

Варианты конструкции артериального круга большого мозга человека и интегральная классификация индивидуально-типологической изменчивости

В.Н. Николенко^{1,2}, А.В. Павлов³, В.Е. Тимофеев³, С.Р. Жеребятъева³, С.М. Тимофеева⁴

¹ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия;

²ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», Москва, Россия;

³ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова»

Минздрава России, Рязань, Россия;

⁴ООО «МЕДСИ+», Рязань, Россия

Аннотация

Цель. Изучена изменчивость конструкции артериального круга большого мозга (АКБМ) человека.

Материалы и методы. Проведена систематизация и составлена оригинальная классификация вариантов АКБМ. Исследование проведено на 116 препаратах головного мозга взрослых людей (64 мужчин и 52 женщин), погибших от причин, не связанных с заболеваниями или травмой головного мозга. Препарирование сосудов АКБМ и центральных артерий проводили после инъекционного контрастирования артерий тушь – желатиновой смесью.

Результаты. Выделены два типа конструкции АКБМ, включающие в себя по два подтипа (всего 4). В первую очередь, Варианты индивидуально-типологической изменчивости (ВИТИ) строения круга объединялись в зависимости от наличия или отсутствия признака его замкнутости в типы конструкции АКБМ – замкнутый или разомкнутый. Тип конструкции – это один из интегральных и базовых принципов классификации, так как служит критерием морфофункциональной состоятельности АКБМ. Второй уровень систематизации ВИТИ строения АКБМ связан с выделением в типах двух подтипов в каждом из них, в зависимости от наличия или отсутствия признака симметричности формы АКБМ. Этот подуровень является системным, поскольку все разнообразные варианты АКБМ обусловлены наличием, или отсутствием, или степенью развития (от гипоплазии до гиперплазии) образующих его артерий. В соответствии с выделенными типами и подтипами АКБМ были классифицированы выявленные ВИТИ круга.

Выводы. Установлено статистически достоверное преобладание замкнутых и несимметричных АКБМ как среди мужчин, так и женщин. Используя данную классификацию, отнесение конструкции любого встречаемого варианта артериального круга в ее систему, становится простой и легко выполнимой задачей. Предложенная интегральная классификация основана на базисных морфогеометрических характеристиках АКБМ, учитывает анатомию отдельных артерий и самого круга в целом без разграничения его на передние и задние отделы и рассматривает артериальный круг как единое образование.

Ключевые слова: артерии, артериальный круг большого мозга человека, аплазия, гипоплазия, гиперплазия, вариантная анатомия, головной мозг, мозговое кровообращение, индивидуально-типологическая изменчивость, классификация, симметричный, несимметричный, замкнутый, разомкнутый, систематизация, тип, подтип.

Для цитирования: Николенко В.Н., Павлов А.В., Тимофеев В.Е. и др. Варианты конструкции артериального круга большого мозга человека и интегральная классификация индивидуально-типологической изменчивости. Сеченовский вестник. 2018; 4 (34): 41–49. DOI: 10.26442/22187332.2018.4.41-49

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Тимофеев Василий Егорович, ассистент кафедры сердечно-сосудистой, рентгенэндоваскулярной, оперативной хирургии и топографической анатомии, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России

Адрес: 390026, Россия, г. Рязань, ул. Высоковольтная, д. 9

Тел.: 8 (910) 565-10-01

Е-mail: Laminacribroza62@gmail.com

Статья поступила в редакцию: 25.09.2018

Статья принята к печати: 03.12.2018

The human brain arterial circle variants and integrated classification of individual-typological variability

Vladimir N. Nikolenko^{1,2}, Artem V. Pavlov³, Vasilij E. Timofeev³, Svetlana R. Zherebyatyeva³,
Svetlana M. Timofeeva⁴

¹*I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia;*

²*M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia;*

³*I.P. Pavlov Ryazan State Medical University, Ryazan, Russia;*

⁴*LLC "MEDSI+", Ryazan, Russia*

Abstract

Objective. The variability of the design of the arterial circle of the human brain (ACHB) has been studied.

Materials and methods. The systematization was carried out and the original classification of the variants of ACHB was compiled. The study was performed on 116 brain preparations of adult people (64 men and 52 women). The causes of death of these people were not associated with diseases or trauma of the brain. Dissection of the vessels ACHB and central arteries was carried out after the injection of contrasting arteries mixture (mascara – gelatin).

Results. There are two types of ACHB design, including two subtypes (4 in total). First of all, the variants of the individual-typological variability (VITV) of the circle design were combined depending on the presence or absence of the sign of its closure in the types of construction of the ACHB – closed or open. The type of construction is one of the integral and basic principles of classification. It serves as a criterion for the morphofunctional consistency of the ACHB. The second level of systematization of the VITV structure of ACHB is associated with the allocation in types of two subtypes in each of them. This is based on the presence or absence of symmetry of the ACHB form. This sublevel is a systemic – all variants of AKBM are caused by the presence or absence, or the degree of development (from hypoplasia to hyperplasia) of the arteries forming it. In accordance with the selected types and subtypes of the ACHB, the identified VITV circle was classified.

Conclusions. The statistically significant prevalence of closed and asymmetric ACHB among both men and women has been established. The proposed integral classification is based on the basic morphogeometric characteristics of the ACHB. It takes into account the anatomy of both individual arteries and the circle as a whole, without dividing it into the front and back sections and treating the arterial circle as a single entity.

