

УДК 612.13:611.1

А.А. Железкова, Ю.Ю. Скоробогатов, О.В. Филатова

Возрастные особенности линейной и объемной скорости кровотока во внутренних сонных артериях

A.A. Zhelezkova, Yu.Yu. Skorobogatov, O.V. Filatova

Age Features of Linear and Volume Speed of a Blood-groove of Internal Carotid Arteries

Линейная скорость кровотока внутренних сонных артерий прогрессивно снижается от периода раннего детства к старческому. Объемная скорость кровотока внутренних сонных артерий снижается от юношеского периода к пожилому у лиц мужского пола и старческому у лиц женского пола.

Ключевые слова: внутренние сонные артерии, онтогенез.

Введение. Одной из важнейших функций системы кровообращения является кровоснабжение головного мозга, адекватное условиям жизни [1, с. 97; 2, с. 53]. Высокий уровень метаболизма мозговой ткани, отсутствие в мозге энергетического субстрата, способного обеспечить трофику нейронов за счет анаэробных процессов, требуют интенсивного и бесперебойного кровоснабжения этого органа [3, с. 1173; 4 с. 45; 5 с. 63]. Изучение закономерностей развития мозгового кровообращения относится к фундаментальным аспектам исследования сердечно-сосудистой системы.

Головной мозг по сравнению с другими органами имеет более развитую анатомо-физиологическую организацию системы регионарного кровообращения, вследствие чего механизмы регуляции церебрального кровотока отличаются сложностью и многоуровневым характером своих проявлений [6, с. 1118; 7, с. 13; 8, с. 3; 9, с. 132].

Существенное значение имеет анализ возрастных и половых преобразований общего церебрального кровотока, поскольку с возрастом происходит интенсивная морфологическая и функциональная перестройка всех органов, что оказывает влияние на мозговой кровоток [10, с. 727], а также отмечены половые различия в развитии сердечно-сосудистых заболеваний. Известно, что окклюзионными болезнями артерий и ишемической болезнью сердца чаще страдают мужчины [11, с. 77].

В последние годы патология мозгового кровообращения существенно омолодилась и занимает весомую долю в структуре инвалидности, что выдвигает проблему сосудистых заболеваний головного мозга в число социально наиболее значимых [12, с. 2].

Linear speed of a blood-groove of internal carotid arteries progressively decreases from the period of the early childhood to the senile. Volume speed of a blood-groove of internal carotid arteries decreases from the youthful period to elderly at males and to senile at females.

Key words: internal carotid arteries, ontogenesis.

При изучении мозгового кровообращения использовались объединенные возрастные группы, а при выявлении его возрастных преобразований во многих работах не учитывался пол человека, что не дает возможности составить полное представление о возрастных и зависящих от пола особенностях притока крови к мозгу [13, с. 25; 14, с. 121; 15, с. 16]. А.А. Молдавская с соавт. [16, с. 129] отмечают недостаточную освещенность артериального русла головного мозга от рождения до пубертатного периода, когда процессы постнатального онтогенеза протекают наиболее бурно, а также в пожилом и старческом возрасте.

Цель исследования – изучить линейные и объемные скоростные показатели кровотока во внутренних сонных артериях человека в постнатальном онтогенезе на основании результатов дуплексного сканирования.

Методика. В исследование включено 655 практически здоровых лиц, из них – 346 лиц женского пола и 309 лиц мужского пола. Исследуемые систематизированы и сгруппированы согласно следующим возрастным периодам: раннее детство – 45 человек; первое детство – 93 человека; второе детство – 100 человек; подростковый возраст – 67 человек; юношеский возраст – 87 человек; I период зрелого возраста – 96 человек; II период зрелого возраста – 100 человек; пожилой возраст – 56 человек; старческий возраст – 12 человек. У всех обследованных методом дуплексного сканирования была исследована линейная скорость потока крови в правой и левой внутренних сонных артериях. На основании полученных данных была рассчитана объемная скорость кровотока в исследуемых артериях. Анализировалась линейная и объем-

ная скорости кровотока в фазу систолы и диастолы во внутренних сонных артериях. Обработка данных проводилась при помощи статистической программы SPSS (версия 17.0). Проверка нормальности распределения осуществлялась на основании одно-выборочного теста Колмогорова-Смирнова. Все полученные значения относятся к нормальному распределению. Достоверность различий определяли по t-критерию Стьюдента, достоверным считался уровень значимости $p < 0,05$.

