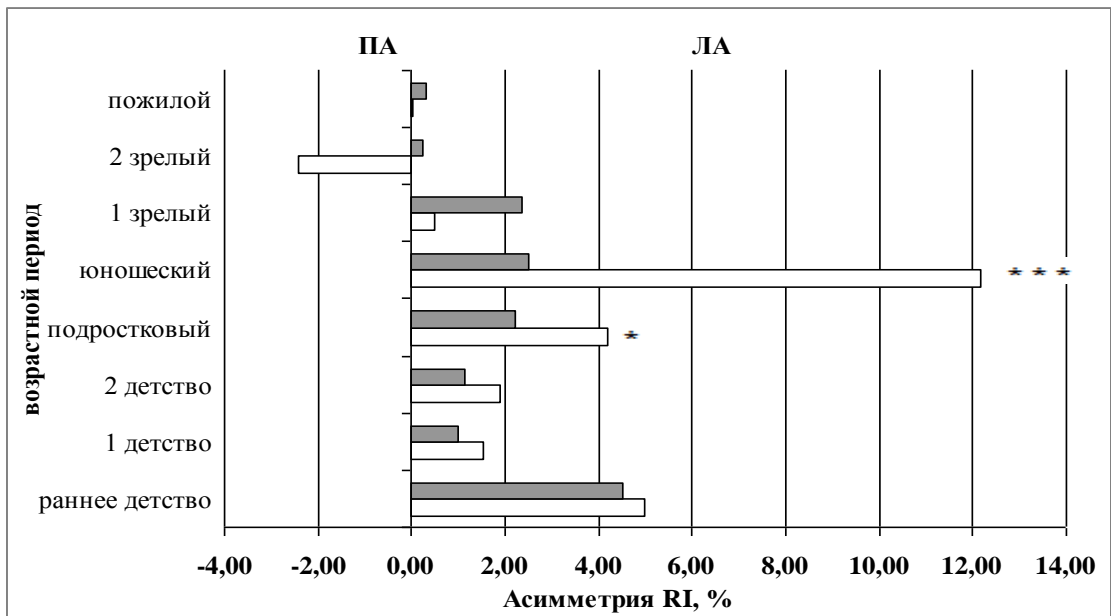
У лиц мужского пола асимметрия в систоло-диастолическом отношении, индексе сосудистого сопротивления, пульсационном индексе не выявлена на протяжении всех исследуемых периодов (рис. 26, 27, 28).



□ лица женского пола ■ лица мужского пола * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$

ПА – правосторонняя асимметрия; ЛА – левосторонняя асимметрия

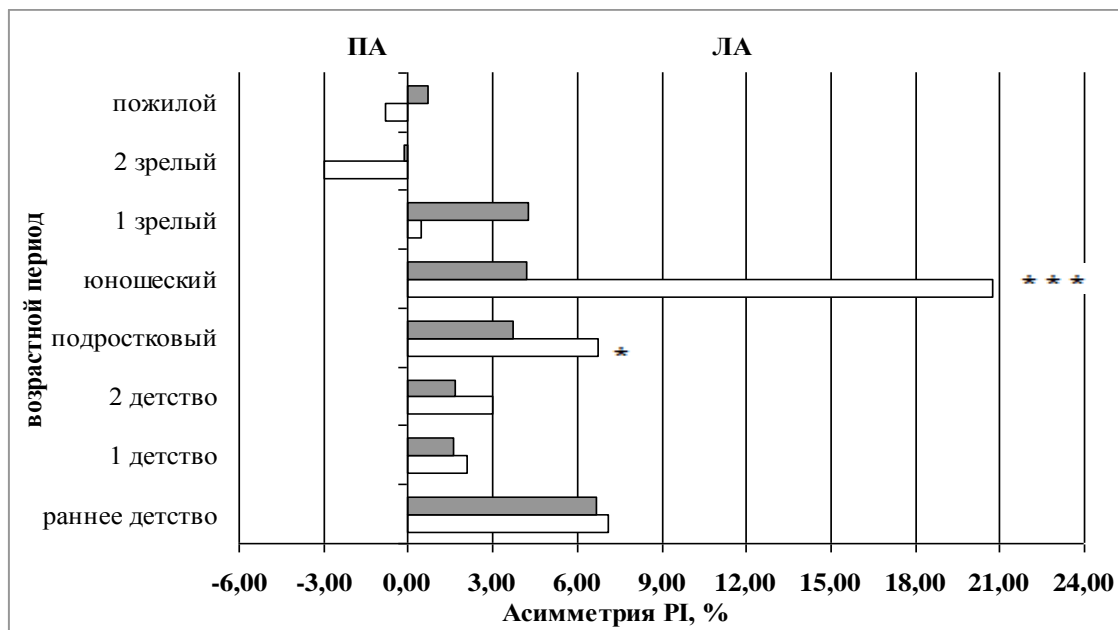
Рис. 26. Асимметрия систоло–диастолического отношения во внутренних сонных артериях у лиц мужского и женского пола.



□ лица женского пола ■ лица мужского пола * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$

ПА – правосторонняя асимметрия; ЛА – левосторонняя асимметрия

Рис. 27. Асимметрия индекса сосудистого сопротивления во внутренних сонных артериях у лиц мужского и женского пола.



□ лица женского пола ■ лица мужского пола * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$

ПА – правосторонняя асимметрия; ЛА – левосторонняя асимметрия

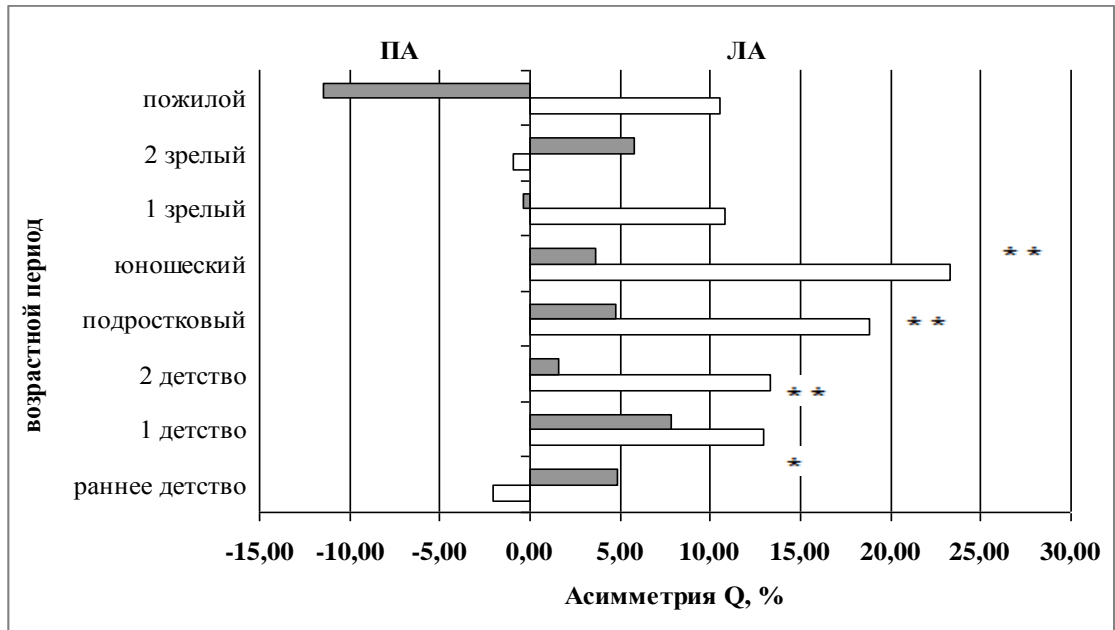
Рис. 28. Асимметрия пульсационного индекса во внутренних сонных артериях у лиц мужского и женского пола.

Как у лиц женского, так и у лиц мужского пола значения систоло-диастолического отношения, индекса сосудистого сопротивления и пульсационного индекса выше в ЛВСА, чем в ПВСА до первого периода зрелого возраста (рис. 3).

3.4.2 Асимметрия скоростных показателей кровотока внутренних сонных артерий

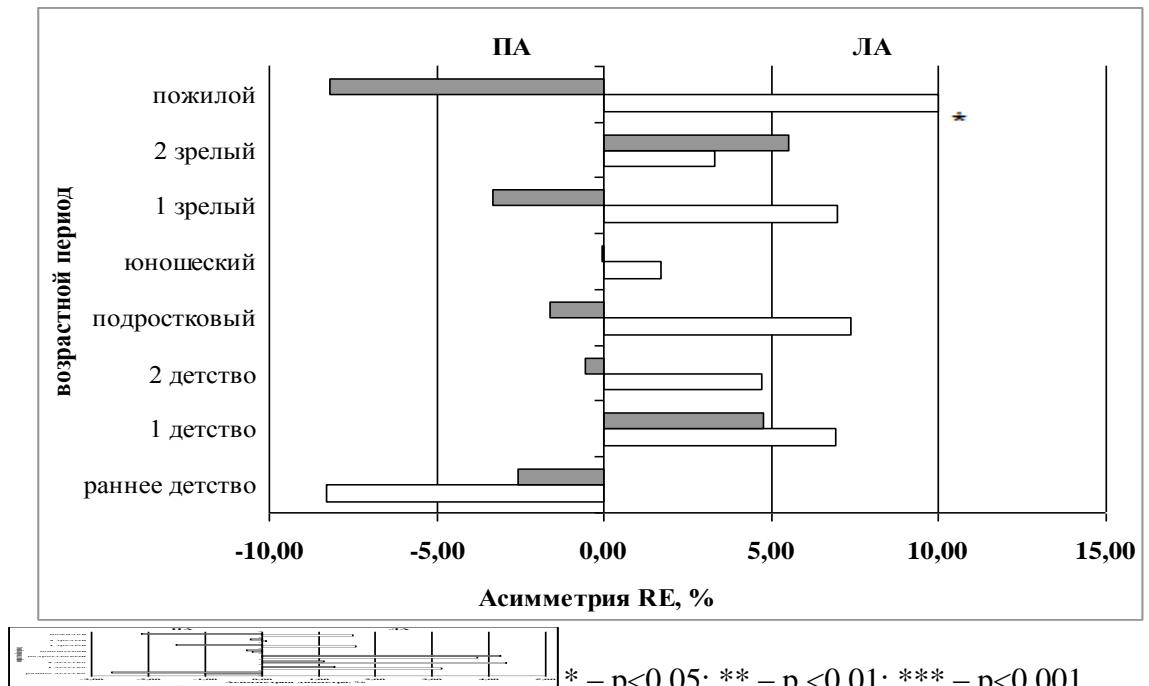
Асимметрия объемной скорости кровотока выявлена у лиц женского пола в периодах первого детства ($p=0,044$), второго детства ($p=0,008$), подростковом ($p=0,006$) и юношеском ($p=0,002$) периодах (рис. 29).

У лиц мужского пола асимметрия в объемной скорости кровотока не выявлена на протяжении всех исследуемых периодов (рис. 29). У лиц женского и мужского пола асимметрия в пиковой систолической, конечной



□ лица женского пола ■ лица мужского пола * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$
 ПА – правосторонняя асимметрия; ЛА – левосторонняя асимметрия

Рис. 29. Асимметрия объемной скорости кровотока во внутренних сонных артериях у лиц мужского и женского пола.



* – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$
 ПА – правосторонняя асимметрия; ЛА – левосторонняя асимметрия

Рис. 30. Асимметрия объемной скорости кровотока во внутренних сонных артериях у лиц мужского и женского пола.

диастолической, средней линейной скоростям кровотока не выявлена на протяжении всех исследуемых периодов (рис. 5, 6).

В показателе напряжения сдвига не выявлено асимметрии у лиц женского и мужского пола на протяжении исследуемых периодов (рис. 9).

Так же не выявлена асимметрия в показателе число Рейнольдса на протяжении всех исследуемых периодов у лиц обоих полов, за исключением пожилого возраста у лиц женского пола ($p=0,015$) (рис. 30).

Обсуждение результатов

Целью настоящей работы было изучение изменчивости диаметра и гемодинамических параметров экстракраниальной части внутренней сонной артерии, как основной кровеносной магистрали головного мозга, в разные возрастные периоды в зависимости от пола человека и локализации артерии.

В проведенном исследовании показано, что диаметр ВСА достигает дефинитивных значений асинхронно в зависимости от пола и асимметрии артерии. Диаметр ЛВСА достигает взрослых значений к периоду второго детства у лиц женского пола, к подростковому возрасту у лиц мужского пола. Диаметр ПВСА достигает дефинитивных значений к юношескому периоду независимо от пола. Выявлено прогрессивное увеличение диаметра ВСА с возрастом. Такая возрастная динамика диаметра ВСА может быть объяснена темпами роста мозга. Мозг имеет характерную кривую постнатального роста: у новорожденного мозг уже достигает 25% своего дефинитивного веса, у пятилетнего ребенка – 90%, у десятилетнего – 95% [Аршавский И. А., 1975]. Выявленные половые различия возрастной динамики диаметра ВСА также согласуются с тем фактом, что девочки созревают в среднем на два года раньше, чем мальчики [Баранов А.А. с соавт., 2008]. Наши результаты

согласуются с данными других авторов. По данным многочисленных исследований диаметры и другие морфологические параметры артерий, кровоснабжающих мозг, с возрастом изменяются [Румянцева И.В., 2005; Гладилин, Ю.А. 2006; Лабзин В.И. с соавт., 2006; Шишелова О.В. с соавт., 2006; Фомкина О.А., 2006; Горбунов О.А., 2007; Куртусунов Б.Т., 2009; Маркелова М.В., 2010; Николенко В.Н. с соавт., 2006, 2009], однако проявление этой возрастной закономерности у разных артерий неодинаково и происходит асинхронно [Гладилин Ю.А., 2006; Речкалов А.А., 2006]. В.М. Трошин [1995] отмечает, что постнатальная морфологическая дифференцировка артерий продолжается до 12-летнего возраста, только средняя мозговая артерия заканчивает свое формирование к 7 годам. 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. Автор отметил, что наиболее отличаются размеры артерий у лиц юношеского и второго периода зрелого возраста. Полученные нами данные диаметра ВСА несколько выше результатов, полученных Ю.А. Гладилиным [2006] на аутопсийном материале для юношеского, зрелого, пожилого и старческого возраста. Это говорит о том, что данные, полученные на аутопсийном материале, не могут быть экстраполированы на живой организм. 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 то время как 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. 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.