Key words: arteries, arterial circle of the human brain, aplasia, hypoplasia, hyperplasia, variant anatomy, brain, cerebral circulation, individual-typological variability, classification, symmetric, asymmetric, closed, open, systematization, type, subtype.

For citation: Nikolenko V.N., Pavlov A.V., Timofeev V.E. et al. The human brain arterial circle variants and integrated classification of individual-typological variability. *Sechenov Medical Journal*. 2018; 4 (34): 41–49. DOI: 10.26442/22187332.2018.4.41-49

CONTACT INFORMATION

Vasilij E. Timofeev, Assistant of the Department of cardiovascular, endovascular, operative surgery and topographic anatomy, I.P. Pavlov Ryazan State Medical University

Address: 9, Vysokovoltnaya st., Ryazan, 390026, Russia

Tel.: +7 (910) 565-10-01

E-mail: Laminacribroza62@gmail.com

The article received: 25.09.2018

The article approved for publication: 03.12.2018

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проблема нарушений мозгового кровообращения остается одной из ведущих в мировой медицине, отмечается рост выполняемых нейрохирургических операций [1–6]. Поэтому при создании математических моделей мозгового кровотока, рассмотрении вопросов диагностики и оперативного лечения цереброваскулярной патологии является важным знание конструкции и анатомической изменчивости артериального круга большого мозга (АКБМ) [6–17].

АКТУАЛЬНОСТЬ

Варианты индивидуально-типологической изменчивости (ВИТИ), топографии и строения АКБМ человека, по данным литературы, весьма многообразны [18–24]. При этом до настоящего времени отсутствует единая универсальная классификация строения артериального круга. Все описанные варианты строения АКБМ объединяются при классификации в несколько групп: 1-я – с вариантами строения отдельных артерий, 2-я – нескольких артерий, составляющих артериальный

круг, и 3-я – атипичные варианты строения артериального круга. Как правило, 2-я группа имеет подразделение еще на несколько подгрупп: с вариантами строения сосудов переднего отдела артериального круга, заднего, переднего и заднего; а 3-я группа включает в себя артериальные круги без возможности их размещения в первых двух группах по причине значительных одновременных вариантов конфигурации артерий [19, 20, 23]. В других случаях при классификации АКБМ за основу кроме анатомических данных (аплазия, гипоплазия, гиперплазия) одновременно берутся топографические характеристики (присутствие добавочных артерий, варианты отхождения от магистральных сосудов, слияние парных артерий, плексиформное строение артерий) и количественные данные (асимметрия диаметра парных сосудов) [18, 21, 22]. Существуют классификации, где варианты строения АКБМ представлены несколькими основными группами: 1-я – с разомкнутыми передними или задними отделами круга, 2-я – с нетипичным началом мозговых артерий, 3-я – с асимметрией диаметра парных сосудов [20, 24]. Остальные имеющиеся классификации построены по сходному принципу и представляют собой комбинации вариантов. Все приведенные классификации имеют одноуровневую систему и не могут в полной мере соответствовать своему предназначению по причине отсутствия четкой иерархической структуры. Поскольку за основу в классификациях берутся варианты анатомии отдельных сосудов артериального круга (разграничивая простые и сложные варианты), всегда будет существовать группа с «атипичными» вариантами строения АКБМ, а при попытке убрать эту группу из классификации количество остальных групп резко возрастает ввиду большого разнообразия существующих вариантов анатомии артерий, входящих в круг [22].

Таким образом, отсутствие универсальной классификации АКБМ затрудняет системное представление о персонифицированной анатомии артериального русла головного мозга не только для морфологов, но и для практикующих врачей разных специализаций: неврологов, нейрохирургов, специалистов клинических методов визуализации сосудов мозга.

ОБОСНОВАНИЕ

Имеется большое количество работ, посвященных морфологии и вариативности сосудов головного мозга и АКБМ. Между тем сведения, представленные в них, недостаточно полно отражают особенности конструкции АКБМ и не учитывают одновременно все классификационные признаки [18–24]. Как правило, изначально отсутствует главный признак, объединяющий другие характеристики артериального круга, который можно приме-

нить ко всем его составляющим отделам и с учетом которого можно было бы переходить к следующему подуровню классифицирования конструкции круга. Очевидно, что назрела необходимость систематизации ВИТИ и составления классификации АКБМ.

