

УДК 611.133.33+611.134.9 (045)
EDN: OAWZYM
<https://doi.org/10.15275/ssmj2003321>

Оригинальная статья

ИЗМЕНЧИВОСТЬ MORFOMETРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АРТЕРИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ 3–7 ЛЕТ

Ю. А. Гладилин¹, О. А. Фомкина¹, В. Н. Николенко², Л. В. Музурова¹

¹ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России, Саратов, Россия

²ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И. М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия

VARIABILITY OF MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF CEREBRAL ARTERIES IN CHILDREN AGED 3-7 YEARS

Yu. A. Gladilin¹, O. A. Fomkina¹, V. N. Nikolenko², L. V. Muzurova¹

¹Saratov State Medical University, Saratov, Russia

²I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

Для цитирования: Гладилин Ю. А., Фомкина О. А., Николенко В. Н., Музурова Л. В. Изменчивость морфометрических характеристик артерий головного мозга у детей 3–7 лет. Саратовский научно-медицинский журнал. 2024; 20 (3): 321–326. EDN: OAWZYM. <https://doi.org/10.15275/ssmj2003321>.

Аннотация. Цель: выявить билатеральную и половую изменчивость, а также средние величины морфометрических характеристик артерий головного мозга у детей в первый период детства в норме. *Материал и методы.* Материалом для исследования послужили образцы артерий головного мозга, полученные при аутопсии 35 детей 3–7 лет. На поперечных миллиметровых срезах передних (ПМА), клиновидных частей средних (СМА), прекоммуникационных сегментов задних мозговых (ЗМА), внутричерепных частей позвоночных (ПА) артерий и мозговых отделов внутренних сонных артерий (ВСА) под микроскопом определяли наружный диаметр (НД), толщину стенки (ТС), далее рассчитывали диаметр просвета (ДП). *Результаты.* Указанные параметры артерий в правом и левом полушариях головного мозга варьировались от 0,2 до 7,9% ($p > 0,05$); у мальчиков и девочек — от 0,5 до 15,4% ($p > 0,05$). Средние значения НД, ТС и ДП соответственно составили ВСА — $2,65 \pm 0,04$, $0,16 \pm 0,005$ и $2,33 \pm 0,04$ мм; ПМА — $1,90 \pm 0,02$, $0,14 \pm 0,004$ и $1,61 \pm 0,03$ мм; СМА — $2,25 \pm 0,03$, $0,15 \pm 0,005$ и $1,95 \pm 0,03$ мм; ЗМА — $1,81 \pm 0,03$, $0,14 \pm 0,004$ и $1,54 \pm 0,03$ мм; ПА — $2,23 \pm 0,03$, $0,16 \pm 0,005$ и $1,91 \pm 0,04$ мм. *Заключение.* В первый период детства билатеральных и половых различий по величине НД, ТС и ДП главных мозговых артерий, а также ВСА не обнаружено. В связи с этим средние значения артерий представлены без учета пола и стороны артериального круга. В первый период детства ДП ПМА составляет 86,0%, СМА — 80,4%, ЗМА — 79,0%, ПА — 79,9% от размеров аналогичных артерий у взрослого человека.

Ключевые слова: передняя, средняя и задняя мозговые артерии, позвоночная артерия, внутренняя сонная артерия, первый период детства, билатеральная и половая изменчивость артерий головного мозга

For citation: Gladilin YuA, Fomkina OA, Nikolenko VN, Muzurova LV. Variability of morphometric characteristics of cerebral arteries in children aged 3-7 years. Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2024; 20 (3): 321–326. (In Russ.) EDN: OAWZYM. <https://doi.org/10.15275/ssmj2003321>.