Результаты исследования показали, что общая динамика показателей линейной и объемной скорости потока в онтогенезе сходна. Наблюдается снижение линейных и объемных скоростных показателей с возрастом в правой и левой внутренних сонных артериях. В свою очередь линейная систолическая и линейная диастолическая скорости, а также объемная систолическая и диастолическая скорости имеют сходную возрастную динамику в зависимости от пола.

Линейная систолическая скорость потока равномерно снижается ($p < 0,05$) от периода раннего детства до пожилого периода ($p < 0,001$) у лиц мужского пола и старческого у лиц женского пола ($p < 0,001$) как в правой (рис. 1А), так и в левой внутренних сонных артериях (рис. 1Б). При этом показатель устойчив от периода второго детства до юношеского периода у лиц мужского пола, у лиц женского пола – с подросткового до первого зрелого периода в правой (рис. 1А) и левой внутренних сонных артериях (рис. 1Б).

Линейная диастолическая скорость потока у лиц мужского пола снижается от периода раннего детства до пожилого возраста ($p < 0,001$) в правой и левой внутренних сонных артериях. У лиц женского пола линейная диастолическая скорость потока убывает с периода второго детства до подросткового периода ($p < 0,05$) в правой внутренней сонной артерии (рис. 1А), в левой снижение наблюдается с первого зрелого периода (рис. 1Б).

Этот показатель стабилен с периода второго детства до юношеского периода у лиц мужского пола; у лиц женского пола – от периода раннего детства до второго детства, в правой внутренней сонной артерии – с подросткового до первого зрелого периода (рис. 1А), в левой – с периода раннего детства до юношеского периода (рис. 1Б).

На основании данных по линейной скорости потока и с учетом результатов по диаметру [17] внутренних сонных артерий вычислили объемную скорость потока крови по формуле:

$$Q = V * S,$$

где V – линейная скорость потока; S – площадь поперечного сечения.

Объемная скорость кровотока – весьма важный параметр в физиологии регионарного кровообращения, поскольку наиболее ярко и точно отображает интенсивность кровоснабжения в определенном артериальном бассейне. В большинстве случаев ее

снижение является отправной точкой в патогенезе ишемии органа [18, с. 24].

Показано, что возрастная динамика объемной скорости потока обнаруживает сходную тенденцию с возрастной динамикой линейной скорости потока (рис. 1А и 2А; 1Б и 2Б).

Показатель объемной систолической скорости у лиц мужского пола стабилен в правой внутренней сонной артерии от периода раннего детства до юношеского (рис. 2А), в левой – от периода раннего детства до юношеского периода (рис. 2Б). У лиц женского пола он стабилен от периода раннего детства до второго детства, затем начинает равномерно снижаться в правой (рис. 2А), в левой внутренней сонной артерии стабильные периоды отмечаются от первого детства до подросткового периода, от юношеского периода до первого зрелого, от второго зрелого возраста до старческого периода (рис. 2Б). Снижение объемной систолической скорости у лиц мужского пола прослеживается от периода первого детства до периода второго детства в правой ($p < 0,05$) (рис. 2А), далее наблюдается равномерное снижение показателя от юношеского периода как в правой (рис. 2А), так и в левой внутренней сонной артерии (рис. 2Б). У лиц женского пола в левой сонной внутренней артерии (рис. 2Б) объемная систолическая скорость увеличивается от раннего детства до периода первого детства ($p < 0,05$), ее снижение прослеживается от подросткового до юношеского периода ($p < 0,05$).

Объемная диастолическая скорость потока у лиц мужского пола стабильна от периода раннего детства до юношеского периода в правой (рис. 2А) и левой (рис. 2Б) внутренних сонных артериях. У лиц женского пола этот показатель устойчив в правой внутренней сонной артерии от периода раннего детства до второго зрелого возраста и от пожилого возраста (рис. 2А), в левой – от периода раннего детства до первого зрелого возраста, от второго зрелого возраста до старческого периода. У лиц мужского пола объемная диастолическая скорость потока достоверно снижается от юношеского периода ($p < 0,001$) в правой (рис. 2А) и левой (рис. 2Б) внутренних сонных артериях. Снижение этого показателя у лиц женского пола отмечается в правой внутренней сонной артерии от второго зрелого возраста к пожилому периоду ($p < 0,01$) (рис. 2А), в левой – от первого зрелого ко второму зрелому возрасту ($p < 0,05$) (рис. 2Б).