Процессы старения артериальных сосудов принято объяснять гистологическими изменениями в сосудистой стенке. Основные процессы происходят в медиальном и внутреннем слоях артерий. Эндотелиальные клетки интимы меняют свой размер и форму, их функция прогрессивно ухудшается. Отмечается утолщение эндотелиального слоя, отделение эндотелиальных клеток от гладкомышечных. Развивается эндотелиальная дисфункция. Субэндотелиальный слой утолщается, количество соединительной ткани увеличивается. Ассоциированное с возрастом нарушение функции эндотелия у мужчин развивается раньше, а у женщин его резкое ухудшение начинается во время менопаузы. В медиальном слое наблюдается истончение, расщепление, фрагментация эластических волокон. Их дегенерация связана с увеличением коллагена и базального вещества, снижением эластина и часто с отложением кальция. В возрастном диапазоне 20–80 лет в грудной аорте человека содержание растяжимых эластических волокон уменьшается на 37 %, а более жестких коллагеновых увеличивается на 51 % [Faber M. et al., 1952]. Следствием вышеописанных процессов является увеличение внутреннего и наружного диаметров, а также толщины стенки артерий эластического типа, повышение модуля упругости и снижение растяжимости крупных артерий.

Нельзя исключать вклад повышенного артериального давления в увеличение диаметра артерий с возрастом. Отмечено, что с возрастом происходит увеличение артериального давления [Костюченко Л.Н., 2007]. Увеличение диаметра ВСА после первого в (ПВСА) или второго (ЛВСА) зрелого периода к старческому составляет не более 5% и может быть связано

с тем, что с возрастом происходит увеличение артериального давления (АДС) от 120 мм рт. ст. до 140 – 150 мм рт. ст. [Власов Ю.А., 1985]. Как показано в работе О.В. Филатовой с соавт. [1995, 2003] на изолированных препаратах общей сонной артерии увеличение давления от 120 до 150 мм рт. ст. вызывает прирост диаметра артерии на 5%. Данные Ю. А. Гладилина о том, что в диапазоне от 19 до 80 лет не происходит увеличения толщины стенки ВСА свидетельствуют скорее в пользу влияния повышенного давления в пожилом возрасте на диаметр ВСА.

Выявленное нами снижение линейной скорости кровотока во ВСА на 45–50 % с возрастом согласуется с данными большинства исследователей [Sheel P. et al., 2000; Смирнов К.В. с соавт., 2001; Сэржээ Д. с соавт., 2003]. Наше исследование подтвердило данные К.В. Смирнова с соавт. [2001] о том, что параметры линейной систолической и диастолической скорости кровотока меняются в зависимости от возраста. В целом наши данные согласуются с данными К.В. Смирнова с соавт. [2001] для широкого возрастного диапазона, О.В. Шишеловой с соавт. (2006) для периодов второго детства, подросткового и юношеского возраста, В.П. Носова с соавт. [2005] для лиц пожилого возраста.

Обнаруженные нами возрастные изменения линейной и объемной скоростей потока могут быть объяснены онтогенетической динамикой МОК. МОК, характерным свойством которого является его тесная связь с ростом организма, увеличивается параллельно росту организма и останавливается с его окончанием. В этот момент МОК имеет наибольшее значение, которое у мужчин отмечается к периоду первой зрелости, а у женщин к юношескому периоду, после чего в течение всей последующей жизни происходит экспоненциальное снижение МОК. На протяжении всего жизненного цикла МОК у мужчин выше, чем у женщин [Власов Ю.А., 1985]. Общеизвестно, что возрастное увеличение МОК связано с необходимостью удовлетворения

возрастающего общего кислородного запроса, а снижение интенсивности кровотока – с уменьшением интенсивности потребления кислорода [Лауэр Н.В. с соавт., 1966; Колчинская А.З., 1973; Гуревич М.И., 1978; Шахлина Л.Г. с соавт., 2008]. Система кровообращения благодаря своей многоуровневой организации обеспечивает адекватное кровоснабжение органов и тканей. В каждый возрастной период растущего организма она претерпевает изменения, продиктованные физиологической целесообразностью [Грибанов А.В. с соавт., 2011]. Во время развития организма происходит онтогенетическое преобразование кровеносного русла, при этом устанавливается уровень органного кровотока [Беличенко В.М. с соавт., 2004]. Церебральное кровообращение обладает высоким уровнем автономии, но при этом его нельзя рассматривать изолированно от системной гемодинамики, так как система мозгового кровообращения является частью систем более высокого порядка (например, сердечно–сосудистой системы) [Лелюк С.Э. с соавт., 2010]. Имеются сведения о том, что на мозговую гемодинамику может влиять сердечный выброс [Одинак М.М. с соавт., 1997; Ронкин М.А. с соавт., 1997; Шевченко Ю.Л. с соавт., 2006; Будаев А.В., 2008]. Показано, что мозговой кровоток снижается с уменьшением сердечного выброса [Будаев А.В., 2008; Jefferson A. et al., 2010]. В работах С.В. Недогада с соавт. [2006], Л.Н. Костюченко [2007], отмечено снижение сердечного выброса с возрастом, с 50–летнего возраста сердечный выброс уменьшается на 1 % в год. Имеются сведения об изменении величины мозговой фракции сердечного выброса на разных этапах индивидуального развития [Палеев Н.Р. с соавт., 1980; Виничук С.М. с соавт., 1984; Исупов И.Б., 1996, 2001]. Снижение сердечного выброса приводит к снижению уровня объемного кровотока в магистральных артериях головы [Фонякин А.В. с соавт., 2002]. Было так же показано, что снижение показателей общей гемодинамики в виде недостаточной сократимости сердца является одним из

гемодинамических факторов, лежащих в основе формирования начальных проявлений недостаточности мозгового кровообращения [Машин В.В. с соавт., 2009]. 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, при этом процентная доля церебрального кровотока в сердечном дебите также значительно увеличивалась, но в меньшей степени – в 1,23 раза. Мозговая гемодинамика в дальнейшем с возрастом уменьшается [Шахнович А.Р. 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, т. е. 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 С.Е., 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 % по сравнению с группой 25–30 лет [Москаленко Ю.Е. с соавт., 2010].

Систо-диастолическое отношение – отношение величины пиковой систолической скорости кровотока к конечной диастолической скорости является косвенной характеристикой состояния сосудистой стенки, в частности ее эластических свойств. Индекс сосудистого сопротивления (RI) и пульсационный индекс (PI) позволяют косвенно судить о величине сосудистого сопротивления. Все эти три показателя имеют сходную динамику: остаются на одном уровне с небольшими колебаниями от периода

раннего детства до второго зрелого возраста статистически значимо увеличиваются к пожилому возрасту. Полученные нами результаты согласуются с данными других авторов [Румянцева И.В., 2005, Смирнов К.В. с соавт., 2001, Сэржээ Д. с соавт., 2003], свидетельствуют о том, что сосудистое сопротивление ВСА снижается к периоду второго детства по сравнению с предыдущими возрастными периодами, возрастает к подростковому возрасту, затем стабилизируется, снижается у женщин к первому зрелому, а у мужчин ко второму зрелому возрасту. Сосудистое сопротивление ВСА увеличивается к пожилому возрасту у представителей обоего пола. Наши данные, касающиеся RI, имеют более низкие значения в периодах от раннего детства до второго зрелого возраста по сравнению с данными К. В Смирнова с соавт. [2001], для жителей нашего региона. Что свидетельствует о необходимости уточнения нормативных значений каждые десять лет.

Полученные возрастные и половые особенности вязкости крови могут быть объяснены возрастными изменениями крови. И.В. Исаева с соавт. (2005) показали, что с возрастом изменяется количество эритроцитов и гемоглобина. Исследователи выявили общую, не зависимую от пола динамику увеличения количества эритроцитов и гемоглобина с грудного возраста до 13–14 лет. В целом, показатели гематокрита у мужчин выше, чем у женщин. У мужчин количество эритроцитов составляет $(4 - 5,6) \cdot 10^{12}$ клеток/л, у женщин – $(3,5 - 5,1) \cdot 10^{12}$ клеток/л, а у детей – $(3,8 - 4,9) \cdot 10^{12}$ клеток/л. К 65–70 годам у мужчин уменьшалось количество эритроцитов крови с $4,51 \cdot 10^{12}$ клеток/л до $4,39 \cdot 10^{12}$ клеток/л ($p < 0,001$). Содержание эритроцитов в крови у женщин составляло $4,07 \cdot 10^{12}$ клеток/л, у мужчин $4,39 \cdot 10^{12}$ клеток/л, гемоглобина – 125 г/л и 136 г/л соответственно ($p < 0,001$) [И. В. Исаева с соавт, 2005]. Данные, касающиеся изменения вязкости крови в пожилом и старческом возрасте, достаточно противоречивы. В работе Ф.

Jung et al. [1986] приводятся данные о том, что не выявлено зависимости вязкости крови и вязкости плазмы от возраста. В то же время имеются данные о том, что у пожилых людей вязкость крови повышена [Сушкова М.А., 2002; Коркушко О.В. с соавт., 2007]. По мнению О.В. Коркушко с соавт. [2007] в процессе старения человека изменяются реологические свойства крови, и интегральным показателем этих изменений является повышение вязкости крови. Из плазменных факторов крови, оказывающих влияние на вязкость крови при старении, следует выделить повышение концентрации фибриногена крови и изменение липидного состава крови (повышение уровня холестерина, как общего, так и ХС ЛПНП и снижение ХС ЛПВП). Из клеточных факторов, оказывающих влияние на повышение вязкости крови при старении человека, следует выделить повышение агрегационной способности эритроцитов, снижение их деформируемости и электрофоретической подвижности, повышение спонтанной агрегации тромбоцитов и их агрегационной активности к различным индукторам агрегации (АДФ, адреналин, коллаген), а также повышение их адгезивной способности [Коркушко О.В. с соавт., 2007]. В нашей работе получено снижение вязкости крови у мужчин и повышение вязкости у женщин к пожилому возрасту. Возможно, расхождение полученных нами результатов с литературными данными о повышении вязкости с возрастом обусловлено тем, что у обследованных нами испытуемых пожилого и старческого возраста не было выявлено гиперхолестеринэмии.

Интерес к половым различиям гемодинамических параметров ВСА связан с тем фактом, что до наступления менопаузы у женщин в 3 раза реже встречаются заболевания коронарных артерий, чем у мужчин. После наступления менопаузы частота сердечно-сосудистых заболеваний становится у них одинаковой, а еще позднее женщины даже опережают мужчин по частоте сердечно-сосудистых заболеваний [Grady D. et al, 2002;

Writing Group for ..., 2002]. Такая же тенденция существует и в отношении заболеваний сосудов головного мозга [Gangar K.F. et al., 1991; Penotti M., 1996]. Полученные в нашей работе более высокие значения диаметра ВСА у мужчин являются, скорее всего, проявлением полового диморфизма. Длина тела в среднем у мужчин выше на 12 см, а масса тела – на 10–15 кг чем у женщин [Фалькова Н.И., 1998; Харламов Е.В., 2008]. Половые отличия в величине объемной и линейной скорости потока могут быть связаны с более высоким уровнем МОК у мужчин [Дячук А.В., 2008].

Полученные нами данные позволили уточнить асимметрию морфологических и гемодинамических параметров ВСА в онтогенезе человека с учетом пола испытуемых. Асимметрия по показателю диаметра артерий выявлена в периоды, когда у женщин он достигает дефинитных значений в обеих артериях в периоде второго детства. У мужчин асимметрия диаметра артерий выявлена в периоды, когда рост ЛВСА опережает рост ПВСА в подростковом возрасте. В литературе встречаются противоречивые суждения об асимметрии ВСА [Sheel P. et al., 2000; Лелюк В.Г. с соавт., 2004; Румянцева И.В., 2005; Yazıcı B. et al., 2005; Гладилин Ю.А., 2006; Поляев В.О., 2007; Маркелова М.В., 2009]. Часть авторов обнаруживает доминирование параметров сосудов левого полушария [Гладилин Ю.А., 2006; Королева М.В. с соавт., 2008; Ногина С.П. с соавт., 1988а, 1988б], что согласуется с данными функциональной межполушарной асимметрии. 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. Ю.А. Гладилин [2006] также 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. И.В. Румянцева [2005] не выявила у здоровых людей в возрасте от 4–6 лет, 7–12 лет, 13–17 лет статистически значимых отличий справа и слева во внутренних сонных артериях в показателях линейной систолической, линейной диастолической скоростях кровотока, индексе сосудистого сопротивления.

Нами показано, что процентное распределение лиц с различной асимметрией среди лиц обоего пола приблизительно одинаковое: в равной мере (45 %) встречаются испытуемые, как с левосторонней, так и с правосторонней асимметрией диаметра ВСА (рис. 22). Приблизительно у 10 % испытуемых обоего пола выявлено отсутствие асимметрии диаметра ВСА (рис. 22).

Из наших данных следует, что проявление асимметрии диаметра ВСА отличается у мужчин и женщин. У женщин во всех исследованных возрастных группах за исключением юношеского периода преобладают лица с левосторонней асимметрией диаметра ВСА (рис. 22). Наши результаты согласуются с данными Ю.А. Гладилина [2006], который показал, что у женщин статистически значимое преобладание наружного диаметра и площадь поперечного просвета артерий слева встречается чаще, чем у мужчин. У мужчин лица с левосторонней асимметрией диаметра резко преобладают в подростковом возрасте, в периоды раннего детства, юношеском и пожилом возрасте преобладают представители с правосторонней асимметрией диаметра ВСА (рис. 22). Что также согласуется с данными Ю. А. Гладилина [2006] о том, что суммарная площадь поперечного просвета передней мозговой артерии, прекоммуникационной

части задней мозговой артерии, средней мозговой артерии у мужчин имеет правостороннюю направленность.