Цель работы: выявить закономерности индивидуально-типологической изменчивости конструкции АКБМ и разработать его универсальную классификацию с учетом вариантной анатомии отдельных артерий и самого круга в целом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом исследования послужили 64 препарата головного мозга мужчин и 52 препарата головного мозга женщин, полученные во время аутопсии взрослых людей (21–60 лет), умерших от причин, не связанных с заболеваниями или травмой головного мозга. После инъекционной контрастной окраски артерий тушь-желатиновой смесью, которая готовилась непосредственно перед использованием, производилось выделение всех сосудов артериального круга мозга и их центральных артерий [25]. В ходе исследования определяли замкнутость АКБМ по всему периметру, наличие гиперплазии, гипоплазии (аплазии) или изменения количества сосудов круга. Характер симметричности оценивался не по тому, насколько геометрически правильно сформирован круг, а по отсутствию (удвоению, утроению) хотя бы одной из парных артерий или разнице в диаметре между ними более 25%. Статистическую обработку результатов проводили с применением аналитического пакета Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В исследовании обнаружено множество разнообразных вариантов АКБМ. С целью систематизации все найденные варианты круга были упорядочены с помощью составленной авторами многоуровневой классификации. Ее универсальность заключалась в том, что, используя ее, можно охарактеризовать любой существующий вариант круга. Для этого при составлении классификации были выделены два типа, в свою очередь включающие в себя по два подтипа. Первоначальное подразделение АКБМ на типы осуществлялось по признаку его замкнутости, поскольку это является основным критерием его морфофункциональной состоятельности, с выделением замкнутого варианта конструкции и разомкнутого варианта конструкции круга (рис. 1) [26]. Замкнутые варианты конструкции артериального круга были обнаружены в 71,5% и разомкнутые – в 28,5% наблюдений. В качестве второго уровня систематизации на подтипы был применен признак симметричности, поскольку все разнообразные варианты артериального круга мозга обусловлены степенью развития входящих в него сосудов (от гипоплазии до гиперплазии) [9, 12, 13, 15].

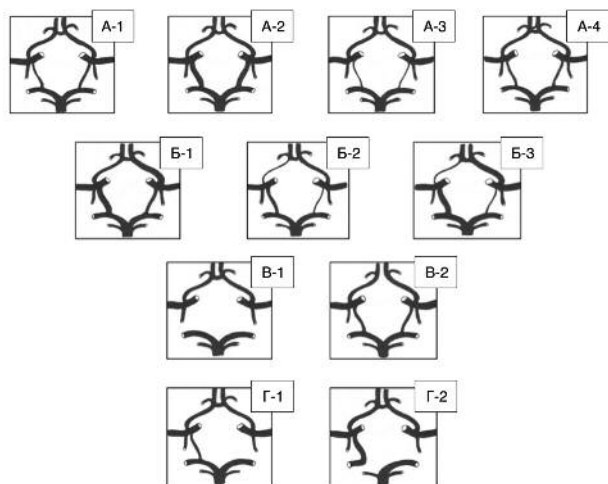


РИС. 1. Варианты АКБМ, выделяемые в соответствии с интегральными признаками классификации.

Примечание. А – тип замкнутых и подтип симметричных вариантов АКБМ: А-1 – классический вариант; А-2 – с гиперплазией двух одноименных артерий; А-3 – с гипоплазией двух одноименных артерий; А-4 – с вариантами передней соединительной артерии. Б – тип замкнутых и подтип несимметричных вариантов АКБМ: Б-1 – с гиперплазией одной парной или двух (нескольких) разноименных артерий; Б-2 – с гипоплазией одной парной или двух (нескольких) разноименных артерий; Б-3 – с сочетанием гиперплазии и гипоплазии одноименных или разноименных артерий. В – тип разомкнутых и подтип симметричных вариантов АКБМ: В-1 – с отсутствием одноименных артерий; В-2 – с отсутствием передней соединительной артерии. Г – тип разомкнутых и подтип несимметричных вариантов АКБМ: Г-1 – с отсутствием одной из парных артерий; Г-2 – с отсутствием двух и более разноименных артерий.

FIG. 1. Variants of the arterial circle, according to the integral criteria of classification:

A – Type of closed and subtype of symmetrical variants: A-1 – classic version; A-2 – with hyperplasia of two arteries of the same name; A-3 – with hypoplasia of two arteries of the same name; A-4 – with variants of the anterior communicating artery. B – Type of closed and subtype asymmetrical variants B-1 – with hyperplasia of one paired or two (several) opposite arteries; B-2 – with hypoplasia of one paired or two (several) opposite arteries; B-3 – with a combination of hyperplasia and hypoplasia of the same or opposite arteries. B – Type of open-ended and subtype of symmetrical variants: B-1 – with the absence of similar arteries; B-2 – with the lack of anterior connective artery. Г – Type of open-ended and subtype of asymmetrical variants: Г-1 – with the absence of one of the paired arteries; Г-2 – with the absence of two or more dissimilar arteries.

Таким образом, в дальнейшем как в замкнутых, так и в незамкнутых типах конструкции (строения) круга все возможные варианты были представлены в двух подтипах: с симметричной и несимметричной формой конструкции круга. В соответствии с выделенными типами и подтипами все обнаруженные варианты АКБМ были удачно распределены в

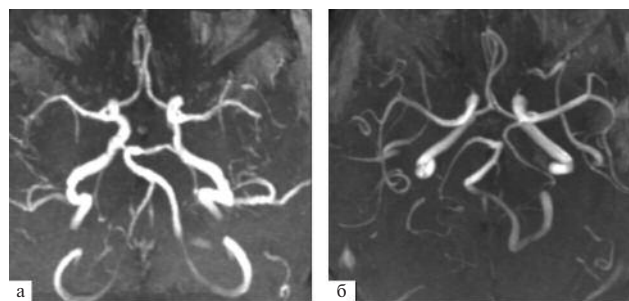


РИС. 2. Магнитно-резонансная ангиограмма артерий головного мозга (магнитно-резонансный томограф с напряженностью магнитного поля 1,5 тесла – MRI 1,5 T; магнитно-резонансная ангиограмма из архива кафедры анатомии ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России): а – замкнутый несимметричный по строению АКБМ (вариант с сочетанием гиперплазии и гипоплазии одноименных или разноименных артерий); б – разомкнутый несимметричный по строению АКБМ (вариант с отсутствием двух и более разноименных артерий).