Изучение мозгового кровообращения, связанное с оценкой абсолютной величины объемной скорости церебрального кровотока (мл/мин), и его процентного соотношения с минутным объемом сердца в возрастном аспекте показало, что величина мозговой фракции сердечного выброса на разных этапах индивидуального развития изменяется [19, с. 55; 20, с. 686; 21, с. 22; 22, с. 63]. А.М. Гуарата и И.Н. Вульфсон [23, с. 23], изучавшие объемную скорость мозгового кро-

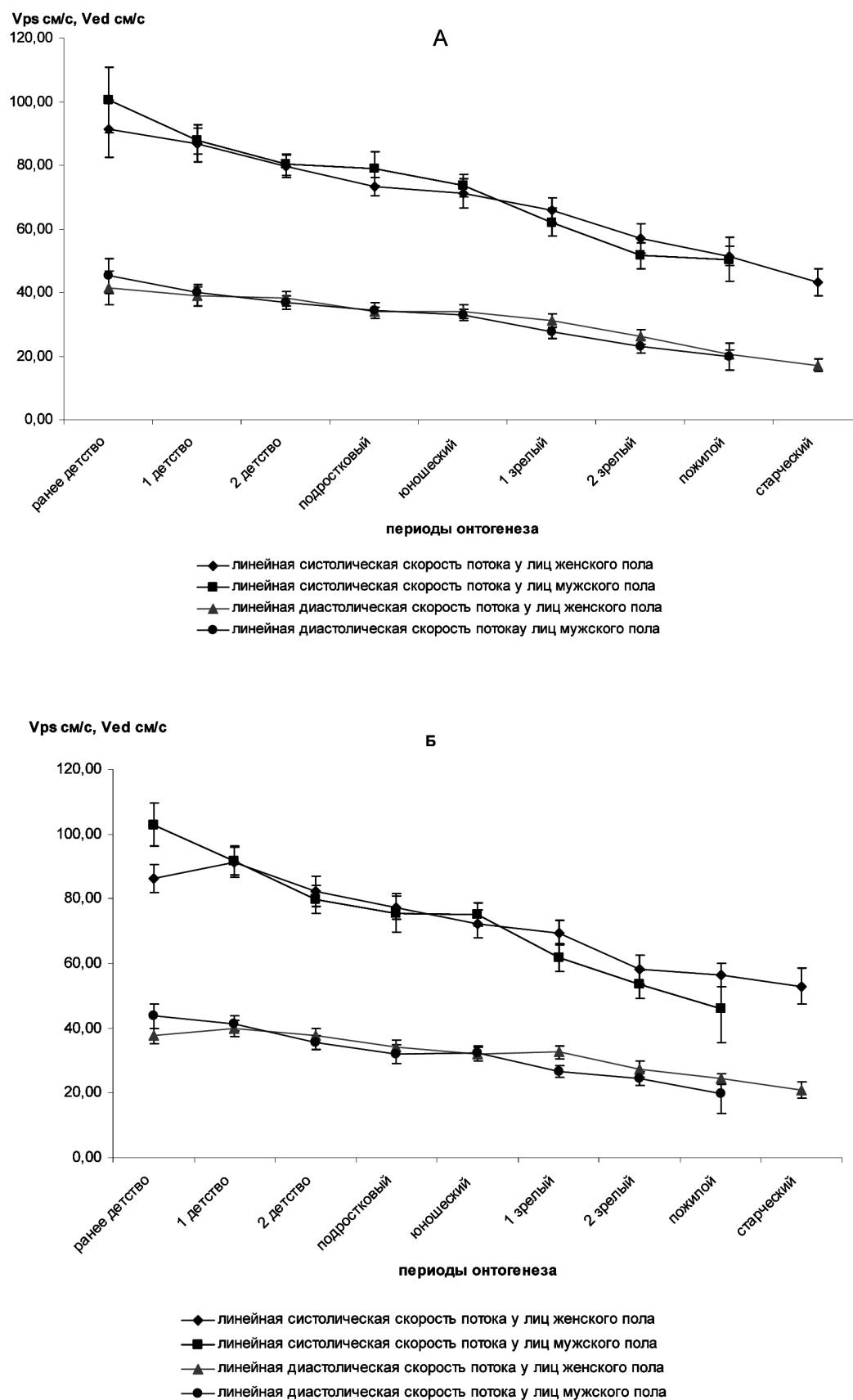


Рис. 1. Онтогенетическая динамика линейной систолической и диастолической скорости потока в правой (А) и левой (Б) внутренних сонных артериях