Abstract. *Objective:* to identify bilateral and sexual variability, as well as the average morphometric characteristics of the cerebral arteries in children during the first childhood are normal. *Material and methods.* The material for the study was samples of brain arteries obtained during autopsy of 35 children 3–7 years old. Transverse millimeter sections of the anterior (ACA), wedge-shaped parts of the middle (MCA), pre-communication segments of the posterior cerebral (PCA), intracranial parts of the vertebral arteries (VA) and cerebral internal carotid arteries (ICA) under a microscope determined the external diameter, wall thickness, internal diameter. *Results.* The above parameters of the arteries in the right and left hemispheres of the brain ranged from 0.2 to 7.9% ($p > 0.05$); in boys and girls — from 0.5 to 15.4% ($p > 0.05$). The average values of the outer diameter, wall thickness and inner diameter were: ICA — 2.65 ± 0.04 , 0.16 ± 0.005 and 2.33 ± 0.04 mm; ACA — 1.90 ± 0.02 , 0.14 ± 0.004 and 1.61 ± 0.03 mm; MCA — 2.25 ± 0.03 , 0.15 ± 0.005 and 1.95 ± 0.03 mm; PCA — 1.81 ± 0.03 , 0.14 ± 0.004 and 1.54 ± 0.03 mm; VA — 2.23 ± 0.03 , 0.16 ± 0.005 and 1.91 ± 0.04 mm. *Conclusion.* In the first period of childhood, bilateral and sexual differences in the value of the studied parameters of ICA and main cerebral arteries were not found. In this regard, arterial mean values are presented excluding sex and arterial circle side. In the first period of childhood, the lumen of ACA is 86.0%, MCA — 80.4%, PCA — 79.0%, VA — 79.9% of the size of similar arteries in an adult.

Keywords: anterior, middle and posterior cerebral arteries, vertebral artery, internal carotid artery, the first period of childhood, bilateral and sexual variation in cerebral arteries

Введение. Неуклонный рост распространенности сосудистой церебральной патологии, в том числе в детском возрасте, повышает актуальность изучения особенностей строения кровоснабжающих головной мозг артерий [1]. Знание цереброваскулярной анатомии является неотъемлемой частью планирования нейроэндovasкулярных вмешательств и интерпретации неинвазивных методов диагностики сосудов головного мозга (ГМ) [2]. В литературе большое количество работ посвящено исследованию артерий ГМ взрослых людей в норме и при различной патологии [3–11]. Между тем среди отечественных и зарубежных публикаций нами обнаружены только единичные сведения о морфометрических параметрах артерий ГМ у детей в норме [2, 12, 13]. Современные технологии (компьютерная и магнитно-резонансная томография), безусловно, позволяют прижизненно получить такие данные, но учитывая, что детям эти процедуры проводят реже и по более строгим показаниям, нежели у взрослых, получить сведения об анатомической норме размеров этих артерий затруднительно.

Цель — выявить билатеральную и половую изменчивость, а также средние величины морфометрических характеристик артерий ГМ у детей в первый период детства в норме.

Материал и методы. Материалом для исследования послужили образцы артерий ГМ, полученные при аутопсии 35 детей (мальчиков — 24; девочек — 11) первого периода детства (3–7 лет), причина смерти которых не была связана с острой сосудистой церебральной патологией. Исследование выполнено на базе ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского» Минздрава России в соответствии с требованиями статьи 5 Федерального закона №8-ФЗ от 12.01.1996 (в ред. от 03.07.2016, с изм. от 19.12.2016) «О погребении и похоронном деле» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2017) [14], регламентирующего работу с секционным материалом. На проведение исследования получено разрешение этического комитета ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского» Минздрава России.

В ходе работы производили поперечные миллиметровые срезы из середины прекоммуникационных сегментов передних (ПМА), клиновидных частей средних (СМА), прекоммуникационных сегментов задних мозговых (ЗМА), внутрочерепных частей позвоночных (ПА) артерий и мозговых отделов внутренних сонных артерий (ВСА). Далее под микроскопом

определяли размеры артерий в миллиметрах: наружный диаметр (НД) и толщину стенки (ТС). Диаметр просвета (ДП) рассчитывали как разницу между НД и удвоенной величины ТС артерий.

В рамках данной работы изучали билатеральные и половые особенности размеров указанных артерий, производили сравнительный анализ с данными для детей в период раннего детства и усредненными данными для аналогичных параметров взрослых людей 21–74 лет.