При этом без разделения на группы с определенной направленностью асимметрии, внутри возрастной и половой группы левосторонняя асимметрия диаметра ВСА выявляется только в те возрастные периоды, когда рост ЛВСА опережает рост ПВСА. У лиц женского пола это происходит в периоды первого детства и второго детства (рис. 21). У лиц мужского – в подростковом возрасте (рис. 21).

Помимо асимметрии морфологических параметров в литературе имеются сведения об особенностях гемодинамических показателей артерий в зависимости от асимметрии артерии [Лелюк В.Г. с соавт., 2004; Румянцева И.В., 2005; Королева М.В. с соавт., 2008; Прыгова Ю.А., 2012]. Замечено, что в норме у здоровых людей допускается асимметрия уровня объемного кровотока по полушариям до 20% [Королева М.В. с соавт., 2008; Поспелова М.Л., 2011]. Отмечается, что асимметрия кровенаполнения левого и правого полушария может быть обусловлена функциональной асимметрией головного мозга [Животова В.А. с соавт., 2010], а также физиологически – отхождением левой сонной артерии непосредственно от дуги аорты [Королева М.В. с соавт., 2008; Марченко Я.В., 2009].

В нашем исследовании выявлена левосторонняя асимметрия объемной скорости кровотока у лиц женского пола в периодах первого ($p=0,044$), второго детства ($p=0,007$), подростковом возрасте ($p=0,006$), юношеском периоде ($p=0,001$) (рис. 24). Несмотря на выявленные различия по показателю объемной скорости кровотока у лиц женского пола, по показателям пиковой систолической, конечной диастолической, средней линейной скорости асимметрия не выявлена на протяжении всех исследуемых периодов постнатального онтогенеза у лиц обоего пола (рис. 2 А, Б; рис. 3), что согласуется с данными Ю.А. Прыговой с соавт.

(2012), И.В. Румянцевой [2005]. Ю.А. Прыгова с соавт. (2012) изучали методом магнитно-резонансной ангиографии гемодинамические характеристики ВСА на шейном и интракраниальном уровнях этого сосуда у здоровых людей в смешанной возрастной группе от 18 до 55 лет. Авторы отметили, что скоростные показатели гемодинамики на всех уровнях внутренней сонной артерии справа и слева статистически значимо не отличаются. И.В. Румянцева [2005] при сравнении доплерометрических показателей не обнаружила статистически значимых различий между скоростными показателями кровотока для правой и левой внутренней сонной артерии в контрольной группе в целом и во всех возрастных подгруппах 4–6 лет, 7–12 лет, 13–17 лет. По данным В.А. Животовой с соавт. [2010] в возрастном диапазоне с 8 до 11 лет большинство детей характеризуются как лица без асимметрии мозгового кровотока (65% в контроле), лево- и правополушарной асимметрией кровоснабжения мозга встречается в 18,7% – 11,8% случаев. В исследовании В.Г. Лелюка с соавт. [2004] приводятся данные в зависимости от асимметрии артерии для взрослых здоровых лиц смешанных по возрасту и полу по общим сонным, внутренним сонным, позвоночным артериям. По данным автора скоростные параметры и индекс сосудистого сопротивления правых и левых сосудов имеют гемодинамические отличия. Так в общих сонных и позвоночных артериях преобладают параметры левых артерий, а во внутренних сонных – правой артерии. И.В. Логачева с соавт. [2005] приводит данные по гемодинамическим характеристикам кровотока в правой и левой внутренних сонных артериях для группы здоровых лиц в возрасте от 40 до 59 лет, смешанной по полу. Согласно данным авторов параметры кровотока не отличаются в правой и левой артериях [Логачева И.В. с соавт., 2005]. М.В. Королевой с соавт. [2008] при обследовании группы лиц женского пола в возрасте от 18 до 32 лет отмечено, что в общих сонных артериях асимметрия

кровотока отсутствует, а во внутренних сонных артериях наблюдается асимметрия систолической скорости в 10% с ее преобладанием в левой артерии. В работе А.В. Токарь с совт. [1989] установлено, что в пожилом и старческом возрасте в правом полушарии кровенаполнение не изменяется, а в левом уменьшается [Токарь соавт., 1989]. В экспериментах на кошках С.П. Ногиной с соавт. [1988] было показано преобладание объемного кровотока в левой общей сонной артерии по сравнению с правой сонной артерией [Ногина с соавт., 1988а, 1988б]. 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.

Величина числа Рейнольдса снижается с возрастом соответственно динамикам показателей линейной скорости кровотока. На протяжении исследованного нами возрастного диапазона число Рейнольдса превышает критическую величину 400 [Митьков В.В., 1996; Цвибель В., 2010; Морман Д., Хеллер Л., 2000; Ультразвуковая диагностика сосудистых..., 2007; Пеллерито Дж., 2010] у лиц мужского пола до подросткового возраста, что свидетельствует о возникновении локальных завихрений в потоке жидкости. У лиц женского пола число Рейнольдса в ЛВСА становится ниже величины 400 в подростковом возрасте, в ПВСА – в юношеском периоде. Наши данные подтвердили результаты Р.И. Кирсанова [2009] о винтовом характере кровотока во ВСА.

Величины средних скоростей кровотока дают наиболее полное представление об истинной скорости движения частиц в сосуде. Причем величина усредненной по времени средней скорости кровотока является наиболее чувствительным параметром и изменяется уже при слабо выраженной артериальной патологии [Клиническое руководство по..., 2007].

Эндотелий артерий чувствителен к напряжению сдвига, которое тесно связано с линейной скоростью потока. Изменение напряжения сдвига является триггером эндотелий-зависимой поток-индуцируемой реакции [Мелькумянц А. М. с соавт., 1982, 1985, 1986, 1989]. Диаметр артерий приспособливается к хронически действующему напряжению сдвига на стенку артерии, что было подтверждено экспериментами с хроническим уменьшением кровотока [Langille L. B. et al., 1986]. Langille L. B. et al., [1986] показали, что снижение кровотока на 70% в одной из сонных артерий приводит в течение двух недель к уменьшению ее диаметра на 21%, которое не снимается спазмолитиками. Это свидетельствует о структурных изменениях сосудистой стенки, происходящих под действием длительно сниженного напряжения сдвига. Изменений диаметра не происходило, если артерия была денудирована. Известно, что при определенных патологических условиях турбулентный поток нарушает целостность эндотелия, что приводит в конечном итоге к атеросклеротическому поражению артерий [Педли Т., 1983]. ВСА являются наиболее уязвимым звеном в развитии нарушений мозгового кровообращения ишемического характера [Ключникова О.А. с соавт., 2009]. Стенозирующий атеросклероз ВСА в 40% случаев является причиной ишемического инсульта и дисциркуляторной энцефалопатии [Миронов Н.П. с соавт., 2009]. Стенозирующий атеросклеротический процесс, как правило, локализуется в области бифуркации и устьях магистральных артерий. Каротидный бассейн гемодинамически значимо поражается на 20 % чаще, чем вертебро-базиллярный. Поражение экстракраниальных частей артерий встречается в 4 раза чаще интракраниальных участков сосудов [Верещагин Н.В с соавт., 1987; Ультразвуковая доплеровская диагностика ..., 1998].

Отсутствие половых отличий и асимметрии по показателям средней линейной скорости кровотока и напряжения сдвига (за исключением

половых отличий в подростковом возрасте в ПВСА и периоде раннего детства в ЛВСА) демонстрирует, что в правой и левой ВСА независимо от пола поддерживаются такие гемодинамические параметры кровотока (диаметр, сопротивление, величина объемной скорости потока), которые необходимы для нормального кровоснабжения головного мозга.

Результаты нашего исследования еще раз подтвердили положение о том, что церебральная гемодинамика имеет функционирующие механизмы ее ауторегуляции, поддерживающие постоянство церебрального кровотока, которое, как показывают данные нашего исследования, обеспечивает оптимальные параметры средней скорости кровотока и напряжения сдвига независимо от пола и асимметрии сосуда.

ВЫВОДЫ

1. Диаметр внутренних сонных артерий увеличивается с возрастом. Наиболее интенсивное увеличение диаметра внутренних сонных артерий происходит в периоде от раннего детства до подросткового возраста и от первого зрелого до пожилого возраста.
2. Изменение сосудистого сопротивления внутренних сонных артерий с возрастом имеет асинхронный характер с фазами повышения к подростковому и пожилому возрасту.
3. Величина вязкости крови от периода раннего детства до второго детства имеет более низкие значения, достигает взрослых значений к подростковому возрасту.
4. 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.
5. Величина диаметра внутренних сонных артерий, индекса сосудистого сопротивления, объемной скорости кровотока, вязкости крови в большинстве возрастных периодов у лиц мужского пола выше, чем у лиц женского пола.
6. Индекс сосудистого сопротивления, объемная скорость кровотока во внутренних сонных артериях в большинстве наблюдений отличаются справа и слева.
7. Средняя линейная скорость и напряжение сдвига в обеих внутренних сонных артериях на всем протяжении постнатального онтогенеза симметричны и не имеют половых различий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамова, М.Ф. Ультразвуковое дуплексное сканирование и клинические особенности экстракраниальных аномалий внутренних сонных артерий у детей/ М.Ф. Абрамова, Н.С. Шурупова // Педиатрическая фармакология. – 2009. – Т.6, № 3. – С. 80 – 83.
2. Аврунин, А.С. Асимметрия параметров – основа структуры пространственно–временной организации функций/ А.С. Аврунин, Н.В. Корнилов // Морфология. – 2000. – Том 117, №2. – С. 80 – 85.
3. Агафонов, А.В. Клинические и структурно–функциональные особенности состояния сердца и сосудов эластического и мышечного типов, их прогностическая значимость у больных артериальной гипертензией старших возрастов: автореф. дис...докт. мед. наук: 14.00.06/ Агафонов Александр Валерьевич. – Пермь: 2007. – 48 с.
4. Александрин, В.В. Асимметрия объемного кровотока в сонных артериях крыс/ В.В. Александрин, В.Л. Кожура, И.С. Новодержкина // Материалы конференции «Структурно–функциональные и нейрохимические закономерности асимметрии и пластичности мозга», 2006. – Режим доступа: <http://cerebral-asymmetry.narod.ru/AlexandrinConf2006.htm>
5. Андрианова, Е.В. Особенности кровенаполнения сосудистых бассейнов головного мозга у больных атеросклеротической дисциркуляторной энцефалопатией/ Е.В. Андрианова, С.А. Чумаков// Вестник КРСУ. – 2010. – Том 10, № 12. – С. 62 – 65.
6. Аршавский, И.А. Основы возрастной периодизации / Возрастная физиология. В серии: Руководство по физиологии/ И.А. Аршавский. – Л.: Наука, 1975. – С. 5 – 67.

7. Багаев, С.Н. Закономерности ветвления кровеносного русла: препринт № 2/ С.Н. Багаев, В.Н. Захаров, В.А. Орлов. – Новосибирск: СО РАН, ИПП «Офсет», 2000. – 60 с.
8. Багаев, С.Н. О необходимости винтового движения крови/ С.Н. Багаев, В.Н. Захаров, В.А. Орлов // Российский журнал биомеханики. – 2002. – Т. 6 (4). – С. 30 – 51.
9. Багаев, С.Н. Физические механизмы транспортных систем живого организма: препринт № 1/ С.Н. Багаев, В.Н. Захаров, В.А. Орлов. – Новосибирск: СО РАН, ИПП «Офсет», 1999. – 52 с.
10. Бадалян, О.Л. Применение Трентала во вторичной профилактике инсульта и при хронической недостаточности мозгового кровообращения/ О.Л. Бадалян, С.Г. Бурд, А.С. Погосян, А.А. Савенков, О.Ю. Тертышник, Е.В. Юшкова // Неврология. Психиатрия. – 2008. – № 26 – Режим доступа: http://rmj.ru/articles_6289.htm
11. Баев, В.М. Влияние возраста на реологические свойства крови взрослых людей/ В.М. Баев // Тромбоз, гемостаз, реология. – 2001. – №5. – С. 40 – 43.
12. Баев, В.М. Влияние пола на реологические свойства крови у взрослых людей/ В.М. Баев // Клиническая лабораторная диагностика. – 2001. – № 12. – С. 33 – 35.
13. Баранов, А.А. Физическое развитие детей и подростков на рубеже тысячелетий/ А.А. Баранов, В.Р. Кучма, Н.А. Скоблина. – М.: Издатель Научный центр здоровья детей РАМН, 2008. – 216 с.
14. Безобразова, В.Н. Влияния неблагоприятных экологических факторов на развитие кровообращения головного мозга /В.Н. Безобразова// Альманах «Новые исследования». – 2002. – № 1. – С. 37–41.
15. Безобразова, В.Н. Функциональное состояние кровообращение головного мозга у детей 5-9 лет / Безобразова В.Н. // Физиология

развития человека: Матер, международная конференция посвященная 55-летию ИВФ РАО: – М., 2000.– С.89–90.