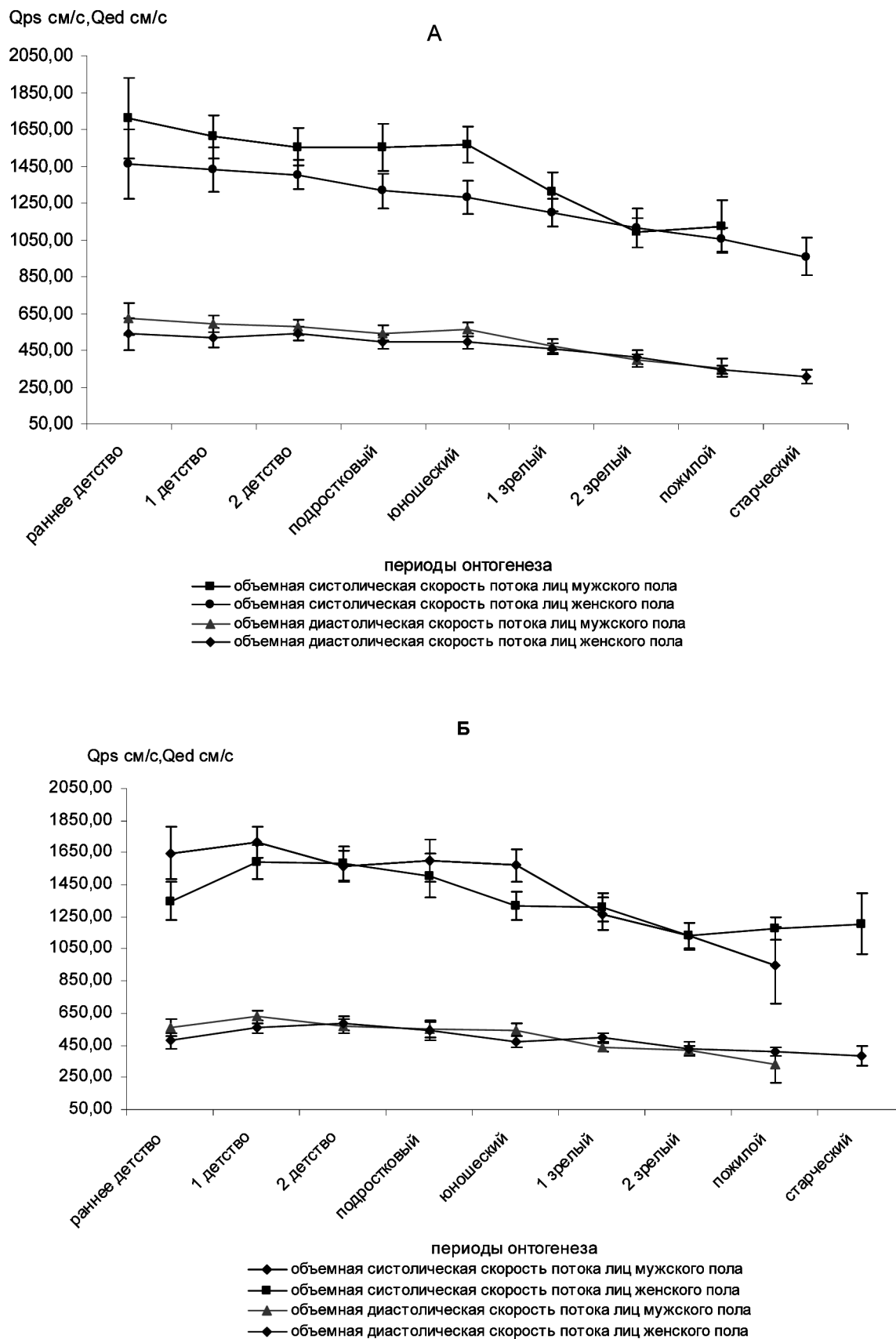


Рис. 2. Онтогенетическая динамика объемной систолической и диастолической скорости потока в правой (А) и левой (Б) внутренних сонных артериях

вотока и ее соотношение с минутным объемом сердца у детей раннего детства отметили, что с возрастом происходит увеличение притока крови к головному мозгу. Это подтверждается ростом мозговой фракции сердечного выброса с 4,62% в 2–4 месяца до 8,21% в 2–3 года и увеличением абсолютной величины объемной скорости мозгового кровотока – почти в 5 раз на протяжении от 2-х месяцев до 3 лет. А.И. Соломко [24, с. 16] также обнаружил, что по мере роста и развития детей происходит повышение абсолютных значений объемной скорости как системного, так и церебрального кровообращения. 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.