FIG. 2. Magnetic resonance angiogram of cerebral arteries (MRI tomograph with a magnetic field strength of 1.5 tesla – MRI 1.5 T; MRI from the archive of the Department of Anatomy of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education of Ryazan State Medical University of the Ministry of Health of Russia): a – the closed asymmetrical (a combination of a hyperplasia and a hypoplasia of the arteries of the same name or unlike); б – open asymmetrical (absence of two or more opposite arteries).

матрицу нашей классификации (табл. 1). При этом образовалась четкая иерархическая структура изменчивости АКБМ: типы–подтипы–ВИТИ. Используя ее, представляется возможным классифицировать любой обнаруживаемый вариант конструкции артериального круга. Систематизация ВИТИ становится простой и легко выполнимой задачей. На приведенных магнитно-резонансных ангиограммах артерий головного мозга человека показано, как визуализируются типы и подтипы артериального круга (рис. 2).

Таким образом, при систематизации вариантов конструкции артериального круга были сформированы 2 типа, 4 подтипа и 11 вариантов его строения. Такая структура классификационной матрицы позволила охватить все существующее многообразие конструкций АКБМ, детерминируя при этом особенности его индивидуально-типологической изменчивости. В тип замкнутых и подтип симметричных по конструкции артериальных кругов входили варианты с «классическим» строением, гиперплазией двух одноименных артерий, гипоплазией двух одноименных артерий и различным строением передней соединительной артерии. Тип замкнутых и подтип несимметричных по конструкции артериальных кругов были представлены вариантами с гиперплазией одной артерии или нескольких разноименных артерий, гипоплазией одной или нескольких разноименных артерий, вариантами сочетания ги-

Таблица 1. Частота встречаемости ВИТИ АКБМ, абсолютная/относительная (n=116)
Table 1. Frequency of occurrence of variants of individual-typological variability, abs./rel. (n=116)

Тип АКБМ / Type of ACB*	Подтип АКБМ / Subtype ACB*	ВИТИ АКБМ / Variants of individual typological variability	Количество, абс. (%) / Quantity Abs. (%)
Замкнутый / Closed	Симметричный / Symmetric	«Классический» / "Classical"	11 (9,5)
		С гиперплазией двух одноименных артерий / With hyperplasia of two arteries of the same name	11 (9,5)
		С гипоплазией двух одноименных артерий / With hypoplasia of two arteries of the same name	5 (4,3)
	Несимметричный / Asymmetrical	С вариантами передней соединительной артерии / With variants of the anterior connective artery	5 (4,3)
		С гиперплазией одной парной артерии или двух разноименных артерий / With hyperplasia of one paired artery or two opposite arteries	5 (4,3)
		С гипоплазией одной парной артерии или двух разноименных артерий / With hypoplasia of one paired artery or two opposite arteries	5 (4,3)
Разомкнутый / Open	Симметричный / Symmetric	С сочетанием гиперплазии и гипоплазии одноименных или разноименных артерий / With a combination of hyperplasia and hypoplasia of the same or opposite arteries	41 (35,3)
		С отсутствием одноименных артерий / With the absence of the same arteries	11 (9,5)
	Несимметричный / Asymmetrical	С отсутствием передней соединительной артерии / With the absence of the anterior communicating artery	–
		С отсутствием одной из парных артерий / With the absence of one of the paired arteries	22 (19,0)
		С отсутствием двух и более разноименных артерий / With the absence of two or more dissimilar arteries	–

*ACB – Arterial circle of the brain.

Таблица 2. Гендерные различия частоты встречаемости ВИТИ АКБМ, % (n=116)
Table 2. Options for individual-typological variability of ACB in men and women, (%), n=116)

Тип и подтип АКБМ / Type and Subtype	ВИТИ АКБМ / Variants of individual typological variability	Встречаемость ВИТИ, % / Occurrence ITV%	
		мужчины (n=64) / men (n=64)	женщины (n=52) / women (n=52)
Замкнутый и симметричный / Type and Subtype	«Классический» / "Classical"	12,5	5,8
	С гиперплазией двух одноименных артерий / With hyperplasia of two arteries of the same name	7,8	11,5
	С гипоплазией двух одноименных артерий / With hypoplasia of two arteries of the same name	3,1	5,8
	С вариантами передней соединительной артерии / With variants of the anterior connective artery	6,2	1,9
Замкнутый и несимметричный / Closed and symmetric	С гиперплазией одной парной артерии или двух разноименных артерий / With hyperplasia of one paired artery or two opposite arteries	4,7	3,85
	С гипоплазией одной парной артерии или двух разноименных артерий / With hypoplasia of one paired artery or two opposite arteries	4,7	3,85
	С сочетанием гиперплазии и гипоплазии одноименных или разноименных артерий / With a combination of hyperplasia and hypoplasia of the same or opposite arteries	31,3	40,4
Разомкнутый и симметричный / Open and symmetrical	С отсутствием одноименных артерий / With the absence of the same arteries	10,9	7,7
	С отсутствием передней соединительной артерии / With lack of anterior connective artery	–	–
Разомкнутый и несимметричный / Open and asymmetrical	С отсутствием одной из парных артерий / With the absence of one of the paired arteries	18,8	19,2
	С отсутствием двух и более разноименных артерий / With the absence of two or more dissimilar arteries	–	–