Статистический анализ подразумевал расчет среднего арифметического (M) и его ошибки (m), среднего квадратического отклонения (σ) и коэффициента вариации (C_v , %). Предварительно цифровой материал был оценен на нормальность распределения с использованием теста Колмогорова — Смирнова. Распределение ряда параметров отличалось от нормального, в связи с чем для корректного анализа дополнительно для всех параметров рассчитывали медиану (Me) и квартили [$Q_{25\%}$; $Q_{75\%}$]. Парные сравнения групп выполнялись с помощью t -критерия Стьюдента и U -критерия Манна — Уитни; надежность используемых статистических оценок принималась не менее 95%. Для исследования взаимосвязи параметров делали расчет коэффициента корреляции Пирсона. Силу корреляции оценивали при $|r_{xy}| < 0,3$ — как слабую; при $0,3 \leq |r_{xy}| \leq 0,7$ — как умеренную; при $|r_{xy}| > 0,7$ — как сильную. Все расчеты произведены в программе Statistica (v. 10).

Результаты. В первый период детства билатеральных различий в величине НД, ТС и ДП главных мозговых артерий, а также мозгового отдела ВСА не обнаружено. Различия перечисленных параметров в правом и левом полушариях ГМ варьировались в диапазоне от 0,2 до 7,9% и были статистически незначимыми ($p=0,053–0,979$).

Половая изменчивость морфометрических параметров артерий, кровоснабжающих головной мозг, изучена без учета билатеральных особенностей. Различия значений изученных параметров в зависимости от половой принадлежности составили от 0,5 до 15,4% и были также статистически незначимыми ($p=0,058–0,893$). В связи с этим средние данные для морфометрических параметров указаны обобщенно (без учета пола и полушария ГМ; табл. 1).

Сравнительный анализ размерных характеристик артерий ГМ показал наличие статистически значимых различий между артериями ГМ. Так, НД ВСА,

Таблица 1

Морфометрические параметры парных артерий головного мозга в первый период детства, $n=70$

Артерия ГМ	Параметр, мм	Вариационно-статистические показатели				
		мин-макс	Me [$Q_{25\%}$; $Q_{75\%}$]	$M \pm m$	σ	C_v
ВСА	НД	1,75–3,87	2,65 [2,56; 2,69]	2,65 $\pm$ 0,04	0,31	11,5
	ТС	0,07–0,25	0,16 [0,15; 0,17]	0,16 $\pm$ 0,005	0,04	24,2
	ДП	1,51–3,53	2,33 [2,18; 2,39]	2,33 $\pm$ 0,04	0,29	12,6
ПМА	НД	1,24–2,50	1,92 [1,84; 2,00]	1,90 $\pm$ 0,02	0,20	10,7
	ТС	0,07–0,25	0,15 [0,12; 0,17]	0,14 $\pm$ 0,004	0,04	24,9
	ДП	1,13–2,26	1,60 [1,53; 1,71]	1,61 $\pm$ 0,03	0,21	13,0

Ответственный автор — Ольга Александровна Фомкина
Corresponding author — Olga A. Fomkina
E-mail: oafomkina@mail.ru

Окончание табл. 1

Артерия ГМ	Параметр, мм	Вариационно-статистические показатели				
		мин-макс	Me [Q25%; Q75%]	$M \pm m$	σ	C_v
СМА	НД	1,75–2,93	2,25 [2,22; 2,25]	2,25±0,03	0,21	9,4
	ТС	0,07–0,30	0,14 [0,12; 0,15]	0,15±0,005	0,04	26,7
	ДП	1,25–2,69	1,95 [1,89; 1,98]	1,95±0,03	0,23	11,6
ЗМА	НД	0,75–2,50	1,82 [1,75; 1,87]	1,81±0,03	0,27	14,8
	ТС	0,07–0,25	0,14 [0,12; 0,15]	0,14±0,004	0,03	25,3
	ДП	0,82–2,26	1,54 [1,42; 1,65]	1,54±0,03	0,26	16,7
ПА	НД	1,50–2,93	2,25 [2,12; 2,37]	2,23±0,03	0,29	12,8
	ТС	0,07–0,25	0,16 [0,12; 0,20]	0,16±0,005	0,04	24,9
	ДП	1,26–2,63	1,90 [1,72; 2,12]	1,91±0,04	0,30	15,6

