

УДК 616.134.9+616.145.77]-073.48

<https://doi.org/10.23888/HMJ2024122229-242>

Оценка взаимосвязи характера хода позвоночных артерий и вен с морфометрическими и гемодинамическими показателями по результатам ультразвуковых исследований

А. С. Мошкин 

Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, Орёл, Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку: Мошкин Андрей Сергеевич, as.moshkin@internet.ru

АННОТАЦИЯ

Введение. Позвоночные артерии и вены — наиболее уязвимое звено церебральной гемодинамики, хорошо доступны для визуализации с использованием ультразвука.

Цель. Определить взаимосвязь между характером хода и индивидуальными анатомическими особенностями позвоночных артерий и вен при выполнении ультразвуковых исследований.

Материалы и методы. Обследованы 233 добровольца в возрасте от 18 до 86 лет. Диагностическое оборудование SonoAce R7, Logiq F6. Данные сгруппировали с учетом хода сосудов, пола пациентов, проведен статистический анализ.

Результаты. Прямолинейный ход сосудов с обеих сторон был у 52 человек, непрямолинейный у 90, не совпадал в 91 случае. Наибольшая величина систолической скорости кровотока была при прямолинейном ходе артерий слева. Объемная скорость при прямолинейном ходе — $84,0 \pm 34,9$ мл/мин., при непрямолинейном ходе — $84,9 \pm 34,4$ мл/мин.

Заключение. Наименьшая разница значений диаметров артерий отмечена при двухстороннем непрямолинейном характере хода. Наибольшая скорость кровотока была при прямолинейном ходе артерий слева. Наиболее низкие показатели гемодинамики были отмечены при двухстороннем непрямолинейном ходе позвоночных вен. Средний диаметр вен без учета стороны визуализации не зависел от характера хода, составляя $1,4 \pm 0,3$ мм. В случаях непрямолинейного хода объемная скорость венозного кровотока 11,3–12,3 мл/мин., при прямолинейном ходе — $17,2 \pm 11,7$ мл/мин.

Ключевые слова: *позвоночные артерии; позвоночные вены; ультразвуковая доплерография; кровоснабжение головного мозга*

Для цитирования:

Мошкин А. С. Оценка взаимосвязи характера хода позвоночных артерий и вен с морфометрическими и гемодинамическими показателями по результатам ультразвуковых исследований // Наука молодых (Eruditio Juvenium). 2024. Т. 12, № 2. С. 229–242. <https://doi.org/10.23888/HMJ2024122229-242>.

<https://doi.org/10.23888/HMJ2024122229-242>

Assessment of Relationship between the Course of Vertebral Arteries and Veins and Morphometric and Hemodynamic Parameters Based on Results of US Examinations

Andrey S. Moshkin✉

Orel State University, Orel, Russian Federation

Corresponding author: Andrey S. Moshkin, as.moshkin@internet.ru

ABSTRACT

INTRODUCTION: Vertebral arteries and veins are the most vulnerable part of cerebral hemodynamics and are well accessible for visualization at ultrasound examination.

AIM: To determine the relationship between the course and individual anatomical features of the vertebral arteries and veins when performing ultrasound examinations.

MATERIALS AND METHODS: Two hundred thirty-three volunteers, aged from 18 to 86 years were examined using diagnostic equipment SonoAce R7, Logiq F6. The data were grouped based on the course of the vessels and the gender of patients; statistical analysis was performed.

RESULTS: A straight course of vessels both sides was found in 52 individuals, not straight in 90, and the course did not coincide in 91 cases. The highest systolic blood linear velocity with the straight course of the arteries was on the left. The volume velocity was 84.0 ± 34.9 ml/min in the straight course, 84.9 ± 34.4 ml/min in the non-straight course.

CONCLUSION: The smallest difference in diameter of arteries was observed with a bilateral non-straight course. The highest blood volume velocity was recorded in arteries on the left with the straight course. The lowest hemodynamic parameters were noted in vertebral veins with the bilateral non-straight course. The average diameter of veins regardless of the side of visualization did not depend on the course and was 1.4 ± 0.3 mm. In the non-straight course, the volume velocity of venous blood flow was 11.3–12.3 ml/min, in the straight course 17.2 ± 11.7 ml/min.