16. Безобразова, В.Н. Функциональное состояние кровообращения головного мозга и конечностей у детей 5–17 лет на разных этапах онтогенеза/ В.Н. Безобразова, С.Б. Догадкина// Альманах «Новые исследования». – 2003. – № 1(4). – С.200 – 207.
17. Безобразова, В.Н. Функциональное состояние кровообращения головного мозга и предплечья у детей 5–9 лет/ В.Н. Безобразова, С.Б. Догадкина //Физиология человека. – 2001.– Т.27, №5. – С.49–53.
18. Безобразова, В.Н. Функциональное состояние кровообращения головного мозга детей 5–летнего возраста/ В.Н. Безобразова, Е.С. Зиненко// Новые исследования. – 2008.– Т.1. – № 14–1. – С.36 – 40.
19. Беков, Д.Б. Изучение индивидуальной анатомической изменчивости одна из задач современной морфологии/ Д.Б. Беков// Архив анатомии, гистологии. и эмбриологии. – 1991.– Т.101. – № 7. – С. 85–88.
20. Беков, Д.Б. Индивидуальная анатомическая изменчивость организмов, систем и форм тела человека/ Д.Б. Беков. – Киев: Здоровье, 1988.–312 с.
21. Беличенко, В.М. Новые материалы к пониманию механизмов онтогенеза кровеносной системы теплокровных/ В.М. Беличенко, Т.А. Григорьева, И.М. Коростышевская, К.А. Шошенко // Бюллетень СО РАМН. – 2004. – №2 (112). – С. 114–117.
22. Белопасов, В.В. Клинические варианты и этиопатогенез нарушений мозгового кровообращения у женщин в репродуктивном периоде/ В.В. Белопасов, Е.А. Каховский // Неврологический вестник. – 2000. – №4. – С. 62 – 64.
23. Бендов, Д.В. Одномоментная каротидная эндартерэктомия и коронарное шунтирование у пациентов с двусторонним поражением сонных

- артерий/ Д.В. Бендов, А.В. Наймушин, А.Ю. Баканов, М.Л. Гордеев // Артериальная гипертензия. – 2009. – № 4, Том 15. – С. 502– 506.
24. Богданова, Е.С. Результаты исследования брахиоцефальных артерий методом дуплексного сканирования/ Е.С. Богданова, И.Ю. Логина // Бюллетень Восточно–Сибирского научного центра СО РАМН. – 2009. – № 3. – С. 306–306.
25. Боголепова, И.Н. Цитоархитектоническая асимметрия корковых полей и хвостатого ядра мозга человека /И.Н. Боголепова, Л.И. Малофеева, Н.С. Оржиховская, Т.В. Белогрудь// Функциональная межполушарная асимметрия. Хрестоматия / под ред. Н.Н. Боголепова, В.Ф. Фокина. – М: Научный мир, 2004. – 728 с. – Режим доступа: <http://cerebral-asymmetry.narod.ru/Bogolepova.pdf>
26. Боголепова, И.Н. Структурная асимметрия речедвигательных полей 44 и 45 коры мозга человека в постнатальном онтогенезе/ И.Н. Боголепова, Л.И. Малофеева, Х.Б.М. Улингс// Бюллетень экспериментальной биологии и медицины». – 1999. – №10. – С. 471 – 476.
27. Борисов, С.В. Межполушарная асимметрия альфа–активности ЭЭГ при асимметричном предъявлении арифметических задач/ С.В. Борисов, А.Я. Каплан// Актуальные вопросы функциональной межполушарной асимметрии. Российская академия медицинских наук, медико–биологическое отделение. Научно–исследовательский институт мозга. – М.: 2001. – С. 42 – 44.
28. Будаев, А.В. Общие закономерности, патогенетическая значимость и коррекция ранних постреанимационных изменений мозгового кровотока (экспериментальное исследование): автореф. дис. ...докт. мед. наук: 14.00.16/ Будаев Алексей Владимирович. – Кемерово, 2008 – 30 с.
29. Васильченко, В.В. Дуплексное сканирование при обследовании детей с цефалгиями: возможности, цели, преимущества/ В.В. Васильченко, Г.А.

- Каркашадзе // Педиатрическая фармакология. – 2006. – Т. 3, № 3. – С. 54 – 58.
30. Верещагин, Н.В. Недостаточность кровообращения в вертебрально–базиллярной системе/ Н.В. Верещагин // Consilium Medicum. – 2001. – № 15, Том 4 – Режим доступа: <http://www.consilium-medicum.com/article/13845>
31. Верещагин, Н.В. Современное состояние и перспективы развития ангиологии/ Н.В. Верещагин, Ю.К. Миловидов, Т.С. Гулевская. – М.:ВНИИМИ. –1987. – С. 90.
32. Виничук, С.М. Соотношение между системной и мозговой гемодинамикой у здоровых лиц молодого возраста/ С.М. Виничук, А. Зелигер // Физиологический журнал. – 1984.–Т.30,№6.–С.684–687.
33. Власов, Ю.А. Онтогенез кровообращения человека/ Ю.А. Власов – Новосибирск, – 1985. – 266 с.
34. Вольф, Н.В. Половой диморфизм функциональной организации мозга при обработке речевой информации/ Н.В. Вольф, О.М. Разумникова // Функциональная межполушарная асимметрия. Хрестоматия / под ред. Боголепова Н.Н., Фокина В.Ф. – М.: Научный мир. – 2004. – С.386–410.
35. Гайтон, А. Физиология кровообращения. Минутный объем сердца и его регуляция: пер с англ./ А. Гайтон. – М.: Медицина, 1969. – 472 с.
36. Герасимов, И.Г. Функциональная асимметрия и рН/ И.Г.Герасимов // Вестник новых медицинских технологий. – 2011 – № 1. – Режим доступа: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2011-1/1820.pdf>
37. Гистология / под ред. Афанасьева Ю.И., Юриной Н.А. 5 –е изд. – М.: Медицина, 2002. – 744 с.
38. Гладилин, Ю.А. Вариантная анатомия внутренней сонной артерии, артериального круга большого мозга и мозговых артерий: автореф.

- дисс....докт. мед. наук: 14.00.02/ Гладилин Юрий Александрович. – Саранск, 2006 – 47 с.
39. Голубева, Л.В. Влияние каротидной эндартерэктомии на неврологические и нейропсихологические функции / диссертация ... кандидата медицинских наук: 14.00.13/ Голубева Людмила Викторовна. – Москва, 2006. – 118 с.
 40. Горбунов, А.В. Морфогенез артерий головного мозга и его экспериментально– клиническое значение // диссерт....докт. мед. наук: 14.00.02/ Горбунов Алексей Викторович. – Астрахань, 2007 – 278 с.
 41. Грибанов, А.В. Вариабельность сердечного ритма: анализ и интерпретации: методические рекомендации / А.В. Грибанов, Т.В. Волокитина, Э.В. Леус. – Архангельск, 2001. – С. 5.
 42. Грибанов, А.В. Возрастная динамика морфофункционального состояния сердца у школьников севера/ А.В. Грибанов, И.Н. Малофеевская // Экология человека. – 2011. – №11. – С.25–30.
 43. Гудков, А.Б. Морфофункциональное состояние сердца и магистральных сосудов у детей школьного возраста: монография/ А.Б. Гудков, О.В. Шишелова. – Архангельск: Изд–во Северного государственного медицинского университета, 2011. – 169 с.
 44. Гуревич, М.И. О соотношениях центральных и местных механизмов регуляции гемодинамики/ М.И. Гуревич // Физиологический журнал СССР. – 1978. – Т.64, № 5. – С.589–606.
 45. Дейви, Э.П. Признаки и симптомы сердечной недостаточности/ Э.П. Дейви, Д. Мак Муррей // 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.
 46. Дуданов, И.П. Клинико–патогенетические аспекты ранних нарушений мозгового Кровообращения при стенозе сонных артерий

- атеросклеротического генеза/ И.П. Дуданов, Н.С. Субботина, М.М. Буркин, В.А. Теревников// ВЕСТНИК хирургии им. И.И. ГРЕКОВА. – 2003.–№ 1. – С.11–16.
47. Дячук, А.В. Анализ показателей кровообращения при наличии предрасположенности к сердечно–сосудистым заболеваниям/А.В. Дячук // Вестник Санкт–петербургского университета. – 2008. – Сер.11, прил. к вып. № 1. – С. 18 – 23.
48. Евтушенко, С.К. Роль патологической извитости сонных артерий в развитии нарушений мозгового кровообращения у детей/ С.К. Евтушенко, Е.В. Лисовский// Украинский вестник психоневрологии. – 2002. – Т. 14, вып. 1. – С. 157 – 160.
49. Животова, В.А. Реоэнцефалографическое исследование асимметрии мозгового кровотока у здоровых детей и детей с ММД/ В.А. Животова, Н.В. Воронова// Физиология адаптации. Материалы 2–ой Всероссийской научно–практической конференции г. Волгоград, 22–24 июня 2010 г., – С. 248 – 251.
50. Засорин, С.В. Ультразвуковая оценка каротидных стенозов: методы, возможности и ограничения/ С.В. Засорин, В.П. Куликов, А.А. Карпенко// Ангиология и сосудистая хирургия. – 2012. – Т. 18, № 3. – С. 33 – 42.
51. Захаров, В.В. Нарушения памяти/ В.В. Захаров, Н.Н. Яхно. – М.: ГеотарМед, 2003. – 150 с.
52. Зубарева, Е.А. Транскраниальное дуплексное сканирование у детей/ Е.А. Зубарева, И.В. Рычкова, М.А. Казанцева, О.И. Аверьянова, С.К. Мензелинцева // Функциональная диагностика. – 2010. – № 3. – С. 96 – 97.
53. Иванова, О.В. Определение чувствительности плечевой артерии к напряжению сдвига на эндотелий как метод оценки состояния

- эндотелийзависимой вазодилатации с помощью ультразвука высокого разрешения у больных с артериальной гипертензией/ О.В. Иванова, А.Н. Рогозова, Т.В. Балахонова// Кардиология. – 1998. – 38 (3). – С. 37 – 41.
54. Ившин, А.А. Мозговое кровообращение – зеркало гестоза?/ А.А. Ившин// Лечащий врач. – 2006. – № 310. – С. 45 – 49.
55. Исаева, И.В. К вопросу о половых и возрастных особенностях крови/ И.В. Исаева, С.В. Шутова, Д.В. Максинев, Г.В. Медведева // Современные наукоемкие технологии. – 2005. – №4. – С. 45.
56. Исмаил, А. Физическая реабилитация при хронической недостаточности мозгового кровообращения (дисциркуляторная энцефалопатия)/ А. Исмаил // Теорія і методика фізичного виховання і спорту. – 2008. – №2. – С. 29–32. – Режим доступа: http://www.nbu.gov.ua/portal/Soc_Gum/TMFVS/texts/2008_2/08aiscde.pdf
57. Исследование системы крови в клинической практике / Под ред. Г.И. Козинца, В.А. Макарова. – М., 1997. – 200 с.
58. Исупов, И.Б. Системные закономерности типологических регуляций общего и регионарного кровообращения в различных возрастных группах населения: автореф. дис... канд.мед.наук: 14.00.17/ Исупов Игорь Борисович. – М.,1996.–24 с.
59. Исупов, И.Б. Системный анализ церебрального кровообращения/ И.Б. Исупов. – Волгоград: Перемена, 2001.–138 с.
60. Каминский, Л.С. Обработка клинических и лабораторных данных/ Л.С. Каминский. – М.: Медгиз, 1959. – 196 с.
61. Катеренюк, И.М. Вариабельность артериального круга большого мозга / И.М. Катеренюк //Морфология. – 1993. – Т.105, № 9–10. – С. 91.
62. 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: 03.00.13; 14.00.16/
Кирсанов Роман Иванович. – Новосибирск, 2009. – 142 с.
63. Клинические рекомендации европейского общества кардиологов – 2007 г. – М., 2008. – 186 с.
64. Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике / под ред. Митькова В.В. в 5 томах. – М.: Видар, 1996. – Том 4. – 408 с.
65. Ключникова, О.А. Анатомо–физиологические факторы риска развития ишемического инсульта/ О.А. Ключникова, М.Л. Трещинская, Ю.М. Головченко // Семейна медицина. – 2009. – №1. – С. 33 – 36.
66. Козлов, В.И. Сравнительно–анатомическая характеристика гистоструктуры артерий основания головного мозга у разных отрядов и видов млекопитающих/ В.И. Козлов, В.Х. Хоматов // Арх. анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1991. – Т. 100, № 6. – С. 41 – 50.
67. Колотилов, Н.Н. Перфузия: скорость объемного кровотока/ Н.Н. Колотилов // Лучевая диагностика, лучевая терапия. – 2011 – №3. – С.53 – 57.
68. Колчинская, А.З. Кислородные режимы организма ребенка и подростка/ А.З. Колчинская – К.: Наукова думка, 1973. – 320 с.
69. Коптев, В.Д. Комплексный многофакторный подход в диагностике гемобластозов/ В.Д. Коптев, Т.И. Пospelова, Н.В. Скворцова // Актуальные вопросы современной медицины Россия. – 2011. – С.62–73.
70. Коркушко, О.В. Реологические свойства крови при старении и факторы, их определяющие/ О.В. Коркушко, В.Ю. Лишнеvская, Г.В. Дужак // Кровообращение и гемостаз. – 2007. – № 1. – С.5 – 13.
71. Королева, М.В. Показатели кровотока в магистральных артериях головы у женщин различных фитнес–групп/ М.В. Королева, В.В. Королева, Г.А. Шорин // Вестник ЮУрГУ. – 2008. – №19 – С.109–113.

72. Корякин, А.М. Особенности эндотелиальной дисфункции у больных хроническим алкоголизмом/ А.М. Корякин, Л.А. Ещева, Л.А. Дементьева, А.В. Екимовских, В.М. Коваленко // Сибирский медицинский журнал. – 2011. – Том 26, № 2, Выпуск 1. – С.66–70.
73. Костюченко, Л.Н. Парентерально–энтеральная коррекция дисбаланса аминокислот у пациентов старческого возраста/ Л.Н. Костюченко // Трудный пациент. – 2007 – № 5 – С. 306. – Режим доступа: http://www.t-pacient.ru/archive/n4-2005/n4-2005_15.html
74. Крупина, Н.Е. Состояние церебральной гемодинамики у больных с мальформацией Киари I типа/ Н.Е. Крупина, Л.И. Пышкина, А.А. Кабанов // Неврологический вестник. – 2001. – Т. XXXIII, вып. 3 – 4. – С.18– 23.
75. Кудрявцев, И.Ю. Мониторинг и периоперационные исследования регуляции мозгового кровообращения при эндоваскулярных операциях: автореф. дис. на соисканиеканд.мед.наук: 14.00.13; 14.00.28/ Кудрявцев Игорь Юрьевич. – Москва, 2009. – 28 с.
76. Кузьменко, Е.А. Роль цветового дуплексного сканирования в выявлении субклинического атеросклероза брахиоцефальных артерий у больных гипертонической болезнью/ Е.А. Кузьменко, Л.Е. Кривенко, В.П. Шишкин // Здоровье. Медицинская экология. Наука. – 2012. Т. 1–2. – № 47–48. – С. 198 – 201.
77. Куликов, В.П. Энергетический доплеровский режим в визуализации артерий виллизиева круга/ В.П.Куликов, А.В. Морозов // Ангиология и сосудистая хирургия. – 1996. – № 2. – С. 32–37.
78. Куртусунов, Б.Т. Морфометрическая характеристика позвоночных артерий и их каналов на этапах постнатального онтогенеза человека/ Б.Т. Куртусунов // Астраханский медицинский журнал. – 2010. – № 2, Том 5. – С. 47–50.