Таблица 2

Матрица корреляций наружного диаметра и толщины стенки артерий головного мозга

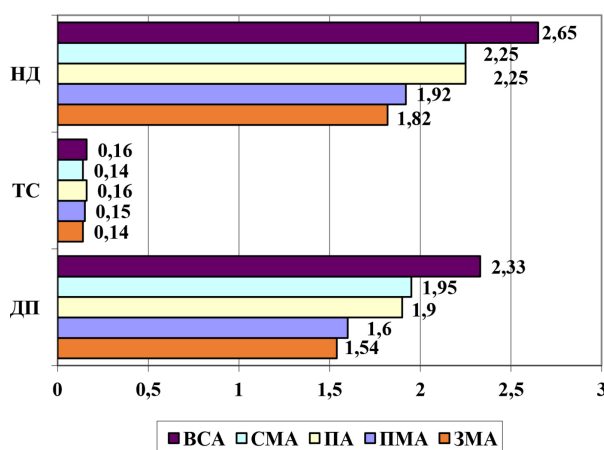
Корреляты		Артерия ГМ									
		ПМА		ЗМА		ПА		ВСА		СМА	
		НД	ТС	НД	ТС	НД	ТС	НД	ТС	НД	ТС
ПМА	НД	1,00									
	ТС	–0,17	1,00								
ЗМА	НД	0,17	–0,24	1,00							
	ТС	–0,24	0,59	0,07	1,00						
ПА	НД	–0,04	–0,29	0,26	–0,12	1,00					
	ТС	–0,14	0,62	–0,17	0,60	–0,01	1,00				
ВСА	НД	0,15	0,11	0,24	0,04	0,18	0,12	1,00			
	ТС	–0,09	0,56	–0,07	0,62	–0,10	0,57	0,28	1,00		
СМА	НД	0,05	–0,19	0,35	–0,10	0,17	–0,09	0,31	–0,03	1,00	
	ТС	–0,10	0,49	–0,05	0,38	–0,12	0,47	–0,04	0,41	–0,01	1,00

ПМА и ЗМА достоверно отличается от величины аналогичного параметра других артерий ($p=0,036$ — уровень значимости различий между ПМА и ЗМА; $p<0,001$ — для всех остальных артерий). ПА и СМА не различаются по наружному диаметру ($p>0,05$), при этом со всеми остальными изученными артериями различия статистически значимы ($p<0,001$).

Определено, что ТС ПМА статистически значимо различается от ТС ПА ($p=0,021$) и ВСА ($p=0,009$); с другими артериями различия статистически незначимы ($p>0,05$). ЗМА имеет различие по ТС с ПА и ВСА ($p<0,001$); ПА — с ПМА ($p=0,021$) и ЗМА ($p<0,001$); ВСА с ПМА ($p=0,009$), ЗМА ($p<0,001$) и СМА ($p=0,028$); СМА — только с ВСА ($p=0,028$).

Так, ДП ПМА и ЗМА имеют значимые различия с ПА, ВСА и СМА ($p<0,001$). Наивысший уровень значимости различий ДП наблюдается у ПА и СМА с ПМА, у ЗМА и ВСА ($p<0,001$), у ВСА — со всеми артериями ($p<0,001$). Графически параметры артерий ГМ в порядке уменьшения их величины представлены на рисунке.

Корреляционный анализ показал наличие связи между параметрами артерий, кровоснабжающих ГМ (табл. 2). Анализ выполнен для НД и ТС артерий; ДП из анализа исключили, поскольку этот параметр был рассчитан из двух указанных ранее.



Медианные значения параметров артерий головного мозга, мм

Как следует из табл. 2, умеренная статистически значимая положительная корреляция обнаружена:

- 1) между НД СМА и ЗМА ($r=0,35$), СМА и ВСА ($r=0,31$);
- 2) ТС ПМА и ЗМА ($r=0,59$), ПА ($r=0,62$), ВСА ($r=0,56$), СМА ($r=0,49$);

3) ТС ЗМА и ПА ($r=0,60$), ВСА ($r=0,62$), СМА ($r=0,38$);

4) ТС ПА и ВСА ($r=0,57$), СМА ($r=0,47$);

5) ТС ВСА и СМА ($r=0,41$).