Keywords: *vertebral arteries; vertebral veins; Doppler ultrasound; cerebral circulation*

For citation:

Moshkin A. S. Assessment of Relationship between the Course of Vertebral Arteries and Veins and Morphometric and Hemodynamic Parameters Based on Results of US Examinations. *Science of the young (Eruditio Juvenium)*. 2024;12(2):229–242. <https://doi.org/10.23888/HMJ2024122229-242>.

Введение

Современные диагностические методы позволяют проводить детальную прижизненную оценку анатомических структур [1–3]. Изучение особенностей кровоснабжения головного мозга позволяет решать многочисленные клинические задачи, связанные с нарушением мозгового кровообращения в пожилом возрасте, возникшие вследствие атеросклеротических изменений [4–6] или в результате особенностей индивидуального развития [7–9]. Функциональные резервы церебральной гемодинамики обеспечиваются морфологическими и биохимическими факторами [10–12]. Современная ультразвуковая диагностика активно используется при выявлении заболеваний и определения оптимальных методов их лечения [8, 13, 14]. Позвоночные артерии и вены, проходящие в костном канале поперечных отростков шейных позвонков, оказываются наиболее уязвимым звеном церебральной гемодинамики.

Цель. Определить взаимосвязь между характером хода и индивидуальными анатомическими особенностями позвоночных артерий и вен при выполнении ультразвуковых исследований.

Материалы и методы

Исследование выполнено с участием добровольцев в амбулаторных условиях. Всего было обследовано 233 человека (79 мужчин и 154 женщины), в возрасте от 18 до 86 лет. В наблюдении было использовано оборудование Samsung SonoAce R7 и GE Logiq F6, оснащенное линейными трансдьютерами. Все добровольцы подписали информированное согласие. Протокол исследования был одобрен Локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «ОГУ им. И. С. Тургенева» (Протокол № 25 от 16.11.2022). Полученные в результате обследования данные были сгруппированы в электронных таблицах Microsoft Excel 2007. Результаты наблюдения были сортированы с учетом характера хода сосудов на протяжении костного канала поперечных отростков шейных позвонков и пола пациентов. Был выполнен математи-

ческий расчет средней и объемной скорости кровотока по данным доплерографии и морфометрии изучаемых сосудов. Проводился статистический анализ с определением средних и медианных значений, ошибки среднего, первого и третьего квартилей распределения результатов. Достоверность изучаемых данных верифицирована с использованием IBM SPSS Statistics 20, при оценке одновыборочного t-критерия Стьюдента получены значения $p < 0,05$ для всех переменных.

Результаты

При оценке показателей гемодинамики на уровне позвоночных артерий (V2 сегмент) прямолинейный ход сосудов с обеих сторон был отмечен у 52 человек, непрямолинейный у 90, и не совпадал в 91 случае (прямолинейный ход только с одной из сторон). В исходном состоянии была отмечена наибольшая величина среднего и медианного диаметра при непрямолинейном ходе сосудов слева и в случаях различия характера прохождения сосудов — 3,2 мм. Наименьший медианный и средний диаметр был отмечен справа при непостоянном характере хода сосудов, составляя 2,9 мм. Обобщенные сведения о результатах оценки гемодинамических показателей представлены в таблице 1.

Наименьшая разница между медианными диаметрами артерий была отмечена при двухстороннем непрямолинейном характере хода сосудов, составляя 0,1 мм, а при непостоянном характере прохождения определялась наибольшая разница между значениями — 0,3 мм.

Наибольшая величина систолической скорости кровотока была отмечена при прямолинейном ходе позвоночных артерий слева. При этом она достигала средней величины $39,6 \pm 8,1$ см/с, с медианным значением 38,7 см/с. Наименьшая величина систолической скорости кровотока отмечена для случаев непрямолинейного хода сосудов справа — $32,5 \pm 8,5$ см/с, а наименьшее медианное значение в группе с непостоянным характером хода сосудов — 30,3 см/с.