Таблица 3. Гендерные различия частоты встречаемости сочетания типов и подтипов АКБМ, % (n=116)
Table 3. The occurrence of types and subtypes of ACB in men and women, (% , n=116)

Тип и подтип АКБМ / Type and Subtype of ACB	Встречаемость, % / Occurrence, %	
	мужчины (n=64) / men (n=64)	женщины (n=52) / women (n=52)
Замкнутый и симметричный / Closed and symmetric	29,6	25,0
Замкнутый и несимметричный / Closed and asymmetrical	40,7	47,1
Разомкнутый и симметричный / Open and symmetrical	10,9	7,7
Разомкнутый и несимметричный / Open and asymmetrical	18,8	19,2

Таблица 4. Гендерные различия частоты встречаемости подтипов АКБМ, % (n=116)
Table 4. Visibility of different types of ACB in men and women, (% , n=116)

Тип АКБМ / Type of ACB	Встречаемость, % / Occurrence, %	
	мужчины (n=64) / men (n=64)	женщины (n=52) / women (n=52)
Замкнутый / Vicious circle	70,3	73,1
Разомкнутый / Open circle	29,7	26,9

Таблица 5. Гендерные различия частоты встречаемости подтипов АКБМ, % (n=116)
Table 5. The occurrence of ACB subtypes frequency in men and women, (% , n=116)

Подтип АКБМ / Subtype of ACB	Встречаемость, % / Occurrence, %	
	мужчины (n=64) / men (n=64)	женщины (n=52) / women (n=52)
Симметричный / Symmetrical circle	40,5	32,7
Несимметричный / Asymmetrical circle	59,5	66,3

перплазии и гипоплазии одноименных или разноименных артерий, входящих в состав круга. В тип разомкнутых и подтип симметричных по конструкции артериальных кругов входил вариант с отсутствием одноименных артерий с двух сторон. Тип разомкнутых и подтип несимметричных по конструкции артериальных кругов были представлены вариантом с отсутствием одной из парных артерий. Важно отметить, что доказательством универсальности и «работы» предложенной классификации выступает возможность предположения существования еще двух вариантов АКБМ, относящихся к типу разомкнутых, которые на изученном нами материале не были представлены. Это ВИТИ АКБМ с отсутствием передней соединительной артерии (подтип симметричных кругов) и вариант с отсутствием двух и более разноименных артерий (подтип несимметричных кругов), при этом последний вариант присутствовал в нашем наблюдении (см. рис. 2, б).

Резюмируя изложенное, можно констатировать, что интегральная классификация ВИТИ позволяет одновременно оценить конструкцию АКБМ по нескольким параметрам: гипоплазия, аплазия, гиперплазия, удвоение и иные варианты анатомии сосу-

дов; и сразу в двух его отделах – переднем и заднем. Встречаемость так называемого «классического» (типичного) варианта строения АКБМ, представленного в большинстве учебников и руководств по анатомии и неврологии, составила лишь 9,5% случаев, т.е. только у каждого десятого индивидуума, а в остальных случаях (90,5%) АКБМ имеет разнообразные ВИТИ строения составляющих его сосудов, укладываемые в матрицу разработанной классификации.

Дальнейший анализ вариантов АКБМ выполнялся в аспекте гендерной изменчивости. Для нивелирования неизбежно возникающей разницы данных в связи с разным количеством наблюдений в группах мужчин и женщин количество вариантов круга рассчитано в процентах (табл. 2).

При объединении вариантов артериального круга по их типу (замкнутый и разомкнутый) и подтипу (симметричный и несимметричный) половой диморфизм выявлен не был (табл. 3–5). У мужчин, равно как и у женщин, преобладали замкнутые и разомкнутые несимметричные АКБМ. По-видимому, полученные данные связаны с особенностями гендерной латерализации головного мозга [19, 21, 27].

Замкнутые симметричные АКБМ у мужчин встречались чаще на 4,6%, а разомкнутые симметричные — на 3,2%. Замкнутые несимметричные круги наблюдаются практически с одинаковой частотой среди лиц обоего пола (см. табл. 3).

Вместе с тем, у женщин замкнутое строение АКБМ встречалось несколько чаще, чем у мужчин, — на 1,8%, а разомкнутое строение — реже на 2,8% (см. табл. 4). Несимметричные артериальные круги у мужчин и женщин наблюдались чаще, чем симметричные, на 19 и 33,6% соответственно.

Таким образом, АКБМ симметричного строения встречались чаще у мужчин, чем у женщин, — на 7,8%, а несимметричного строения у мужчин реже, чем у женщин, — на 6,8% (см. табл. 5). При этом встречаемость вариантов конструкции АКБМ по признаку симметричности у женщин и мужчин (2/3 артериальных кругов несимметричного строения у женщин, 2/5 — у мужчин) достоверно не отличалась, как и по признаку замкнутости. Выявлено лишь достоверное преобладание несимметричных и замкнутых конструкций АКБМ независимо от пола. Данные результаты сопоставимы с выводами многих других исследований последних лет [5, 18, 21, 22, 24].

Таким образом, проведенное исследование демонстрирует возможности разработанной классификации АКБМ, дополняя результаты работ других авторов без возникновения противоречий, поскольку все описанные в литературе конкретные варианты круга можно систематизировать по ее типам и подтипам [9, 11–15].