Обсуждение. Отсутствие билатеральной асимметрии размеров мозговых артерий, отмеченное в настоящем исследовании, согласовывается с исследованием 2012 г. S. Hirsch и соавт., в котором отмечено, что латерализация функций ГМ до 14–16 лет ребенка идет постепенно и достигает максимума только к зрелому возрасту [15]. А. В. Грибанов и соавт., изучавшие состояние церебрального кровотока (на примере внутренних сонных и позвоночных артерий) у мальчиков 11–14 лет, проживающих в районе Крайнего Севера, также обнаружили отсутствие межполушарной асимметрии у детей в обозначенном возрастном диапазоне. Авторы указали, что у детей от грудного до подросткового возраста «морфометрические показатели артерий слева, справа и по полу не различаются ($t<2$, $p>0,05$)» [16].

Учитывая тот факт, что данных литературы по морфологии артерий ГМ детей именно в норме очень мало, мы сочли возможным сравнить полученные в ходе настоящего исследования сведения с результатами работы, затрагивающей изменчивость парных артерий ГМ как у детей в период раннего детства [13], так и в период зрелого возраста в исследовании, объединяющем женщин 21–55 лет и мужчин 22–60 лет [17]. В итоге такого сравнения мы обнаружили, что НД и ДП ПМА, СМА и ПА к возрасту 3–7 лет увеличиваются на 6,2–8,1% ($0,001<p<0,024$). ТС всех изученных артерий, а также НД и ДП ВСА и ЗМА мало отличаются у детей в период раннего детства по сравнению с первым периодом детства (табл. 3).

Результаты нашего исследования показали, что в первый период детства ДП ПМА составляет 86,0%, СМА — 80,4%, ЗМА — 79,0%, ПА — 79,9% от размеров аналогичных артерий у взрослого человека, что в целом соответствует данным Yo. O. Arat и соавт. [2]. По результатам ангиографии ГМ 64 детей от 4 мес до 10 лет с ретинобластомой, проходящих внутриаириальную химиотерапию, указанные авторы обнаружили, что самый значительный рост артерий приходится на первые 3–4 года ребенка. В этом возрасте ДП артерии достигает от 81 до 99% от размеров артерий у взрослых.

Монография А. В. Горбунова [12] представляет собой одно из самых подробных изданий, в котором описана анатомия артериальных сосудов, в том числе и у детей, на основании посмертного исследования ангиограмм и прижизненного анализа магнитно-резонансных ангиограмм (табл. 4). Мы не можем сравнить данные автора с полученными нами результатами в связи с различающейся методикой измерения и разным количеством наблюдений, но считаем нужным привести эти данные в статье, поскольку они позволяют охарактеризовать артерии ГМ более полно.

Заключение. Проведенное исследование позволило сформулировать следующие выводы, касающиеся изменчивости морфометрических характеристик артерий ГМ у детей 3–7 лет:

1. В первый период детства билатеральных и половых различий в величине НД, ТС и ДП главных мозговых артерий, а также мозгового отдела ВСА не обнаружено.

2. Наибольшим НД и ДП характеризуются мозговой отдел ВСА, далее в порядке уменьшения

Таблица 3

Средние параметры артерий головного мозга (мм) у детей (в ранний и первый периоды детства) и взрослого человека