Таблица 1. Данные морфометрии и доплерографии позвоночных артерий в наблюдении с учетом характера хода и стороны визуализации

Параметры	Статистический показатель	Прямолинейный ход (n = 52)		Непрямолинейный ход (n = 90)		Ход не совпадает (n = 91)	
		справа	слева	справа	слева	справа	слева
Диаметр сосуда, мм	M ± m	3,0 ± 0,4	3,1 ± 0,5	3,1 ± 0,4	3,2 ± 0,4	2,9 ± 0,5	3,2 ± 0,5
	Me	3,0	3,2	3,1	3,2	2,9	3,2
	Q1–Q3	2,7–3,3	2,7–3,4	2,7–3,4	2,8–3,5	2,5–3,4	2,7–3,6
Максимальная скорость кровотока, см/с	M ± m	35,7 ± 9,5	39,6 ± 8,1	32,5 ± 8,5	33,7 ± 9,4	33,1 ± 9,9	34,2 ± 10,3
	Me	36,1	38,7	31,2	32,7	30,0	31,4
	Q1–Q3	26,8–41,9	31,6–46,4	23,8–39,2	24,9–38,9	23,9–38,1	24,5–41,4
Минимальная скорость кровотока, см/с	M ± m	10,3 ± 2,9	11,5 ± 2,7	9,6 ± 3,1	10,2 ± 3,9	9,3 ± 3,0	10,4 ± 4,0
	Me	9,8	11,8	8,6	9,9	8,9	8,9
	Q1–Q3	7,6–12,6	9,2–13,2	7,1–11,6	6,6–12,5	6,7–11,6	6,8–13,5
Pi	M ± m	1,4 ± 0,2	1,4 ± 0,3	1,4 ± 0,3	1,3 ± 0,3	1,4 ± 0,3	1,3 ± 0,3
	Me	1,4	1,3	1,3	1,2	1,3	1,3
	Q1–Q3	1,2–1,5	1,1–1,6	1,1–1,6	1,1–1,5	1,2–1,6	1,1–1,5
Ri	M ± m	0,71 ± 0,1	0,70 ± 0,1	0,69 ± 0,1	0,71 ± 0,1	0,7 ± 0,1	0,71 ± 0,1
	Me	0,71	0,70	0,68	0,70	0,69	0,71
	Q1–Q3	0,66–0,76	0,66–0,73	0,64–0,74	0,65–0,74	0,64–0,76	0,67–0,75
Средняя скорость кровотока, см/с	M ± m	18,2 ± 4,6	20,6 ± 3,9	16,9 ± 4,6	18,5 ± 5,6	16,9 ± 5,1	18,3 ± 6,1
	Me	17,6	19,6	16,3	18,0	16,1	16,2
	Q1–Q3	13,5–21,2	17,6–23,6	11,9–20,3	13,3–21,9	11,7–19,9	12,6–21,9
Объемная скорость кровотока, мл/мин.	M ± m	79,6 ± 26,4	95,8 ± 32,3	81,0 ± 31,3	89,8 ± 35,3	73,1 ± 33,6	90,6 ± 51,4
	Me	81,5	94,9	73,8	86,9	60,8	86,2
	Q1–Q3	55,4–100,6	72,5–118,2	54,2–102,3	56,2–115,1	41,8–93,5	51,4–119,9

Примечания: M ± m — среднее значение и средняя ошибка среднего; Me — медианная величина; Q1–Q3 — значения 25%–75% для значений распределения в выборке; Pi — пульсационный индекс; Ri — индекс резистивности

Наименьшие значения диастолической скорости при оценке средней величины было отмечено при непостоянном характере хода сосудов справа, составляя $9,3 \pm 3,0$ см/с. Наименьшее медианное значение было отмечено при непрямолинейном ходе сосудов слева — 8,6 см/с. Наибольшие значения показатели были зарегистрированы при прямолинейном характере хода сосудов слева составляя в среднем $11,5 \pm 2,7$ см/с, и медианной величине 11,8 см/с.

Коэффициенты гемодинамики в целом имели близкие значения. Наибольшее значение Pi было при прямолинейном ходе сосудов справа — 1,4. Наименьший медианный результат зарегистрирован слева при непрямолинейном ходе сосудов — 1,2. Медианные значения Ri в большинстве случаев составляли 0,70–0,71,

наименьший результат отмечен при непрямолинейном ходе сосудов — 0,68.

Наибольшая средняя расчетная скорость кровотока была в группе с прямолинейным ходом сосудов слева — $20,6 \pm 3,9$ см/с. Наименьшие значения были справа при непрямолинейном и непостоянном характере ходе сосудов — 16,9 см/с.