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. *Ананьева Н.И., Трофимова Т.Н.* КТ- и МРТ-диагностика острых ишемических инсультов. СПб.: СПб МАПО, 2005.
Anan'eva N.I., Trofimova T.N. КТ- и МРТ-диагностика острых ишемических инсультов. СПб.: СПб МАПО, 2005. [in Russian]
2. *Брагина Л.К.* О закономерностях коллатерального кровообращения при окклюзирующих поражениях магистральных сосудов головы в зависимости от состояния Виллизиева круга. Журн. невропатологии и психиатрии им. С.С.Корсакова. 1967; 9: 1293–300.
Bragina L.K. O zakonomernostyakh kollateral'nogo krovoobrashcheniya pri okklyuziruyushchikh porazheniyakh magistral'nykh sosudov golovy v zavisimosti ot sostoyaniya Villizieva kruga. Zhurn. nevropatologii i psikiatrii im. S.S.Korsakova. 1967; 9: 1293–300. [in Russian]
3. Геморрагический инсульт: практическое руководство. Под ред. В.И.Скворцовой, В.В.Крылова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2005.
Skvortsova V.I., Krylov V.V., eds. Gemorragicheskii insul't: prakticheskoe rukovodstvo. M.: GEOTAR-Media, 2005. [in Russian]
4. *Ходжиева Д.Т., Пулатов С.С., Хайдарова Д.К.* Все о геморрагическом инсульте у лиц пожилого и старческого возраста (собственные наблюдения). Наука молодых (Eruditio Juvenium). 2015; 3: 87–96.
Khodzhiyeva D.T., Pulatov S.S., Khaidarova D.K. Vse o gemorragicheskom insul'te u lits pozhilogo i starcheskogo vozrasta (sobstvennyye nablyudeniya). Nauka molodykh (Eruditio Juvenium). 2015; 3: 87–96.
5. *Rhoton A.* Cranial Anatomy and Surgical Approaches. Lippincott Williams and Wilkins 2007.
6. *Yasargil MG.* Microneurosurgery: Microsurgical Anatomy of the Basal Cisterns and Vessels of the Brain, Diagnostic Studies, General Operative Techniques and Pathological Considerations of the Intracranial Aneurysms (in 4 vol.). Stuttgart. New York: Georg ThiemeVerlag 1987.
7. *Левицкая Н.И. и др.* Разомкнутый виллизиев круг и «кривое» течение артериальной гипертензии. Журн. неврологии и психиатрии им. С.С.Корсакова. 2002; 7 (Прил. Инсульт): 43–7.
Levitskaya N.I. et al. Razomknutyi villiziev krug i "krizovoe" techenie arterial'noi gipertenzii. Zhurn. nevrologii i psikiatrii im. S.S.Korsakova. 2002; 7 (Suppl. Insul't): 43–7. [in Russian]
8. *Haines DE.* A Survey of the Cerebrovascular System Fundamental Neuroscience for Basic and Clinical Applications. 5th ed. 2017. Chapter 8: 122–37. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-39632-5.00008-6>
9. *Николенко В.Н., Фомкина О.А.* Индивидуальная изменчивость морфологических биомеханических характеристик задней мозговой артерии взрослых людей. Курский на-

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе анализа полученных данных установлены закономерности конструкции АКБМ. Разработана универсальная многоуровневая классификация артериального круга, которая учитывает особенности анатомии отдельных артерий и индивидуально-типологическую изменчивость самого круга в целом, без разграничения его на передние и задние отделы. Это является сильной ее стороной, поскольку АКБМ рассматривается как единое морфофункциональное образование. Интегральную классификацию ВИТИ АКБМ можно рекомендовать для использования в клинике специалистами в области функциональной диагностики, неврологами, нейрохирургами, сосудистыми хирургами, так как она учитывает одновременно множество анатомических характеристик с возможностью охвата любого существующего варианта конструкции круга, наглядна и проста в использовании.

Финансирование. Данная работа выполнена при поддержке Гранта Президента РФ МД-3316.2014.7 — «Исследование морфологических особенностей анатомической изменчивости отдельных структур головного мозга человека с учетом полового диморфизма».

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests. The authors declare that there is not conflict of interests.