Артерия ГМ		Данные по параметрам			Темп прироста, абс. (%)		$p_{1,2}$	$p_{2,3}$
		для периода раннего детства [13]	по первому периоду детства	средние для периода зрелого возраста [17]	1, 2	2, 3		
НД	BCA	2,61±0,04	2,65±0,04	—	0,04 (1,5)	—	0,484	—
	ПМА	1,77±0,04	1,90±0,02	2,21±0,03	0,13 (7,3)	0,31 (16,3)	0,004	
	СМА	2,09±0,04	2,25±0,03	2,80±0,03	0,16 (7,7)	0,55 (24,4)	<0,001	
	ЗМА	1,84±0,07	1,81±0,03	2,29±0,03	—	0,48 (26,5)	0,898	
	ПА	2,10±0,05	2,23±0,03	2,79±0,05	0,13 (6,2%)	0,56 (25,1)	0,024	
ТС	BCA	0,15±0,01	0,16±0,005	—	0,01 (6,6)	—	0,546	—
	ПМА	0,14±0,01	0,14±0,004	0,23±0,004	0	0,09 (64,8)	0,314	
	СМА	0,14±0,01	0,15±0,005	0,27±0,005	0,01 (7,1)	0,12 (80,0)	0,495	
	ЗМА	0,14±0,01	0,14±0,004	0,24±0,004	0	0,10 (71,4)	0,731	
	ПА	0,16±0,01	0,16±0,005	0,25±0,004	0	0,09 (56,3)	0,966	
ДП	BCA	2,30±0,05	2,33±0,04	—	0,03 (1,3)	—	0,599	—
	ПМА	1,49±0,04	1,61±0,03	1,75±0,03	0,12 (8,1%)	0,14 (8,7)	0,009	
	СМА	1,81±0,03	1,95±0,03	2,36±0,03	0,14 (7,7%)	0,41 (21,0)	0,001	
	ЗМА	1,54±0,05	1,54±0,03	1,82±0,03	0	0,28 (18,2)	0,967	
	ПА	1,77±0,05	1,91±0,04	2,29±0,04	0,14 (7,9%)	0,38 (19,9)	0,021	

Примечание. Темп прироста: 1, 2 — различие между параметрами артерий в ранний и первый периоды детства, 2, 3 — различие между параметрами артерий в первый период детства и средними значениями аналогичных параметров в зрелом возрасте; $p_{1,2}$ — уровень значимости различий между параметрами артерий в ранний и первый периоды детства; $p_{2,3}$ — уровень значимости различий между параметрами артерий в первый период детства и средними значениями аналогичных параметров в зрелом возрасте.

Таблица 4

Величина артерий головного мозга (мм) в первый период детства, по данным исследования А. В. Горбунова [12]

Артерия	Уровень измерения	Исследование	
		посмертное, n=4	прижизненное, n=5
BCA	D ₁	3,28±0,28	2,26±0,21
	D ₂	3,05±0,25	2,23±0,20
ПМА	D ₁	1,86±0,21	1,68±0,15
	D ₂	1,32±0,16	1,52±0,16
СМА	D ₁	2,12±0,19	2,16±0,20
	D ₂	1,67±0,18	1,81±0,18
ЗМА	D ₁	2,79±0,31	1,76±0,17
	D ₂	2,03±0,18	1,54±0,15
ПА	D ₁	2,39±0,20	2,06±0,20
	D ₂	2,34±0,24	1,97±0,20

Примечание. Диаметр: D₁ — начала артерии; D₂ — конца артерии.

величины следуют равные по величине СМА и ПА, затем — ПМА и ЗМА.

3. Самой толстой стенкой обладают ВСА и ПА, далее следуют передняя, средняя и ЗМА, не имеющие между собой значимых различий по параметру ТС.

4. Между НД и ТС артерий, кровоснабжающих головной мозг, имеются слабые и умеренные связи; с наибольшей силой связаны ТС ПА и ПМА, ПА и ЗМА, а также ЗМА и ВСА ($r=0,60-0,62$).

5. Сравнительный анализ величин параметров артерий в ранний и первый периоды детства показал, что НД и ДП ПМА, СМА и ПА в первый период детства статистически значимо на 6,2–8,1% больше. ТС всех изученных артерий, а также НД и ДП ВСА и ЗМА мало отличаются в указанных возрастных периодах.

6. В первый период детства ДП ПМА составляет 86,0%, СМА — 80,4%, ЗМА — 79,0%, ПА — 79,9% от размеров аналогичных артерий у взрослого человека.

Полученные данные существенно расширяют имеющиеся сведения об анатомии кровоснабжающих ГМ артерий у детей в возрасте 3–7 лет.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов не заявляется.