Обнаруженные возрастные изменения линейной и объемной скоростей потока объясняются онтогенетической динамикой минутного объема кровотока. Так, его характерным свойством является тесная связь с ростом организма. Минутный объем кровотока увеличивается параллельно росту организма, с окончанием роста прекращается нарастание его величины. В этот момент она имеет наибольшее значение, которое у мужчин отмечается к периоду первого зрелого возраста, а у женщин к юношескому периоду, после чего в течение всей последующей жизни происходит экспоненциальное снижение минутного объема кровотока. На протяжении всего жизненного цикла минутный объем кровотока у мужчин выше, чем у женщин [25, с. 97]. Есть данные, что с возрастом происходит экономизация мозгового кровообращения, величина объемного мозгового кровотока уменьшается, также происходит снижение линейной скорости кровотока [26, с. 158; 27, с. 152; 28 с. 204], 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 в возрасте 12–15 лет в период активного поло-

вого созревания наблюдается возрастание объемного мозгового кровотока, который к 16–17 годам достигает дефинитивных значений.

Изменение мозгового кровотока у детей и подростков в процессе роста и развития объясняется морфофункциональными особенностями строения сосудистой сети головного мозга [29, с. 172].

Мозговая гемодинамика в последующем онтогенезе уменьшается с годами. К пожилому периоду скорость кровотока снижается на 21%. По данным S. Kety и C. Schmidt (1988) (цит. по: [30, с. 120]), значение церебрального потока крови (CBF) на 100 г у лиц в возрасте 40 лет, определенное радиоизотопным методом с применением нитрооксида, равно 54 мл/100 г/мин. При определении с помощью однофотонной эмиссионной компьютерной томографии у практически здоровых лиц CBF, по данным G. Waldemar и соавт. (1991) (цит. по: [30, с. 120]), составил 54,9 мл/100 г/мин, по данным N. Shirahata и соавт. (цит. по: [30, с. 120]) – 56,7 мл/100 г/мин. Сходные результаты при оценке этого показателя методом дуплексного сканирования получены в работе М. Schoning и соавт. (1985) (цит. по: [30, с. 121]), в которой обследовалось 50 практически здоровых лиц в возрасте от 18 до 43 лет (средний возраст $33,4 \pm 7,2$ года). По их данным величина общего мозгового кровотока составила $696,9 \pm 112,3$ мл/мин, при этом величина CBF/100 г была равна $53,6 \pm 6,8$ мл/100 г/мин. Объем крови, протекающей по артериям каротидной системы, составил $73,5 \pm 4,7\%$, вертебрально-базилярной – $28,5 \pm 4,7\%$ относительно CBF [30, с. 122].

Выводы

1. Линейная скорость кровотока во внутренних сонных артериях прогрессивно снижается от периода раннего детства к старческому периоду у лиц мужского и женского пола.

2. Объемная скорость кровотока во внутренних сонных артериях снижается от юношеского периода к пожилому у лиц мужского пола и старческому у лиц женского пола.

Библиографический список

1. Угрюмов В.М., Теплов С.И., Тиглиев Г.С. Регуляция мозгового кровообращения. – Л., 1984.
2. Теплов С.И. Кровоснабжение и функции органов. – Л., 1987.
3. Мchedели Г.И. Физиологические механизмы регулирования макро- и микроциркуляции в головном мозгу // Физиологический журнал СССР им. И.М. Сеченова. – 1986. – Т. 72, №9.
4. Москаленко Ю.Е. Внутричерепная гемодинамика: биофизические аспекты. – Л., 1985.
5. Москаленко Ю.Е. О функциональных задачах деятельности механизма регуляции мозгового кровообращения // Физиологический журнал СССР им. И.М. Сеченова. – 1991. – Т. 77, №9.
6. Митагвария Н.П., Меладзе В.Г., Бегиашвили В.Т. Организация процесса ауторегуляции кровоснабжения