79. Лабзин, В.И. Возрастные преобразования внечерепного (внутриканального) отдела позвоночной артерии человека/ В.И. Лабзин, А.А. Родионов // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – 2006. – № S23. – С. 85–87.
80. Лазаренко, В.В. Морфологическая характеристика пиального сосудистого русла некоторых функциональных зон коры большого мозга человека: диссертация ...канд. биол. наук: 14.00.02/Лазаренко Вера Владимировна. – Уфа, 2000 – 163 с.
81. Лазарян, Т.Р. Особенности изменчивости экстракраниальной части внутренней сонной артерии / Т.Р. Лазарян, В.Г. Владимиров, С.А. Заринская, А.С. Захаров, А.А. Баранов // Bulletin of the International Scientific Surgical Association. – 2007. – Vol.2, № 2– 3. – P. 77– 78.
82. Лакин, Г.Ф. Биометрия/ Г.Ф. Лакин. – М.: Наука, 1990. – 306 с.
83. Ланг, Т.А. Как описывать статистику в медицине. Руководство для авторов, редакторов и рецензентов/ Т.А. Ланг, М. Сесик. – М.: Практическая Медицина, 2011. – 480 с.
84. Лауэр, Н.В. О кислородном режиме организма/ Н.В. Лауэр, А.З. Колчинская // Кислородный режим организма и его регулирование. – К.: Наукова думка, 1966. – С.3 – 15.
85. Лелюк, В.Г. Ультразвуковая ангиология/ В.Г. Лелюк, С.Э. Лелюк. – М.: Реальное время, 2003. – 324 с.
86. Лелюк, В.Г. Церебральное кровообращение и артериальное давление/ В.Г. Лелюк, С.Э. Лелюк. – М.: Реальное время, 2004. – 304 с.
87. Лелюк, С.Э. Современные представления о цереброваскулярном резерве при атеросклеротической патологии магистральных артерий головы (обзор литературы)/ С.Э. Лелюк, В.Г. Лелюк // Ультразвуковая диагностика. – 1999. – № 1. – С. 43–55.

88. Лелюк, С.Э. Методологические подходы к ультразвуковой оценке патогенетической и гемодинамической значимости стеноокклюзирующих поражений брахиоцефальных артерий (обзор литературы)/ С.Э. Лелюк, Е.И. Опольская, Е.В. Шлык, В.Г. Лелюк // Электронный журнал Angiologia.ru. – 2010. – №1 – С. 33–50. – Режим доступа:
http://www.angiologia.ru/specialist/journal_angiologia/001_2010/05/
89. Леутин, В.П. Асимметрия мозга и адаптация человека/ В.П. Леутин, Е.И. Николаева, Е.В. Фомина // Асимметрия. – 2007. – Том 1, №1. – С.71 – 73.
90. Логачева, И.В. Состояние мозговой гемодинамики и цереброваскулярной реактивности у больных артериальной гипертонией/ И.В. Логачева, И.В. Иванова, Л.В. Почепцова, И.В. Цыпляшова, О.С. Перевозчикова, С.П. Кривилева // Артериальная гипертензия. – 2005. – Том 11, № 4. – Режим доступа:
<http://www.consilium-medicum.com/artgyper/article/11322/>
91. Лойт, А.А. Хирургическая анатомия головы и шеи/ А.А. Лойт, А.В. Каюков. – СПб: Питер, 2002. – 224 с.
92. Манак, Н.А. Дифференцированный подход к коррекции эндотелиальной дисфункции у больных стабильной стенокардией с факторами риска ишемической болезни сердца (артериальной гипертензией, гиперхолестеринемией, курением)/ Н.А. Манак, И.С. Карпова, А.Е. Кароза, И.А. Козич // Республиканский научно–практический центр «Кардиология», 2004. – 7 с.
93. Маркелова, М.В. Анатомия канала и структурно–морфометрические особенности внутриканального отдела позвоночных артерий у человека: дис....канд. мед. наук: 14.00.02/ Маркелова Марина Владимировна. – Омск, 2009. – 174 с.

94. Марченко, Я.В. Структурная организация микрососудистого русла лицевой области : автореф. дис...канд. мед. наук: 14.00.02/ Марченко Яков Васильевич. – Саранск, 2009. – 24 с.
95. Марченко, Я.В. Морфофункциональные особенности кровоснабжения челюстно-лицевой области человека/ Я.В. Марченко // Морфологические ведомости. – 2008. – № 3-4. – С. 135 – 137.
96. Машин, В.В. Кардиогенная энцефалопатия: клиника поражения головного мозга и церебральная гемодинамика/ В.В. Машин, Н.Р. Васицкий, В.В. Машин, А.С. Атаян, М.М. Асадулаева, А.В. Фонякин, Л.А. Гераскина // Практическая ангиология. – 2009 – №2 (21). – Режим доступа: <http://angiology.com.ua/article/213.html>
97. Международная анатомическая терминология (с официальным списком русских эквивалентов) / Под ред. чл.– кор. РАМН Л.Л. Колесникова. – М.: Медицина, 2003. – 410 с.
98. Мелькумянц, А. М. Исследование чувствительности крупных артерий к скорости течения крови: дис.... канд. биол. наук.– М., 1982. – 140 с.
99. Мелькумянц, А.М. Обусловленная эндотелием регуляция артерий соответственно напряжению сдвига/ А.М. Мелькумянц, С.А. Балашов // Роль эндотелия в физиологии и патологии сосудов. – М.: ВИНТИ. – 1989. – Т. 38. – С. 27 – 60.
100. Мелькумянц, А.М. Вязкость крови – фактор регуляции тонуса артерий/ А.М. Мелькумянц, С.А. Балашов // Международная конференция «Достижения биомеханики в медицине»: Тез. докл.– Рига. – 1986. – Т. 2. – С. 72 – 77.
101. Мелькумянц, А.М. Скорость кровотока постоянно действующий фактор дилатации артерий/ А.М. Мелькумянц, С.А. Балашов // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 1985. – № 1. – С.7 – 9.

102. Мельникова, Л.В. Значение гемодинамических факторов в развитии ремоделирования сосудов мышечно–эластического типа при артериальной гипертензии/ Л.В. Мельникова // Саратовский научно–медицинский журнал. – 2011. – Том 7, № 1. – С. 76 – 79.
103. Миронов, Н.П. Возможности эндоваскулярной хирургии при атеросклеротическом поражении внутренних сонных артерий/ Н.П. Миронов, Н.К. Витько, А.В.Тер–Акопян, Н.Б. Тагаев, А.С. Панков, Д.Б. Денисов, И.Е. Каленова // Диагностическая и интервенционная радиология. – 2009. – Том 3, №4 – С. 42 – 47.
104. Морман, Д. Физиология сердечно–сосудистой системы/ Д. Морман, Л. Хеллер. – Санкт–Петербург: Питер, 2000. – 250 с.
105. Мороз М.П., Удалова Г.П., Захарова А.В. Межполушарная асимметрия при изменении функционального состояния человека/ М.П. Мороз, Г.П. Удалова, А.В. Захарова // Физиология человека. – 1986. – Т. 12, № 2. – С. 179 – 186.
106. Морошкин, В.С. Состояние экстра– и интракраниального кровотока у больных ишемической болезнью сердца/ В.С. Морошкин, О.М. Моисеева, А.В. Панов, Н.В. Морошкина, И.Б. Зуева // Артериальная гипертензия. – 2012. – Т. 18, № 2. – С. 153 – 157.
107. Москаленко, Ю. Е. Возрастные особенности взаимосвязей между мозговым кровотоком, ликвородинамикой и (биомеханическими свойствами черепа человека / Ю.Е. Москаленко , Г.Б. Вайнштейн, П. Хальворсон, Т.И. Кравченко, А. Фейлдинг, Н.А. Рябчикова , В.Н. Семерня , А.А. Панов // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2007 – №7, Том.93. – С.787 – 798.
108. Москаленко, Ю.Е. Функциональное единство систем внутричерепной гемо–ликвородинамики, биомеханических свойств черепа и когнитивной деятельности мозга/ Ю.Е. Москаленко, Г.Б. Вайнштейн,

- Н.А. Рябчикова, П. Хальворсон, Т.И. Кравченко, Т. Варди// Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2010. – Том 9, № 3. – С.43 – 53.
109. Мунис, М. Визуализация в остром периоде инсульта/ М. Мунис, М. Фишер // Журнал невропатологии и психиатрии «Инсульт». – 2001. – Вып. 2. – С. 4–11.
110. Наследов, А.Д. SPSS: Компьютерный анализ данных в психологии и социальных науках/ А.Д. Наследов. – М.: Питер, 2005. – 416 с.
111. Немировская, Т.А. Оценка влияния стенозов и окклюзий внутренней сонной артерии на церебральную гемодинамику при помощи перфузионной рентгеновской компьютерной томографии / Т.А. Немировская, А.М. Немировский, В.И. Данилов, М.К. Михайлов, М.М. Ибатуллин, А.Г. Алексеев // Казанский медицинский журнал. –2011. – № 3, Том 92. – С. 360– 363.
112. Низамов, Ф.Х. Сравнительная характеристика асимметрии параметров артерий различных областей коры полушарий большого мозга человека/ Ф.Х. Низамов, А.А. Речкалов // Материалы конференции «Структурно–функциональные и нейрохимические закономерности асимметрии и пластичности мозга». – 2006. – Режим доступа: <http://cerebral-asymmetry.narod.ru/NizamovConf2006.htm>
113. Низамов, Ф.Х. Асимметрия кровоснабжения полушарий большого мозга в контексте психофизиологической проблемы/ Ф.Х. Низамов // Психология и социология образования. – М.: Труды СГУ, 2002. –С . 114–118.
114. Николаева, И.И. Транскраниальное дуплексное сканирование в оценке состояния мозгового кровообращения у больных нейроциркуляторной дистонией/ И.И. Николаева, Ю.В. Пархоменко, Н.И. Захарова // Забайкальский медицинский вестник. – 2006. – № 1. – С. 12–14.

115. Николенко, В.Н. Возрастная изменчивость, половые особенности и коррелятивные связи диаметра просвета базилярной артерии у взрослых людей/ В.Н. Николенко, Ю.А. Гладилин, О.А. Фомкина // Морфологические ведомости. – 2006. – № 1–2. – С. 157–159.
116. Николенко, В.Н. Возрастно–половая изменчивость морфобиомеханических параметров передней мозговой артерии взрослых людей/ В.Н. Николенко, О.А. Фомкина, И.В. Кириллова, Д.В. Иванов // Саратовский научно–медицинский журнал. – 2009. – № 4, Том 5. – С. 482–485.
117. Новик, Н.Г. Индивидуальные особенности строения Circulus Willisii у взрослого человека/ Н.Г. Новик // Актуальные проблемы современной медицины. – 2007. – Ч.2. – С. 385–387.
118. Новикова, Л.Б. Корреляционные связи при церебральном атеросклерозе по результатам ультразвуковой оценки морфологических изменений сосудов / Л.Б. Новикова, Г.Н. Аверцев // Анналы клинической и экспериментальной неврологии. – 2010. – Т. 4, № 3. – С. 14–19.
119. Ногина, С.П. Особенности гемодинамического режима в правой и левой общих сонных артериях кошки/ С.П. Ногина, Н.В. Саноцкая, Д.Д. Мациевский // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 1988. – Т. 55, № 4.– С. 414–417.
120. Ногина, С.П. Синхронные изменения кровотока в двух общих сонных артериях кошки в условиях системной прессорной реакции на введение катехоламинов/ С.П. Ногина, Н.В. Саноцкая, Д.Д. Мациевский// Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 1988. – Т. 55, № 2.– С.134–138.
121. Одинак, М.М. Сосудистые заболевания головного мозга/ М.М. Одинак, А.А. Михайленко, Ю.С. Иванов, Г.Ф. Семин. – СПб.: Гиппократ, 1997.– 160 с.

122. Ожигова, А.П. К вопросу о морфологическом субстрате функциональной асимметрии мозга/ А.П. Ожигова, Л.М. Мазанова, С.В. Абрамова // Макро– и микроуровни организации мозга. – М., 1992. – С. 116.
123. Оперативная хирургия и топографическая анатомия / под ред. В.В. Кованова. – 2001. – 4-е изд. – М.: Медицина – 408 с.
124. Палеев, Н.Р. Неинвазивный способ определения объемной скорости церебрального кровотока и ее соотношение с минутным объемом сердца/ Н.Р. Палеев, И.М. Каевицер, Б.В. Агафонов // Кардиология. – 1980. – Том 20, №1. – С.54–57.
125. Парфенов, А.С. Анализатор крови реологический. Определение реологических свойств крови/ А.С. Парфенов, А.В. Пешков, Н.А. Добровольский // НИИ физико–химической медицины. – Москва, 1994. – С.15.
126. Патология вертебрально–базиллярной системы и нарушения мозгового кровообращения / Н.В. Верещагин.– М.: Медицина, 1980.–312 с.
127. Педли, Т. Гидродинамика крупных кровеносных сосудов/ Т. Педли: пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 400 с.
128. Петросиенко, Е.С. Влияние межполушарной асимметрии на активность функционирования сердечно–сосудистой системы как меры напряжения сердечных адаптационных механизмов / Е.С. Петросиенко // Асимметрия. – 2011. – Том 5, № 3. – С.15–22.
129. 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: 14.00.27, 14.00.15/ Поляев Василий Олегович. – Саратов, 2007 – 130 с.