Объемная скорость кровотока определялась расчетными методами и имела наибольшее медианное значение слева при прямолинейном ходе сосудов, составляя 94,9 мл/мин. Наименьшее значение показателя было отмечено справа при непостоянном характере хода сосудов — 60,8 мл/мин.

Дальнейшая оценка состояния гемодинамики проводилась на уровне позвоночных артерий без учета стороны визуализации, в результате было изучено 466

сосудов. Прямолинейный ход был отмечен в 195 случаях, непрямолинейный — в 271. Диаметр позвоночных артерий в среднем

различался слабо, составляя 3,0–3,1 мм. Общие сведения о результатах измерений и расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2. Данные морфометрии и доплерографии позвоночных артерий в наблюдении с учетом характера хода без учета стороны визуализации

Параметры	Статистический показатель	Прямолинейный ход (n = 195)	Непрямолинейный ход (n = 271)
Диаметр сосуда, мм	M ± m	3,0 ± 0,5	3,1 ± 0,4
	Me	3,0	3,2
	Q1–Q3	2,7–3,4	2,7–3,5
Максимальная скорость кровотока, см/с	M ± m	35,4 ± 10,0	33,1 ± 8,9
	Me	34,0	31,7
	Q1–Q3	27,0–42,2	24,1–39,3
Минимальная скорость кровотока, см/с	M ± m	10,3 ± 3,3	9,8 ± 3,3
	Me	10,1	8,9
	Q1–Q3	7,5–12,9	6,8–12,0
Pi	M ± m	1,4 ± 0,3	1,4 ± 0,3
	Me	1,3	1,3
	Q1–Q3	1,2–1,6	1,1–1,6
Ri	M ± m	0,70 ± 0,1	0,70 ± 0,1
	Me	0,70	0,70
	Q1–Q3	0,66–0,75	0,65–0,74
Средняя скорость кровотока, см/с	M ± m	18,4 ± 5,1	17,5 ± 5,1
	Me	17,9	16,8
	Q1–Q3	13,7–21,7	12,4–20,9
Объемная скорость кровотока, мл/мин.	M ± m	84,0 ± 34,9	83,6 ± 33,7
	M	81,1	76,8
	Q1–Q3	51,6–109,3	52,2–106,9

Примечания: M ± m — среднее значение и средняя ошибка среднего; Me — медианная величина; Q1–Q3 — значения 25%–75% для значений распределения в выборке; Pi — пульсационный индекс; Ri — индекс резистивности

Максимальная систолическая скорость кровотока слабо зависела от характера хода сосудов с большими показателями при прямолинейном ходе достигая средних значений 35,4 ± 10,0 см/с. При непрямолинейном ходе сосудов отмечалась средняя скорость кровотока 33,1 ± 9,2 см/с. Средняя минимальная диастолическая скорость кровотока в обеих группах составляла 9,9–10,3 см/с.

При сравнении показателей средних и медианных значений индексов гемодинамики не определяется значительной разницы с учетом характера хода сосудов. Медианные значения Pi составили 1,3, а средние — 1,4 ± 0,3. Значения Ri в целом без изменений для среднего значения — 0,7 ± 0,1.

Средняя скорость кровотока, между группами отличалась слабо, составляя около 1 см/с. Более высокие значения показателей отмечены при прямолинейном ходе сосудов, достигая средних значений 18,4 ± 5,1 см/с. В случаях непрямолинейного хода сосудов среднее значение скорости кровотока составило 17,8 ± 5,3 см/с.

Расчет объемной скорости кровотока демонстрировал близкие значения для средней скорости кровотока. В случаях прямолинейного хода сосудов — 84,0 ± 34,9 мл/мин., а при непрямолинейном — 84,9 ± 34,4 мл/мин. Представленные результаты демонстрируют небольшой разброс результатов с учетом характера хода сосудов. Различия были отмечены преимущественно для диаметра и мак-

симальной систолической скорости кровотока. Необходимо указать, что данное утверждение допустимо только при проведении исследований в стандартизованных условиях и при соблюдении технологии визуализации.

Также оценивались показатели гемодинамики на уровне позвоночных артерий с учетом пола пациентов и без учета стороны визуализации (проанализировано 466 сосуда). Прямолинейный ход сосудов был отмечен в 70 случаях у мужчин и 125 у женщин. Непрямолинейный характер хода сосудов был определен в 88 вариантах у мужчин и 183 случаях у женщин.