- учно-практический вестник «Человек и его здоровье». 2012; 2: 21–6.
- Nikolenko V.N., Fomkina O.A.* Individual'naya izmenchivost' morfoloicheskikh biomekhanicheskikh kharakteristik zadnei mozgovoï arterii vzroslykh lyudei. Kurskii nauchno-prakticheskii vestnik "Chelovek i ego zdorov'e". 2012; 2: 21–6. [in Russian]
10. *Николенко В.Н., Фомкина О.А., Неклюдов Ю.А., Алексеев Ю.Д.* Морфобиомеханические закономерности строения средней мозговой артерии взрослых людей. Саратовский науч.-мед. журн. 2012; 8 (1): 9–14.
Nikolenko V.N., Fomkina O.A., Neklyudov Yu.A., Alekseev Yu.D. Morfobiomekhanicheskie zakonomernosti stroeniya srednei mozgovoï arterii vzroslykh lyudei. Saratovskii nauch.-med. zhurn. 2012; 8 (1): 9–14. [in Russian]
 11. *Николенко В.Н., Фомкина О.А., Гладиллин Ю.А.* Морфобиомеханические особенности задней соединительной артерии взрослых людей. Морфология. 2010; 136 (4): 202.
Nikolenko V.N., Fomkina O.A., Gladilin Yu.A. Morfobiomekhanicheskie osobennosti zadnei soedinitel'noi arterii vzroslykh lyudei. Morfologiya. 2010; 136 (4): 202. [in Russian]
 12. *Фомкина О.А., Николенко В.Н.* Морфометрические параметры артерий головного мозга взрослых людей 35–60 лет. Морфологические ведомости. 2015; 2: 96–9.
Fomkina O.A., Nikolenko V.N. Morfometricheskie parametry arterii golovnogo mozga vzroslykh lyudei 35–60 let. Morfologicheskie vedomosti. 2015; 2: 96–9. [in Russian]
 13. *Николенко В.Н., Фомкина О.А.* К вопросу об определении биологического возраста по морфометрическим параметрам артерий мозга взрослых людей. Современные наукоемкие технологии. 2008; 5: 44–5.
Nikolenko V.N., Fomkina O.A. K voprosu ob opredelenii biologicheskogo vozrasta po morfometricheskim parametram arterii mozga vzroslykh lyudei. Sovremennye naukoemkie tekhnologii. 2008; 5: 44–5. [in Russian]
 14. *Николенко В.Н., Фомкина О.А.* Варианты передней мозговой артерии в свете индивидуально-типологической и сочетанной изменчивости ее морфологических и биомеханических характеристик. Саратовский науч.-мед. журн. 2013; 9 (1): 28–33.
Nikolenko V.N., Fomkina O.A. Varianty perednei mozgovoï arterii v svete individual'no-tipologicheskoi i sochetannoi izmenchivosti ee morfoloicheskikh i biomekhanicheskikh kharakteristik. Saratovskii nauch.-med. zhurn. 2013; 9 (1): 28–33. [in Russian]
 15. *Николенко В.Н., Фомкина О.А., Иванов Д.В., Кириллова И.В.* Биомеханическое моделирование артерий головного мозга при разных вариантах конструкции внутричерепных артерий вертебробазиллярной системы. Саратовский науч.-мед. журн. 2016; 12 (2): 118–27.
Nikolenko V.N., Fomkina O.A., Ivanov D.V., Kirillova I.V. Biomekhanicheskoe modelirovaniye arterii golovnogo mozga pri raznykh variantakh konstruksii vnutcherepnykh arterii vertebrobazilyarnoi sistemy. Saratovskii nauch.-med. zhurn. 2016; 12 (2): 118–27. [in Russian]
 16. *Николенко В.Н., Фомкина О.А., Гладиллин Ю.А.* Вариативность поперечного и продольного размеров артериального круга головного мозга. Структурные преобразования органов и тканей в норме и при воздействии антропогенных факторов: материалы международной научной конференции, посвященной 80-летию со дня рождения профессора Асфандиярова Растяма Измаиловича. Астрахань, 2017; с. 168–70. <http://docplayer.ru/72843082-Strukturnye-preobrazovaniya-organov-i-tkaney-v-norme-i-pri-vozdeystvii-antropogennykh-faktorov.html>.
Nikolenko V.N., Fomkina O.A., Gladilin Yu.A. Variabel'nost' poperechnogo i prodol'nogo razmerov arterial'nogo kruga go-
- lovnogo mozga. Strukturnye preobrazovaniya organov i tkani v norme i pri vozdeystvii antropogennykh faktorov: materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi 80-letiyu so dnya rozhdeniya professora Asfandiyarova Rastyama Izmailovicha. Astrakhan', 2017; s. 168–70. <http://docplayer.ru/72843082-Strukturnye-preobrazovaniya-organov-i-tkaney-v-norme-i-pri-vozdeystvii-antropogennykh-faktorov.html> [in Russian]
 17. *Николенко В.Н., Фомкина О.А.* Морфометрические характеристики и биомеханические свойства задней мозговой артерии взрослых людей: половой диморфизм, возрастная изменчивость и билатеральные различия. Мед. вестн. Северного Кавказа. 2012; 27: 4–7.
Nikolenko V.N., Fomkina O.A. Morfometricheskie kharakteristiki i biomekhanicheskie svoystva zadnei mozgovoï arterii vzroslykh lyudei: polovoi dimorfizm, voznrastnaya izmenchivost' i bilateral'nye razlichiya. Med. vestn. Severnogo Kavkaza. 2012; 27: 4–7. [in Russian]
 18. *Николенко В.Н., Фомкина О.А., Гладиллин Ю.А.* Анатомия внутричерепных артерий вертебробазиллярной системы. М.: Изд-во Первого МГМУ им. И.М.Сеченова, 2014.
Nikolenko V.N., Fomkina O.A., Gladilin Yu.A. Anatomiya vnutcherepnykh arterii vertebrobazilyarnoi sistemy. M.: Izd-vo Pervogo MGU im. I.M.Sechenova, 2014. [in Russian]
 19. *Самотесов П.А., Дралюк М.Г., Шнякин П.Г. и др.* Варианты строения артериального и венозных кругов основания головного мозга у лиц с разной формой черепа. Медицина и образование в Сибири. 2013; 2: 1–3.
Samotesov P.A., Dralyuk M.G., Shnyakin P.G. i dr. Varianty stroeniya arterial'nogo i venoznykh krugov osnovaniya golovnogo mozga u lits s raznoi formoi cherepa. Meditsina i obrazovanie v Sibiri. 2013; 2: 1–3. [in Russian]
 20. *Беков Д.М., Михайлов С.С.* Атлас артерий и вен головного мозга человека. М.: Медицина, 1979.
Bekov D.M., Mikhailov S.S. Atlas arterii i ven golovnogo mozga cheloveka. M.: Meditsina, 1979. [in Russian]
 21. *Гладиллин Ю.А., Николенко В.Н.* Вариантная анатомия внутренней сонной артерии, артериального круга большого мозга и мозговых артерий. Саратов: Изд-во Саратов. мед. ун-та, 2009.
Gladilin Yu.A., Nikolenko V.N. Variantnaya anatomiya vnutcherepnoi sonnoi arterii, arterial'nogo kruga bol'shogo mozga i mozgovykh arterii. Saratov: Izd-vo Sarat. med. un-ta, 2009. [in Russian]
 22. *Горбунов А.В.* Классификация вариантов артерий и вариантов артериального круга большого мозга человека. Вестн. Тамбовского ун-та. Естественные и технические науки. 2013; 18 (1): 277–9.
Gorbunov A.V. Klassifikatsiya variantov arterii i variantov arterial'nogo kruga bol'shogo mozga cheloveka. Vestn. Tambovskogo un-ta. Estestvennyye i tekhnicheskie nauki. 2013; 18 (1): 277–9. [in Russian]
 23. *Пивченко П.Г., Трушель Н.А.* Вариантная анатомия сосудов виллизиева круга. Здравоохранение. 2010; 5: 22–4.
Pivchenko P.G., Trushel' N.A. Variantnaya anatomiya sudov villizieva kruga. Zdravookhranenie. 2010; 5: 22–4. [in Russian]
 24. *Чаплыгина Е.В., Каплунова О.А., Домбровский В.И. и др.* Развитие, аномалии и вариантная анатомия артерий головного мозга. Журн. анатомии и гистопатологии. 2015; 4 (2): 52–9.
Chaplygina E.V., Kaplunova O.A., Dombrovskii V.I. i dr. Razvitiye, anomalii i variantnaya anatomiya arterii golovnogo mozga. Zhurnal anatomii i gistopatologii. 2015; 4 (2): 52–9. [in Russian]
 25. *Тимофеев В.Е., Павлов А.В.* Количественная оценка артериальных стволов в области переднего продырявленного