130. Поплавская, Л.П. Состояние кровообращения и ликворной системы головного мозга у боксеров высшей квалификации в возрасте 18–28 лет/ Л.П. Поплавская // Физ. воспитание студентов творческих ...– 2001. – № 4. – С. 42–46.
131. 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/ М.Л. Поспелова // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 5. – С. 28–35.
132. Прыгова, Ю.А. Особенности гемодинамики во внутренних сонных артериях, по данным магнитно– резонансной томографии/ Ю.А. Прыгова, Л.А. Савельева, О.Б. Богомякова, А.А. Тулупов // Вестник НГУ. Серия биология и клиническая медицина. – 2012 – № 2, Том 10. – С. 133– 138.
133. Регирер, С.А. Некоторые вопросы гидродинамики кровообращения/ С.А. Регирер // Гидродинамика кровообращения. – М.: Мир, 1971.– С. 242– 264.
134. Регирер, С.А. Основные гидродинамические закономерности движения крови по сосудам/ С.А. Регирер, В.А. Левтов // Физиология кровообращения: физиология сосудистой системы / под ред. Б.И. Ткаченко. – Л.: Наука, Ленингр. отделение, 1984. – С. 55– 93.
135. Речкалов, А.А. Морфофункциональные особенности кровоснабжения зрительной коры полушарий большого мозга человека: дис. на соискание ученой степ. канд. мед. наук: 14.00.02/ Речкалов Алексей Александрович. – Тюмень, 2006 – 118 с.
136. Ронкин, М.А. Реография в клинической практике/ М.А. Ронкин, Л.Б. Иванов. – М.: Медицина, 1997 – 403 с.

137. Росин, Ю.А. Допплерография сосудов головного мозга у детей/ Ю.А. Росин. – СПб.: Издательский дом СПбМАПО, 2006. – 120 с.
138. Румянцева, И.В. Лучевая диагностика вариантов строения магистральных артерий головы у детей: дис. ...канд. мед. наук: 14.00.19/ Румянцева Ирина Викторовна. – Санкт-Петербург, 2005–157с.
139. Русалова, М.Н. Функциональная асимметрия мозга: эмоции / М.Н. Русалова //Функциональная межполушарная асимметрия. Хрестоматия / под ред. Боголепова Н.Н., Фокина В.Ф. – М.: Научный мир. – 2004. – С.322–348.
140. Савицкий, Н.Н. Биофизические основы кровообращения и клинические методы изучения гемодинамики/ Н.Н. Савицкий. – М.: Медицина, 1974. – 311 с.
141. Сатанова, Ф.С. Морфо–функциональные предпосылки межполушарной асимметрии/ Ф.С. Сатанова, О.А. Студитская, Г.Н. Кривицкая, В.Ф. Фокин // Макро– и микроуровни организации мозга. – М., 1992. – С. 131.
142. Смирнов, К.В., Смирнова Ю.В., Сидор М.В., Граф Е.В., Осинцева Л.В. Показатели кровотока в магистральных артериях головы у здоровых лиц / К.В. Смирнов, Ю.В. Смирнова, М.В. Сидор, Е.В. Граф, Л.В. Осинцева // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2001. – №4 – С. 112–116.
143. Соболева, Г.Н. Функциональное состояние эндотелия коронарных и периферических артерий у больных ишемической болезнью сердца и гипертонической болезнью; медикаментозная коррекция выявленных нарушений: автореф. дис....доктора мед. наук: 14.00.06/ Соболева Галина Николаевна. – Москва, 2008. – 49 с.
144. Соломко, А.П. Суточная ритмика центральной и церебральной гемодинамики и психической работоспособности у здоровыхлиц 7–17

- лет проживающих на разных высотах: автореф. дис...канд. мед. наук: / Соломко Александр Петрович. – Бишкек, 1992–21 с.
145. Спиридонов, А.А. Ультразвуковая диагностика патологии артерий нижних конечностей/ А.А. Спиридонов, Ю.И. Бузиашвили, М.В. Шумилина. – Научный центр сердечно–сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева РАМН, ЗАО «Спектрмед», 2002. – 71 с.
146. Спиридонов, А.А. Микрохирургическая реваскуляризация каротидного бассейна/ А.А. Спиридонов, А.В. Лаврентьев, К.М. Морозов, З.К. Пирцхалаишвили// Ангиология. – 2010. – Режим доступа: <http://www.angiologia.ru/specialist/cathedra/textbook/authors/>
147. Статинова, Е.А. Этиологические факторы и особенности клинического течения острых нарушений мозгового кровообращения у женщин/ Е.А. Статинова, В.Г. Назаренко, Н.В. Фоминова, С.В. Селезнева, О.Л. Максименко, Л.Н. Антонова // Медико–соціальні проблеми сім'ї. – 2010 – Том 15, №1. – Режим доступа: http://archive.nbu.gov.ua/portal/Chem_biol/msps/2010_1/12.pdf
148. Суворова, И.А. Психопатологические нарушения и дисфункция эндотелия у больных постинфарктным кардиосклерозом/ И.А. Суворова, А.В. Говорин, Д.Н. Зайцев, О.И. Бочкарева, Н.В. Муха // Забайкальский медицинский вестник. – 2008. – № 1.– С.22–24.
149. Сушкова, М.А. Реология крови и физико–химические свойства эритроцитов у практически здоровых лиц и больных хроническими аллергодерматозами до и после КВЧ–терапии: автореф. дис. канд. мед. наук: 03.00.13; 14.00.11/ М.А.Сушкова. – Саратов, 2002. – №2. – С. 23.
150. Сэржээ, Д. Допплеросонографическое исследование гемодинамики в экстракраниальных магистральных артериях у здоровых/ Д. Сэржээ, А. Улзийхутаг, Ч. Цэрэннадмид, Ж. Сарангэрэл // Сибирский медицинский журнал (г. Иркутск). – 2003. – №1, Том 36. – С.89– 91.

151. Сюткина, Е.В. Мозговой кровоток у новорожденных детей. Обзор / Е.В. Сюткина, Ш.Р. Сафин, А.Э. Григорьев // Физиология человека. – 1995. – Т. 21, № 3. – С. 142 – 161.
152. Тананакина, Т.П. Реоэнцефалография как метод диагностики нарушений кровообращения головного мозга/ Т.П. Тананакина, Е.А. Якобсон, Д.М. Болгов, А.М. Глебов // Український медичний альманах. – 2008. – Том 11, № 1. – С. 276–278.
153. Теплов, С.И. Кровоснабжение и функция органов/ С.И. Теплов. – Л.: Наука, 1987.–125 с.
154. Терещенко, С.Н. Женские половые гормоны как модуляторы гендерных различий в ответе на фармакотерапию сердечно–сосудистых заболеваний/ С.Н. Терещенко, И.В. Жиров, Е.С. Красильникова, Е.Э. Казанцева // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. – 2007. – №5 – С.83–87.
155. Терещенко, С.Н. Особенности сердечнососудистых заболеваний и их лечения у женщин/ С.Н. Терещенко, Т.М. Ускач, И.В. Косицина, Н.А. Джаиани // Кардиология. – 2005. – №1. – С. 98 – 102.
156. Тимина, И.Е. Современный подход к комплексному ультразвуковому исследованию больных с патологической деформацией внутренней сонной артерии/ И.Е. Тимина, Е.А. Бурцева, И.А. Лосик // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2011. – Т. 17. № 3. – С. 49–57.
157. Токарев, А.С., Добровольский Г.Ф., Винокуров А.Г., Крылов В.В. Оперативная анатомия внутренней сонной артерии/ А.С. Токарев, Г.Ф. Добровольский, А.Г. Винокуров, В.В. Крылов // Нейрохирургия. – 2010 – № 4. – С.24– 32.
158. Токарь, А.В., Ена Л.М. Артериальные гипертензии в пожилом и старческом возрасте/ А.В. Токарь, Л.М. Ена. – Киев, 1989. – 222 с.

159. Трисветова, Е.Л. Клиническое значение неинвазивной (ультразвуковой) оценки функции эндотелия/ Е.Л. Трисветова, Н.М. Вараницкая, Р.Ф. Ермолкевич, О.А. Паторская // Медицина. – 2007. – №3 (58). – С.48–51.
160. Трошин, В.Д. Острые нарушения мозгового кровообращения/ В.Д. Трошин, А.В. Густов, О.В. Трошин. – Н.Новгород: НГМА, 1999. – 440с.
161. Трошин, В.Д. Острые нарушения мозгового кровообращения: Руководство/ В.Д. Трошин, А.В. Густов. – 2006. – 3–е изд. пер., доп. – 431с.
162. Трошин, В.М. Ангионеврология детского возраста/ В.М. Трошин, Е.М. Бурцев, В.Д. Трошин. – Н.Новгород: ГИПП «Нижполиграф», 1995. – 480с.
163. Тупицын, И.О. Развитие системы кровообращения/ И.О. Тупицын, И.Г. Андреева, В.Н. Безобразова // 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
164. Тупицын, И.О. Индивидуальные особенности развития системы кровообращения школьников/ И.О. Тупицын, В.Н. Безобразова, С.Б. Догадкина. – М.: ИВФ РАО, 1995. – 64с.
165. Тюлякова, С.Ш. Состояние магистральных сосудов шеи и головы по данным ультразвукового дуплексного сканирования при остром ишемическом инсульте/ С.Ш. Тюлякова, Л.Б. Новикова, А.М. Амирова // Медицинский вестник Башкортостана. – 2011. – Т. 6. № 2. – С. 294–296.
166. Угрюмов, В.М. Регуляция мозгового кровообращения/ В.М. Угрюмов, СИ. Теплов, Г.С. Тиглев. – Л.: Медицина, 1984. – 136 с.
167. Ультразвуковая диагностика сосудистых заболеваний / под ред. В.П. Куликова. –М.: ООО фирма «Стром», 2007. – 512 с.

168. Ультразвуковая доплеровская диагностика сосудистых заболеваний / под ред. Ю.М. Никитина, А.И. Труханова. – М.: «Видар», 1998. – С. 76–101.
169. Учкин, И.Г. Роль ультразвукового дуплексного сканирования в диагностике каротидных стенозов / И.Г. Учкин, Е.С. Александрова, А.Г. Багдасарян // Consilium Medicum. – 2010. – №9, Том 12. – Режим доступа: <http://www.consilium-medicum.com/article/19883>
170. Ушакова, Л.Ю. Ультразвуковое исследование сосудов / Л.Ю. Ушакова // Медицинские новости. – 2009. – №13. – Режим доступа: <http://www.mednovosti.by/journal.aspx?article=4496>
171. Фалькова, Н.И. Анатомические, морфологические, биомеханические и психофизиологические различия мужчин и женщин / Н.И. Фалькова // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту: Збірка наукових праць під ред. Єрмакова С.С.. – Харків: ХХПІ, 1998. – № 9 – С.10–14.
172. Федин, А.И. Эффективность нейрометаболического протектора цитофлавина при инфарктах мозга (многоцентровое рандомизированное исследование)/ А.И. Федин, С.А. Румянцев, М. А. Пирадов, А.А. Скоромец, В.А. Парфенов, Е.Г. Клочева, И.И. Шоломов, И.И. Кухцевич, И.Г. Золкорняев, М.А. Белоногов // Вестник СПбГМА им. Мечникова. – 2005. – №1. – С.13–20 – Режим доступа: <http://medi.ru/Doc/a210307.htm>
173. Филатова, О.В. Взаимодействие давления и потока в регуляции диаметра крупных артериальных сосудов/ О.В. Филатова, А. В. Требухов, В. Д. Киселев. – Барнаул, Изд-во АлтГУ, 2003. – 136 с.
174. Филатова, О.В. Эндотелий-зависимая поток-индуцируемая регуляция диаметра артериальных сосудов в зависимости от возраста, пола, типологии высшей нервной деятельности и механических свойств

- артерий / О.В. Филатова, В.Д. Киселев, И.В. Клименко // II съезд физиологов Сибири и Дальнего Востока, Новосибирск. – 1995.
175. Филимонов, Б.А. Вертебрально – базилярная недостаточность/ Б.А. Филимонов // Consilium Provisorum. – 2002. – № 8, Том 2. – Режим доступа: <http://www.consilium–medicum.com/article/8977>
176. Филимонов, Б.А. Цереброваскулярные заболевания /Б.А. Филимонов // Consilium Provisorum. – 2001. – №6, Том 1. – Режим доступа: <http://www.consilium–medicum.com/magazines/cm/medicum/article/8895>
177. Фокин, В.Ф. Стационарные и динамические свойства функциональной межполушарной асимметрии/ В.Ф. Фокин // Асимметрия. – 2007. – Том 1, №1. – С. 77–79.
178. Фокин, В.Ф. Динамические характеристики функциональной межполушарной асимметрии/ В.Ф. Фокин, Н.В. Пономарева // Функциональная межполушарная асимметрия. Хрестоматия. Под ред. Боголепова Н.Н., Фокина В.Ф. – М.: Научный мир. – 2004. – С.349–368.
179. Фолков, Б. Кровообращение / Б. Фолков, Э. Нил. – М.: Медицина, 1976. – 463 с.
180. Фомкина, О.А. Морфология внутричерепных частей позвоночных, базилярной, мозжечковых и задних мозговых артерий у взрослых людей различного возраста и пола: дис. канд. мед. наук: 14.00.02/ Фомкина Ольга Александровна. – Саратов, 2006. – 162 с.
181. Фонякин, А.В. Стратификация причин кардиоэмболического инсульта/ А.В. Фонякин, Л.А. Гераскина, З.А. Суслина // Неврологический журнал. – 2002. – №2. – С. 8–11.
182. 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.

183. Харахашян, А.В. Цереброваскулярные эффекты антигипертензивной терапии у женщин в перименопаузальном периоде/ А.В. Харахашян, В.П. Терентьев, Н.И. Волкова, Б.Б. Ильясов, О.Ю. Соколов // Артериальная гипертензия. – 2003. – Том 9, № 5 – Режим доступа: <http://www.consilium–medicum.com/article/11208>
184. Харенко, В.Н. 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/ В.Н. Харенко, В.А. Фролов // Мануальная терапия. – 2007. – № 2(26). – С.47– 54.
185. Харламов, Е.В. Конституционально–типологические закономерности взаимоотношения морфологических маркеров у лиц юношеского и первого периода зрелого возраста: автореф. дис...докт. мед. наук:14.00.02/ Харламов Евгений Васильевич. – Волгоград, 2008 – 41 с.
186. Холманский, А.С. Зависимость ресурса функциональной асимметрии мозга от внешних условий/ А.С. Холманский // Асимметрия. – 2009. – Том 3, №1. – С. 51–62.
187. Цвибель, В. Ультразвуковое исследование сосудов/ В. Цвибель, Дж. Пеллерито. перевод с англ. под ред. В.В. Митькова, Ю.М. Никитина, Л.В. Осипова, изд.5– е. – М.: Видар–М, 2008. – 644 с.
188. Червяков, А.В. Морфометрический и биохимический аспекты функциональной межполушарной асимметрии/ А.В. Червяков, В.Ф. Фокин // Асимметрия. – 2007. – № 1. – С.47–57.
189. Чечеткин, А.О. Сравнительная оценка диагностической точности методов ангиовизуализации при стеноокклюзирующем поражении позвоночных артерий / А.О. Чечеткин, А.Ю. Кощев, С.В. Процки, М.В. Кротенкова, М.В. Древаль, С.Н. Куликова, З.А. Суслина // Медицинская визуализация. – 2011. – № 6. – С.109–117.