References (Список источников)

- Shchederkina IO, Koltunov IE, Livshits MI, et al. Stroke and cerebrovascular pathology in children and adolescents: A guide for physicians. Moscow: GEOTAR-Media, 2022; 448 p. (In Russ.) Щедеркина И.О., Колтунов И.Е., Лившиц М.И. и др. Инсульт и цереброваскулярная патология у детей и подростков: руководство для врачей. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2022; 448 с. DOI: 10.33029/9704-6316-1-SCP-2022-1-448
- Arat YoO, Arat A, Aydin K. Angiographic morphometry of internal carotid artery circulation in Turkish children. Turk Neurosurg. 2015; 25 (4): 608–16. DOI: 10.5137/1019-5149.JTN.13788-14.1
- Gladilin YuA. Variant anatomy of the internal carotid artery, arterial circle of the large brain and cerebral arteries. DSc abstract. Saransk, 2004; 41 p. (In Russ.) Гладилин Ю.А. Вариантная анатомия внутренней сонной артерии, артериального круга большого мозга и мозговых артерий: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Саранск, 2004; 41 с. EDN: NHYNWZ
- Ermakova IE. Variant anatomy of the arteries of the great circle and their central perforating branches of the human brain. PhD abstract. Krasnoyarsk, 2014; 23 p. (In Russ.)

Ермакова И.Е. Вариантная анатомия артерий большого круга и их центральных перфорирующих ветвей головного мозга человека: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Красноярск, 2014; 23 с. EDN: ZPFBSF

5. Lyun'kova RN, Krylov VV. Variants of the anatomical structure of the posterior parts of the arterial circle of the large brain and posterior cerebral artery. Neurosurgery. 2014; (1): 47–70. (In Russ.) Люнькова Р.Н., Крылов В.В. Варианты анатомического строения задних отделов артериального круга большого мозга и задней мозговой артерии. Нейрохирургия. 2014; (1): 47–70.

6. Nikolenko VN, Fomkina OA, Gladilin YuA. Age, sex and bilateral features of lumen diameter and vertebral artery wall thickness in adults. Morphology. 2008; 133 (3): 79–80. (In Russ.) Николенько В.Н., Фомкина О.А., Гладилин Ю.А. Возрастные, половые и билатеральные особенности диаметра просвета и толщины стенки позвоночных артерий у взрослых людей. Морфология. 2008; 133 (3): 79–80. EDN: RAFKPR

7. Pavlov AV, Timofeev VE, Yuneman OA, et al. Modern view of the brain central arteries anatomy. Medical News of North Caucasus. 2018; 13 (4): 663–7. (In Russ.) Павлов А.В., Тимофеев В.Е., Юнеман О.А. и др. Современный взгляд на анатомию центральных артерий головного мозга. Медицинский вестник Северного Кавказа. 2018; 13 (4): 663–7. DOI: 10.14300/mnnc.2018.13131

8. Pazhinsky LV, Gayvoronsky IV, Gayvoronsky AI, Boilya KV. Variant anatomy of human cerebral arteries. Medicine XXI century. 2007; 7 (6): 72–8. (In Russ.) Пажинский Л.В., Гайворонский И.В., Гайворонский А.И., Боля К.В. Вариантная анатомия артерий головного мозга человека. Медицина XXI век. 2007; 7 (6): 72–8. EDN: QYNUNN

9. Trushel NA. Variants of the structure of the Willisian circle in people with cerebrovascular accidents and those who died from other causes. Bulletin of Vitebsk State Medical University. 2014; 13 (2): 45–9. (In Russ.) Трушель Н.А. Варианты строения виллизиева круга у людей с расстройствами мозгового кровообращения и умерших от других причин. Вестник Витебского государственного медицинского университета. 2014; 13 (2): 45–9.

10. Fomkina OA. Morphology of intracranial parts of vertebral parts of vertebrates, basilar, cerebellar and posterior cerebral arteries in adults of different ages and sexes. PhD diss. Volgograd, 2006; 123 p. (In Russ.) Фомкина О.А. Морфология внутричерепных частей позвоночных частей позвоночных, базиллярной, мозжечковых и задних мозговых артерий у взрослых людей различного возраста и пола: дис. ... канд. мед. наук. Волгоград, 2006; 123 с. EDN: NPUXWL

11. Fomkina OA, Nikolenko VN. Morphometric parameters of cerebral arteries of adults of 35–60 years. Morphological Statements. 2015; (2): 96–9. (In Russ.) Фомкина О.А., Николенько В.Н. Морфометрические параметры артерий головного мозга взрослых людей 35–60 лет. Морфологические ведомости. 2015; (2): 96–9. EDN: VKZTNB