вещества головного мозга у мужчин 25–60 лет. Рос. медико-биологический вестн. им. акад. И.П.Павлова. 2016; 2: 6–12.

Timofeev V.E., Pavlov A.V. Kolichestvennaya otsenka arteri-al'nykh stvolov v oblasti perednego prodyryavlennogo veshchestva golovnogogo mozga u muzhchin 25–60 let. Ros. mediko-biologicheskii vestn. im. akad. I.P.Pavlova. 2016; 2: 6–12. [in Russian]

26. *Sandron S, Dacigaluppi M, R.Galloni M, Gianito M.* “Angelo Mosso”. J Neurol 259 (11): 2513–14. DOI: 10.1007/s00415-012-6632-1. PMID 23010944

27. *Лесик О.О., Жаднов В.А.* Системный подход и гендерные аспекты эпилепсии. Рос. медико-биологический вестн. им. акад. И.П. Павлова. 2017; 1: 118–32.

Lesik O.O., Zhadnov V.A. Sistemnyi podkhod i gendernye aspekty epilepsii. Ros. mediko-biologicheskii vestn. im. akad. I.P.Pavlova. 2017; 1: 118–32. [in Russian]

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Николенко Владимир Николаевич, д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой анатомии человека лечебного факультета, ФGAOY BO «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), зав. кафедрой нормальной и топографической анатомии факультета фундаментальной медицины, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова»

Vladimir N. Nikolenko, Doctor of Medical Sciences, Prof., Head of the Department of human anatomy of the faculty of medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), head of the Department of normal and topographic anatomy faculty, M.V. Lomonosov Moscow State University

Павлов Артем Владимирович, д-р мед. наук, доцент, зав. кафедрой анатомии, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России

Artem V. Pavlov, Doctor of Medical Sciences, Associate Prof., Head of the Department of human anatomy, I.P. Pavlov Ryazan State Medical University

Тимофеев Василий Егорович, ассистент кафедры сердечно-сосудистой, рентгенэндоваскулярной, оперативной хирургии и топографической анатомии, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России

Vasily E. Timofeev, Assistant of the Department of cardiovascular, endovascular, operative surgery and topographic anatomy, I.P. Pavlov Ryazan State Medical University

Жеребятьева Светлана Романовна, канд. мед. наук, доцент кафедры сердечно-сосудистой, рентгенэндоваскулярной, оперативной хирургии и топографической анатомии, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России

Svetlana R. Zhrebyatyeva, Associate Prof., Department of cardiovascular, endovascular, operative surgery and topographic anatomy, I.P. Pavlov Ryazan State Medical University

Тимофеева Светлана Михайловна, врач акушер-гинеколог поликлинического отделения, многопрофильный медицинский центр ООО «МЕДСИ+»

Svetlana M. Timofeeva, gynecologist and obstetrician of the polyclinic Department, multidisciplinary medical center LLC "MEDSI+"