190. Шарапов, А.Н. Особенности функционального состояния миокарда и мозгового кровообращения детей 7–10 лет с разными вариантами автономной нервной регуляции сердечного ритма/ А.Н. Шарапов, В.Н. Безобразова, С.Б. Догадкина, Г.В. Кमितь, Л.В. Рублева // Физиология человека.–2009.– Т.35, №6. – С.76–84.
191. Шарафеев, А.З. Возможности ультразвукового ангиосканирования в раннем выявлении коронарного атеросклероза/ А.З. Шарафеев, К.Ш. Зыятдинов, Р.Ф. Акберов // Казанский медицинский журнал. – 2011. – Т. 92, № 4. – С. 525–529.
192. Шахлина, Л.Г. Половое созревание девочек, его роль в спортивной подготовке женщин/ Л.Г. Шахлина, Л.В. Литисевич // Спортивная медицина. – 2008 – № 2. – С.6–15.
193. Шахнович, А.Р. Диагностика нарушений мозгового кровообращения. Транскраниальная доплерография/ А.Р. Шахнович, В.А. Шахнович.– М.: Медицина, 1996. – 446 с.
194. Шевченко, Ю.Л. Кардиогенный и ангиогенный церебральный эмболический инсульт (физиологические механизмы и клинические проявления)/ Ю.Л. Шевченко, М.М. Одинак, А.Н. Кузнецов, А.А. Ерофеев. – М.: «ГОЭТАР–Медиа», 2006. – 272 с.
195. Шехтер, А.В. Эластические мембраны стенки артерий/ А.В. Шехтер, Г.В. Нестайко, Л.Д. Крымский // Вестник АМН СССР. – 1978. – № 3. – С. 30–39.
196. Шишелова, О.В. Морфофункциональные особенности брахиоцефальных артерий у детей школьного возраста по данным дуплексного сканирования / О.В. Шишелова, А.Б. Гудков // Экология человека. – 2006. – № 3. – С. 31–35.
197. Щупакова, А.Н. Скрининговая эхоангиография в диагностике атеросклероза у больных артериальной гипертонией/ А.Н. Щупакова //

Медицинские новости. – 2005. – №8. – Режим доступа:
<http://www.mednovosti.by/journal.aspx?article=994>

198. Яруллин, Х.Х. Клиническая реоэнцефалография/ Х.Х. Яруллин– М.: Медицина. – 1983. – 272 с.
199. Albayrak Ramazan Doppler Sonography Evaluation of Flow Velocity and Volume of the Extracranial Internal Carotid and Vertebral Arteries in Healthy Adults/ Albayrak Ramazan, Degirmenci Bumin, Acar Murat, Haktanır Alpay, Colbay Mehmet, Yaman Mehmet // Journal of clinical ultrasound. – 2007. – Vol.35, №1. – P. 27–33.
200. Coffey C. E. Quantitative cerebral anatomy of the aging human brain : a cross-sectional study using magnetic resonance/ C.E. Coffey // Neurology. – 1992. – № 42 (3). – P. 527–536.
201. Eicke B.Martin Cardiac microembolism: prevalence and clinical outcome/ Eicke B.Martin, Barth Viola, Kukowski Bornes, Werner Gerald, Paulus Walter // Journal of the Neurological Sciences. – 1996. – Vol. 136, Issues 1–2. – P. 143–147.
202. Faber M. The human aorta. Part V. Collagen and elastin in the normal and hypertensive aorta/ Faber M, Moller–Hou G. // Acta Pathol. Microbiol. Scand. – 1952. – Vol. 31. – P. 377–382.
203. Gangar K.F. Pulsatility index in internal carotid artery in relation to transdermal oestradiol and time since menopause / Gangar K.F., Vyas S., Whitehead M., Crook D. et al. // Lancet. – 1991. –Vol.338. – P.839–842.
204. Gerlock A., Giynani V., ICrebs C, Applications of noninvasive vascular techniques //W.B. Saunders Co. – 1990. – P. 30– 40, 73– 85, 124– 129.
205. Grady D., Herrington D., Bittner V., Blumenthal R. et al. Cardiovascular disease outcomes during 6,8 years of hormone therapy. Heart and estrogen/progestin replacement study follow-up (HERS II)// JAMA. – 2002. – Vol.288. – P.49–57.

206. Jefferson A., Himali J., Beiser A. et al. Cardiac index is associated with brain aging: the Framingham Heart Study // *Circulation*. – 2010. – Vol.122. – P.690–700.
207. Jung F., Kiesewetter H., Roggenkamp H.G. Bestimmung der Referenzbereiche rheologischer Parameter // *Klin.Wochenschrift*. – 1986. – №64 (8). – P. 375 – 381.
208. Kalvach Pavel, Gregov Daniela, Shkoda Ondinej, Peisker Tom, Termerov Jana, Korsá Jaroslav Cerebral blood supply with aging: Normal, stenotic and recanalized // *Journal of the Neurological Sciences*. – 2007 – Vol. 257, Issue 1. – P. 143–148.
209. 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 –
Режим доступа:
<http://stroke.ahajournals.org/content/37/4/1103.full.pdf+html>
210. 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. – N.22 (2). – P.329–334.
211. Langille L. B., O'Donnell F. Reduction by chronic decreases in blood flow are endothelium dependent // *Science*. – 1986. – V. 231. – P. 405–407.
212. 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. – N.16 Suppl.1. – S. 11–16.
213. 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.

214. Ogawa A. Regional cerebral blood flow with age: changes in CBF in childhood / Ogawa A., Sakurai Y., Kayma J., Yoshimoto J. // *Neurol. Res.* – 1989. – Vol.11, №3. – P. 173–176.
215. Oliviero U., Scherillo G., Casaburi C., Di Martino M., Di Gianni A., Serpico R., Fazio S., Sacca L. Prospective evaluation of hypertensive patients with carotid kinking and coiling: an ultrasonographic 7-year study // *Angiology.* – 2003. – V. 54, №2. – P. 169–175.
216. Paszkowiak J.J., Dardik A. Arterial wall shear stress: observations from the bench to the bedside // *Vasc.Endovascular. Surg.* – 2003. – N.37 (1). – P.47–57.
217. Penotti M., Farina M., Sironi L., Barletta L. et al. Cerebral artery blood flow in relation to age and menopausal status // *Obstet Gynecol.* – 1996. – Vol.88. – P.106–109.
218. Poels M.M.F., Ikram M.A., Vernooij M.W. et al. Total cerebral blood flow in relation to cognitive function: The Rotterdam Scan Study. // *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism.* – 2008 – № 28. – P.1652–1655.
219. Raimondi A.J. Pediatric cerebral angiography / Raimondi A.J., Cerullo L.J. – Stuttgart. – New York: Thime. – 1980. – 214 p.
220. 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. – Vol.347. – P.1403 – 1411.
221. 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 – Vol.146 – P.983–987.
222. Scheel P, Ruge C, Schoning M. Flow velocity and flow volume measurements in the extracranial carotid and vertebral arteries in healthy

- adults: reference data and the effects of age // *Ultrasound Med Biol.* – 2000.– Vol.26 – P.1261–1266.
223. Schoning M, Walter J, Scheel P. Estimation of cerebral blood flow through color du–plex sonography of the carotid and verte–bral arteries in healthy adults // *Stroke.* – 1994. – Vol.25 – P.17–22.
224. Stonebridge P.A., Brophy CM. Spiral laminar flow in arteries // *Lancet.* – 1991.– Vol. 338.– P . 1360– 1361.
225. 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.
226. Waldemar Gunhild, Hasselbalch Steen G., Andersen Allan R., Delecluse Florence, Petersen Palle, Johnsen Anni, Paulson Olaf B. ^{99m}Tc – d,I–HMPAO and SPECT of the Brain in Normal Aging // *J Cereb Blood Flow Metab.* – 1991 – Vol. 11, №3. – P. 19-33.
227. Weskott H.P., Holsing K. US–based evaluation of hemodynamic parameters in the common carotid artery: a nomogram trial // *Radiology.* – 1997. – Vol.205 – P.353–359.
228. Wiebel J., Fields W.S. Tortuosity, coiling and kinking of the carotid artery. Etiology and radiographic anatomy // *Neurology.* – 1965. – № 15. – P. 7– 11.
229. Rossouw JE, Anderson GL, Prentice RL, LaCroix AZ, Kooperberg C, Stefanick ML, Jackson RD, Beresford SA, Howard BV, Johnson KC, Kotchen JM, Ockene J; Writing Group for the Women's Health Initiative Investigators. Risks and benefits of estrogen plus progestin in healthy postmenopausal women. Principal results from the women's health initiative randomized controlled trial// *JAMA.* – 2002. – Vol.288. – P.321–333.
230. Yazıcı Burhan, Erdoğan Beşir, Tuğay 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.
231. 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.
232. Zakharov V.N. Structural analysis of moving blood from the viewpoint of new principles of circulation mechanics // J. Cardiovasc. Surg. – 1994. – Vol. 35, №1.– P. 19– 25.
233. Zakharov V.N. The New Conception of blood circulation mechanics // Cardiovasc. Eng. – 1998. – Vol. 3, № 2. – P. 100– 104.

БЛАГОДАРНОСТИ

Сердечно благодарю своего дорогого учителя профессора, доктора биологических наук Ольгу Викторовну Филатову.

Благодарю ректорат во главе с ректором профессором Сергеем Валентиновичем Землюковым за оказанное доверие и поддержку.

Сердечно признательна всем сотрудникам кафедры зоологии и физиологии ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет», помогавшим мне советами.

Благодарю всех, кто помогал в техническом оформлении работы.

Благодарю всех родных, близких, друзей за моральную поддержку во время выполнения и написания данной диссертации.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Работы, опубликованные в журналах, входящих в перечень ВАК

1. Железкова (Сидоренко) А.А., Скоробогатов Ю.Ю., Филатова О.В. Возрастное изменение диаметра внутренних сонных артерий // **Известия Алтайского государственного университета.** – № 3 – Т. 1(67) – 2010. – С.29–34.
2. Железкова (Сидоренко) А.А., Скоробогатов Ю.Ю., Филатова О.В. Возрастные особенности линейной и объемной скорости кровотока во внутренних сонных артериях // **Известия Алтайского государственного университета.** – № 3 – Т. 2(67) – 2010. – С.26-29.
3. Сидоренко А.А., Филатова О.В. Возрастные особенности асимметрии гемодинамических параметров внутренних сонных артерий // **Известия Алтайского государственного университета.** №3 – 1 – 2012. – С.70–77.

Работы, опубликованные в сборниках международных конференций, отражающие основные научные результаты диссертации

4. Железкова (Сидоренко) А.А., Скоробогатов Ю.Ю., Филатова О.В. Половые и возрастные особенности гемодинамических показателей внутренних сонных артерий // **Материалы международной конференции «Физиология развития человека», секция 3, Москва, 22-24 июня 2009 г.** – М.: Вердана, 2009. – С 51.
5. Железкова (Сидоренко) А.А., Филатова О.В., Скоробогатов Ю.Ю. Половые особенности гемодинамических показателей внутренних сонных артерий у лиц первого зрелого возраста // **VI Международная научно-практическая конференция "Современные проблемы гуманитарных и естественных наук". 29-30 марта 2011 г.:** – Москва – 2011. – С.267-269.
6. Железкова (Сидоренко) А.А., Агаркова С.А., Филатова О.В. Исследование вязкости крови в зависимости от возраста и пола человека //

Современные тенденции в науке: новый взгляд: сборник научных трудов по материалам Международной заочной научно-практической конференции 29 ноября 2011 г.: в 9 частях. Часть 6; Министерство образования и науки РФ. Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2011. – 163с. – С.57 – 58.

7. Филатова О.В., Сидоренко А.А., Агаркова С.А. Исследование диаметра, скорости кровотока и напряжения сдвига внутренних сонных артерий // **Высокие технологии, исследования, образование в физиологии, медицине и фармакологии. Т. 2: сборник статей Третьей международной научно-практической конференции "Высокие технологии, фундаментальные и прикладные исследования в физиологии и медицине", 26 – 28 апреля 2012, Санкт-Петербург, Россия** / Под ред. А.П. Кудинова, Б.В. Крылова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, **2012**. – 277 с. – С.55–57.
8. Сидоренко А.А., Филатова О.В., Скоробогатов Ю.Ю. Исследование параметров кровотока во внутренних сонных артериях // **VII Сибирский съезд физиологов. Материалы съезда** / Под ред. Л.И. Афтанаса, В.А. Труфакина, В.Т. Манчука, И.П. Артюхова. – **Красноярск, 2012**. – 688 с. - С.479-480.