- головного мозга // Физиологический журнал СССР им. И.М. Сеченова. – 1984. – Т. 72, №8.
7. Павлов Н.А. Основы физиологии мозгового кровообращения. – Тюмень, 1988.
8. Ишекова Н.И. Физиологическая характеристика церебральных сосудов у жителей Европейского Севера в норме и при хронической алкогольной интоксикации: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Архангельск, 1993.
9. Ханашвили В.М. Основы организации кровоснабжения органов. – Ростов н/Д, 2001.
10. Осколова М.К., Вульфсон И.Н. Возрастная динамика основных функциональных показателей системы кровообращения у здоровых детей // Физиология человека. – 1978. – Т. 4, №4.
11. Сергеев П.В., Караченцев А.Н., Матюшин А.И. Эстрогены и сердце // Кардиология. – 1996. – №3.

12. Захаров Д. В. Динамика функционального состояния и показателей качества жизни у пациентов с дисциркуляторной энцефалопатией в процессе их реабилитации: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – СПб., 2008.
13. Лелюк В.Г., Лелюк С.Э. Возможности дуплексного сканирования в определении объемных показателей мозгового кровотока // Ультразвук. Диагност. – 1996. – №1.
14. Лелюк В.Г., Лелюк С. Э. Ультразвуковая ангиология. – М., 2003.
15. Мишина Е. Г. Центральное и мозговое кровообращение у мальчиков 10–17 лет в процессе возрастного развития: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Архангельск, 2005.
16. Молдавская А.А., Горбунов А.В., Калаев А.А. Структурные преобразования артерий головного мозга на этапах онтогенеза человека // Морфологические ведомости. – 2006. – №3–4.
17. Железкова А.А., Скоробогатов Ю.Ю., Филатова О.В. Возрастное изменение диаметра внутренних сонных артерий // Известия Алтайского государственного университета. – 2010. – №3.
18. Селиверстов А.А., Поздышев В.И. Ультразвуковая флоуметрия при операциях на каротидной бифуркации // Методология флоуметрии. – 1997.
19. Палеев Н.Р., Каевицер И.М., Агафонов Б.В. Неинвазивный способ определения объемной скорости церебрального кровотока и ее соотношение с минутным объемом сердца // Кардиология. – 1980. – Т. 20, №1.
20. Виничук С.М., Зелигер А. Соотношение между системной и мозговой гемодинамикой у здоровых лиц молодого возраста // Физиологический журнал. – 1984. – Т. 30, №6.
21. Исупов И.Б. Системный анализ типологических характеристик церебрального кровообращения у здоровых людей: автореферат дис. ... докт. мед. наук. – Волгоград, 2001.
22. Исупов И.Б. Системный анализ церебрального кровообращения. – Волгоград, 2001.
23. Гуарата А.М., Вульфсон И.Н. Возрастные изменения центрального и периферического мозгового кровотока у детей раннего детства // Педиатрия. – 1987. – №12.
24. Соломко А. П. Суточная ритмика центральной и церебральной гемодинамики и психической работоспособности у здоровых лиц 7–17 лет, проживающих на разных высотах: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Бишкек, 1992.
25. Власов Ю.А. Онтогенез кровообращения человека. – Новосибирск, 1985.
26. Коркушко О.В., Саркисов К.Г., Лишневская В.Ю. и др. Возрастные особенности морфофункционального состояния тромбоцитов человека // Проблемы старения и долголетия. – 1996. – Т. 6, №3.
27. Тупицын И.О., Андреева И.Г., Безобразова В.Н. и др. Развитие системы кровообращения // Физиология развития ребенка (теоретические и прикладные аспекты) / под. ред. М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. – М., 2000.
28. Безобразова В.Н., Догадкина С.Б. Функциональное состояние мозгового кровообращения головного мозга и конечностей у детей 5–17 лет на разных этапах онтогенеза // Новые исследования. – 2003. – №1(4).
29. Трошин В.Д., Густов А.В., Трошин О.В. Острые нарушения мозгового кровообращения. – Н. Новгород, 1999.
30. Лелюк В.Г., Лелюк С.Э. Ультразвуковая ангиология. – М., 2003.