12. Gorbunov AV. Evolution of human cerebral arteries. Monograph. Tambov: Publishing Center of Tambov State Technical University, 2022; 148 p. (In Russ.) Горбунов А. В. Эволюция артерий головного мозга человека: монография. Тамбов: Изд. центр Тамбов. гос. техн. ун-та, 2022; 148 с.
13. Gladilin YuA, Fomkina OA, Nikolenko VN. Variability of morphometric characteristics of paired arteries of the brain in children during early childhood. Morphology. 2022; 160 (2): 77–83. (In Russ.) Гладилин Ю. А., Фомкина О. А., Николенько В. Н. Изменчивость морфометрических характеристик парных артерий головного мозга у детей в период раннего детства. Морфология. 2022; 160 (2): 77–83. DOI: 10.17816/morph.114745
14. On burial and funeral business: Federal Law of 12.01.1996 No. 8-FZ. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8919/\(10 Nov 2023\)](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8919/(10 Nov 2023)). (In Russ.) О погребении и похоронном деле: Федеральный закон от 12.01.1996 № 8-ФЗ. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8919/\(дата обращения: 10.11.2023\)](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8919/(дата обращения: 10.11.2023)).
15. Hirsch S, Reichold J, Schneider M, et al. Topology and hemodynamics of the cortical cerebrovascular system. J Cereb Blood Flow Metab. 2012; 32 (6): 952–67. DOI: 10.1038/jcbfm.2012.39
16. Gribanov AV, Fedotov DM, Melkova LA. Age features of cerebral blood flow hemispheric asymmetry in children and adolescents European North. Russian Journal of Physiology. 2016; 102 (2): 216–24. (In Russ.) Грибанов А. В., Федотов Д. М., Мелькова Л. А. Возрастные особенности межполушарной асимметрии церебрального кровотока у детей и подростков на Европейском Севере. Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 2016; 102 (2): 216–24. EDN: VKAEUJ
17. Fomkina OA. Patterns of individual typological variability of morphometric and biomechanical parameters of cerebral arteries. DSc abstract. Saratov, 2017; 22 p. (In Russ.) Фомкина О. А. Закономерности индивидуально-типологической изменчивости морфометрических и биомеханических параметров артерий головного мозга: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Саратов, 2017; 22 с. EDN: ZQIKNR

Статья поступила в редакцию 10.01.2024; одобрена после рецензирования 01.02.2024; принята к публикации 09.07.2024.
The article was submitted 10.01.2024; approved after reviewing 01.02.2024; accepted for publication 09.07.2024.

Информация об авторах:

Юрий Александрович Гладилин — профессор кафедры анатомии человека, доцент, доктор медицинских наук, GladilinUA@mail.ru, ORCID 0000-0003-2623-561X; **Ольга Александровна Фомкина** — доцент кафедры анатомии человека, доцент, доктор медицинских наук, oafomkina@mail.ru, ORCID 0000-0002-1516-0504; **Владимир Николаевич Николенько** — заведующий кафедрой анатомии и гистологии человека, профессор, доктор медицинских наук, vn.nikolenko@yandex.ru, ORCID 0000-0001-9532-9957; **Людмила Владимировна Музурова** — профессор кафедры анатомии человека, профессор, доктор медицинских наук, lmuzurova@yandex.ru, ORCID 0000-0001-7839-2399.

Information about the authors:

Yuriy A. Gladilin — Professor of the Department of Human Anatomy, Associate Professor, DSc, GladilinUA@mail.ru, ORCID 0000-0003-2623-561X; **Olga A. Fomkina** — Assistant Professor of the Department of Human Anatomy, Associate Professor, DSc, oafomkina@mail.ru, ORCID 0000-0002-1516-0504; **Vladimir N. Nikolenko** — Head of the Department of Human Anatomy and Histology, Professor, DSc, vn.nikolenko@yandex.ru, ORCID 0000-0001-9532-9957; **Ludmila V. Muzurova** — Professor of the Department of Human Anatomy, Professor, DSc, lmuzurova@yandex.ru, ORCID 0000-0001-7839-2399.