Работы, опубликованные в других изданиях

9. Железкова (Сидоренко) А.А. Исследование возрастных особенностей гемодинамических показателей внутренних сонных артерий у лиц разного пола / Молодежь – Барнаулу. Материалы XI научно-практической конференции молодых ученых (17–20 ноября 2009 г.): в 2 т./ отв. Ред. Б. А. Черниченко. – Барнаул, 2010. – Т. 1. – С. 172–173.
10. Железкова (Сидоренко) А.А. Исследование возрастных особенностей линейной и объемной скоростей потока, вязкости крови, напряжения сдвига внутренних сонных артерий у лиц разного пола // Молодежь в XXI веке. Материалы XI краевой молодежной научно-практической конференции ноябрь 2009. г. Рубцовск – 2009 – С.57.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 5

Диапазон анатомической нормы диаметра внутренних сонных артерий
человека

ПОКАЗАТЕЛЬ	ПЕРИОД РАЗВИТИЯ	пол	N	сторона	X±Sx	X-2 SD	X±1 SD	X+2 SD	Min	Max	
											Л
ДИАМЕТР, мм	Раннее детство	М	27	П	4,62±0,07	3,87	4,25-4,99	5,36	3,90	5,50	
				Л	4,50±0,08	3,62	4,06-4,93	5,37	3,90	5,70	
		Ж	18	П	4,49±0,08	3,83	4,16-4,82	5,15	4,00	5,20	
				Л	4,44±0,08	3,75	4,10-4,79	5,14	4,00	5,20	
	Первое детство	М	50	П	4,81±0,07	3,88	4,35-5,28	5,75	3,90	6,10	
				Л	4,88±0,06	4,07	4,47-5,28	5,69	4,10	5,80	
		Ж	43	П	4,56±0,05	3,88	4,22-4,90	5,24	4,00	5,20	
				Л	4,70±0,06	3,62	4,06-4,93	5,37	4,00	5,90	
	Второе детство	М	50	П	4,95±0,06	4,07	4,51-5,39	5,83	4,10	5,90	
				Л	5,00±0,05	4,30	4,65-5,35	5,70	4,30	5,80	
		Ж	50	П	4,73±0,05	4,01	4,37-5,10	5,46	4,10	5,60	
				Л	4,94±0,04	4,41	4,67-5,20	5,47	4,40	5,90	
	Подростковый	М	31	П	5,00±0,07	4,18	4,59-5,41	5,82	4,40	5,80	
				Л	5,21±0,07	4,40	4,80-5,61	6,02	4,50	5,90	
		Ж	36	П	4,76±0,07	3,94	4,35-5,17	5,58	3,80	5,70	
				Л	4,94±0,06	4,28	4,61-5,27	5,61	4,10	5,90	
	Юношеский	М	50	П	5,19±0,06	4,37	4,78-5,60	6,01	4,40	5,90	
				Л	5,18±0,05	4,42	4,80-5,55	5,93	4,40	6,00	
		Ж	37	П	4,79±0,07	3,92	4,36-5,23	5,67	4,00	6,10	
				Л	4,79±0,04	4,28	4,53-5,04	5,30	4,10	5,70	
	Зрелый-	Первый	М	46	П	5,18±0,07	4,21	4,70-5,67	6,16	4,00	5,90
					Л	5,11±0,05	4,42	4,76-5,45	5,79	4,40	5,80
			Ж	50	П	4,83±0,06	3,98	4,40-5,25	5,67	3,90	5,80
		Л			4,91±0,04	4,27	4,59-5,23	5,54	4,10	6,00	
		Второй			М	50	П	5,22±0,06	4,37	4,79-5,64	6,07
			Л	5,21±0,06			4,39	4,80-5,62	6,03	4,50	6,30
	Ж		50	П	5,01±0,06	4,12	4,56-5,45	5,90	4,30	6,10	
		Л		5,01±0,04	4,44	4,72-5,30	5,58	4,20	6,00		
Пожилой	М	9	П	5,27±0,19	4,15	4,71-5,83	6,38	4,20	5,90		
			Л	5,16±0,12	4,43	4,79-5,52	5,88	4,50	5,80		
	Ж	50	П	5,09±0,06	4,23	4,66-5,52	5,95	4,10	6,00		
			Л	5,17±0,04	4,56	4,87-5,48	5,79	4,30	6,20		

Таблица 6

Диапазон нормальных значений линейной систолической скорости кровотока
во внутренних сонных артериях человека

ПОКАЗАТЕЛЬ	ПЕРИОД РАЗВИТИЯ	пол	N	сторона	X±Sx	X-2 SD	X±1 SD	X+2 SD	Min	Max	
ЛИНЕЙНАЯ СИСТОЛИЧЕСКАЯ СКОРОСТЬ, см/с	Раннее детство	М	27	П	98,89±3,82	59,23	79,06-118,72	138,55	68,00	134,00	
				Л	102,93±3,35	68,13	85,53-120,32	137,72	53,00	130,00	
		Ж	18	П	90,28±4,46	52,44	71,36-109,19	128,11	53,00	127,00	
				Л	86,11±2,20	67,41	76,76-95,46	104,81	59,00	101,00	
	Первое детство	М	50	П	87,76±2,07	58,44	73,10-102,42	117,08	64,00	130,00	
				Л	91,56±2,16	61,05	76,31-106,81	122,07	66,00	132,00	
		Ж	43	П	86,88±2,96	48,02	67,45-106,31	125,74	50,00	138,00	
				Л	91,37±2,45	68,13	85,53-120,32	137,72	57,00	131,00	
	Второе детство	М	50	П	80,22±1,76	55,36	67,79-92,65	105,08	52,00	112,00	
				Л	79,56±2,03	50,82	65,19-93,93	108,30	54,00	123,00	
		Ж	50	П	79,74±1,84	53,65	66,69-92,79	105,83	46,00	104,00	
				Л	80,90±1,24	63,31	72,10-89,70	98,49	52,00	111,00	
	Подростковый	М	31	П	78,87±2,68	49,07	63,97-93,77	108,67	50,00	114,00	
				Л	75,61±3,04	41,79	58,70-92,53	109,44	43,00	113,00	
		Ж	36	П	73,33±1,50	55,37	64,35-82,31	91,29	50,00	90,00	
				Л	77,25±1,32	61,38	69,31-85,19	93,12	52,00	103,00	
	Юношеский	М	50	П	73,74±1,79	48,47	61,11-86,37	99,01	38,00	94,00	
				Л	74,64±1,75	49,95	62,30-86,98	99,33	49,00	99,00	
		Ж	37	П	71,27±2,33	42,98	57,13-85,41	99,56	41,00	111,00	
				Л	77,00±1,08	63,89	70,45-83,55	90,11	59,00	95,00	
	Зрелый	Первый	М	46	П	62,02±2,27	31,26	46,64-77,40	92,78	29,00	91,00
					Л	61,80±2,24	31,43	46,62-76,99	92,18	32,00	91,00
			Ж	50	П	65,82±2,01	37,46	51,64-80,00	94,18	45,00	116,00
		Л			69,52±1,38	49,96	59,74-79,30	89,08	41,00	95,00	
Второй		М	50	П	51,54±2,05	22,56	37,05-66,03	80,53	29,00	84,00	
				Л	54,44±2,14	24,20	39,32-69,56	84,68	27,00	106,00	
	Ж	50	П	57,02±2,41	22,96	39,99-74,05	91,08	30,00	136,00		
Л			58,16±1,61	35,42	46,79-69,53	80,90	29,00	110,00			
Пожилой	М	9	П	50,89±3,52	29,78	40,34-61,44	71,99	34,00	65,00		
			Л	47,00±3,87	23,76	35,38-58,62	70,24	30,00	62,00		
	Ж	50	П	52,44±1,49	31,32	41,88-63,00	73,56	38,00	83,00		
			Л	56,44±1,25	38,75	47,59-65,29	74,13	29,00	88,00		

Таблица 7

Диапазон нормальных значений линейной диастолической скорости кровотока во внутренних сонных артериях человека

ПОКАЗАТЕЛЬ		период развития	пол	N	сторона	$X \pm Sx$	X-2 SD	X±1 SD	X+2 SD	Min	Max
ЛИНЕЙНАЯ ДИАСТОЛИЧЕСКАЯ СКОРОСТЬ, см/с	Раннее детство	М	27	П	44,96±2,72	16,75	30,85-59,07	73,18	24,00	84,00	
				Л	43,67±1,90	23,92	33,79-53,54	63,41	20,00	69,00	
		Ж	18	П	41,89±2,45	21,13	31,51-52,27	62,65	24,00	66,00	
				Л	37,67±1,17	27,77	32,72-42,61	47,56	29,00	46,00	
	Первое детство	М	50	П	40,44±1,26	22,66	31,55-49,33	58,22	26,00	67,00	
				Л	41,50±1,13	25,48	33,49-49,51	57,52	27,00	66,00	
		Ж	43	П	38,79±1,52	18,84	28,82-48,77	58,74	18,00	64,00	
				Л	39,98±1,23	23,92	33,79-53,54	63,41	25,00	62,00	
	Второе детство	М	50	П	36,88±1,02	22,49	29,68-44,08	51,27	21,00	50,00	
				Л	35,96±1,00	21,77	28,87-43,05	50,15	22,00	53,00	
		Ж	50	П	37,82±1,08	22,50	30,16-45,48	53,14	26,00	53,00	
				Л	37,42±0,68	27,85	32,64-42,20	46,99	27,00	65,00	
	Подростковый	М	31	П	34,32±1,33	19,57	26,95-41,70	49,08	22,00	49,00	
				Л	32,00±1,40	16,41	24,20-39,80	47,59	15,00	46,00	
		Ж	36	П	33,94±0,78	24,63	29,28-38,60	43,26	24,00	45,00	
				Л	34,19±0,77	24,95	29,57-38,81	43,44	22,00	50,00	
	Юношеский	М	50	П	32,92±0,99	18,92	25,92-39,92	46,92	18,00	48,00	
				Л	32,38±1,03	17,82	25,10-39,66	46,94	18,00	47,00	
		Ж	37	П	33,95±1,13	20,26	27,10-40,79	47,63	20,00	56,00	
				Л	34,03±0,64	26,22	30,13-37,93	41,83	23,00	45,00	
	Зрелый	Первый	М	46	П	27,63±1,05	13,45	20,54-34,72	41,81	14,00	42,00
					Л	26,61±0,98	13,35	19,98-33,24	39,87	13,00	42,00
			Ж	50	П	31,12±1,11	15,42	23,27-38,97	46,82	17,00	58,00
					Л	32,58±0,69	22,77	27,67-37,49	42,39	18,00	46,00
		Второй	М	50	П	23,16±1,09	7,74	15,45-30,88	38,59	12,21	46,00
					Л	24,42±1,07	9,23	16,82-32,02	39,61	12,00	50,00
			Ж	50	П	26,02±1,17	9,41	17,71-34,33	42,63	12,00	61,00
					Л	27,36±0,94	14,09	20,73-33,99	40,63	15,00	61,00
Пожилой	М	9	П	20,56±1,58	11,06	15,81-25,30	30,05	15,00	29,00		
			Л	19,33±2,33	5,37	12,35-26,32	33,30	11,00	29,00		
	Ж	50	П	22,24±0,60	13,70	17,97-26,51	30,78	12,00	33,00		
			Л	24,26±0,61	15,60	19,93-28,59	32,92	12,00	43,00		

Таблица 8

Диапазон нормальных значений индекса сосудистого сопротивления во
внутренних сонных артериях человека

ПОКАЗАТЕЛЬ		ПОЛ	N	сторона	$X \pm Sx$	X-2 SD	$X \pm 1 SD$	X+2 SD	Min	Max	
ИНДЕКС СОСУДИСТОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ, у.е.	Раннее детство	М	27	П	0,55±0,02	0,39	0,47-0,63	0,71	0,34	0,69	
				Л	0,58±0,01	0,45	0,51-0,64	0,71	0,47	0,71	
		Ж	18	П	0,53±0,02	0,38	0,46-0,61	0,69	0,35	0,63	
				Л	0,56±0,01	0,45	0,51-0,61	0,67	0,47	0,65	
	Первое детство	М	50	П	0,54±0,01	0,44	0,49-0,59	0,64	0,44	0,64	
				Л	0,55±0,01	0,44	0,49-0,60	0,65	0,42	0,66	
		Ж	43	П	0,55±0,01	0,43	0,49-0,61	0,68	0,41	0,71	
				Л	0,56±0,01	0,45	0,51-0,64	0,71	0,40	0,64	
	Второе детство	М	50	П	0,54±0,01	0,42	0,48-0,60	0,66	0,41	0,67	
				Л	0,55±0,01	0,43	0,49-0,61	0,67	0,33	0,70	
		Ж	50	П	0,53±0,01	0,42	0,47-0,58	0,63	0,43	0,64	
				Л	0,54±0,01	0,46	0,50-0,57	0,61	0,31	0,66	
	Подростковый	М	31	П	0,57±0,01	0,47	0,52-0,61	0,66	0,48	0,70	
				Л	0,58±0,01	0,47	0,53-0,63	0,68	0,46	0,70	
		Ж	36	П	0,54±0,01	0,44	0,49-0,58	0,63	0,47	0,67	
				Л	0,56±0,01	0,49	0,53-0,59	0,62	0,48	0,67	
	Юношеский	М	50	П	0,55±0,01	0,45	0,50-0,61	0,66	0,46	0,69	
				Л	0,57±0,01	0,45	0,51-0,63	0,68	0,48	0,70	
		Ж	37	П	0,52±0,01	0,43	0,48-0,57	0,61	0,42	0,64	
				Л	0,56±0,01	0,51	0,53-0,59	0,61	0,49	0,64	
	Зрелый	Первый	М	46	П	0,55±0,01	0,44	0,49-0,61	0,67	0,38	0,65
					Л	0,56±0,01	0,43	0,50-0,63	0,70	0,42	0,73
			Ж	50	П	0,53±0,01	0,41	0,47-0,58	0,64	0,40	0,68
					Л	0,53±0,01	0,46	0,50-0,56	0,60	0,43	0,66
		Второй	М	50	П	0,55±0,01	0,42	0,49-0,62	0,68	0,34	0,67
					Л	0,55±0,01	0,45	0,50-0,60	0,65	0,44	0,67
			Ж	50	П	0,54±0,01	0,45	0,50-0,59	0,64	0,46	0,64
					Л	0,53±0,01	0,43	0,48-0,58	0,63	0,38	0,67
Пожилой	М	9	П	0,59±0,02	0,48	0,54-0,65	0,70	0,50	0,69		
			Л	0,59±0,02	0,48	0,54-0,65	0,71	0,52	0,69		
	Ж	50	П	0,57±0,01	0,41	0,49-0,65	0,73	0,34	0,75		
			Л	0,57±0,01	0,49	0,53-0,61	0,65	0,41	0,66		