При оценке диаметра сосудов в группе с их непрямолинейным ходом средние значения среди мужчин и женщин были одинаковыми — $3,1 \pm 0,4$ мм. Медианные значения среди них составили 3,1–3,2 мм. В случаях прямолинейного хода сосудов были отмечены большие показатели для диаметра среди мужчин, у которых средние значения — $3,2 \pm 0,4$ мм и медианный результат — 3,3 мм. Для женщин при прямолинейном ходе сосудов их средний и медианный диаметры составили 2,9 мм. Общие сведения о полученных результатах с учетом пола пациентов представлены в таблице 3.

Таблица 3. Данные морфометрии и доплерографии позвоночных артерий в наблюдении с учетом характера хода и пола участников наблюдения без учета стороны визуализации

Параметры	Статистический показатель	Прямолинейный ход		Непрямолинейный ход	
		Мужчины (n = 70)	Женщины (n = 125)	Мужчины (n = 88)	Женщины (n = 183)
Диаметр сосуда, мм	M ± m	$3,2 \pm 0,4$	$2,9 \pm 0,5$	$3,1 \pm 0,4$	$3,1 \pm 0,4$
	Me	3,3	2,9	3,2	3,1
	Q1–Q3	2,8–3,6	2,6–3,3	2,8–3,4	2,7–3,5
Максимальная скорость кровотока, см/с	M ± m	$35,9 \pm 9,7$	$35,2 \pm 10,1$	$33,4 \pm 10,3$	$33,6 \pm 8,7$
	Me	34,2	33,8	30,1	32,1
	Q1–Q3	27,5–42,6	26,0–42,1	24,2–37,8	24,3–39,6
Минимальная скорость кровотока, см/с	M ± m	$10,4 \pm 3,2$	$10,3 \pm 3,4$	$9,0 \pm 3,2$	$10,4 \pm 3,5$
	Me	10,2	9,8	8,6	9,8
	Q1–Q3	7,9–12,6	7,4–13,2	6,0–11,8	7,2–12,6
Pi	M ± m	$1,5 \pm 0,3$	$1,4 \pm 0,2$	$1,5 \pm 0,3$	$1,3 \pm 0,3$
	Me	1,3	1,3	1,4	1,2
	Q1–Q3	1,2–1,7	1,2–1,5	1,2–1,8	1,1–1,5
Ri	M ± m	$0,71 \pm 0,1$	$0,70 \pm 0,1$	$0,73 \pm 0,1$	$0,69 \pm 0,1$
	Me	0,69	0,70	0,72	0,69
	Q1–Q3	0,65–0,76	0,66–0,74	0,66–0,79	0,64–0,74
Средняя скорость кровотока, см/с	M ± m	$18,1 \pm 4,9$	$18,6 \pm 5,3$	$16,3 \pm 5,2$	$18,5 \pm 5,2$
	Me	17,5	17,9	15,2	17,3
	Q1–Q3	14,0–21,3	13,4–22,5	11,4–19,8	13,4–21,9
Объемная скорость кровотока, мл/мин.	M ± m	$91,4 \pm 35,3$	$79,9 \pm 34,1$	$79,4 \pm 34,0$	$87,5 \pm 34,6$
	Me	87,7	72,8	72,5	80,2
	Q1–Q3	57,7–114,2	46,0–102,2	45,7–101,0	55,0–114,3

Примечания: M ± m — среднее значение и средняя ошибка среднего; Me — медианная величина; Q1–Q3 — значения 25%–75% для значений распределения в выборке; Pi — пульсационный индекс; Ri — индекс резистивности

Максимальная скорость кровотока в группах имела близкие средние значения, при прямолинейном ходе сосудов составляя 35,2–35,9 см/с, при непрямолинейном ходе — 33,4–33,6 см/с. Оценивая медианные

результаты, отмечена небольшая разница между группами мужчин и женщин. В случаях прямолинейного хода сосудов среди мужчин медиана скорости кровотока — 34,2 см/с, у женщин — 33,8 см/с. Среди ре-

зультатов участников наблюдения с непрямолинейным ходом сосудов были отмечены медианные показатели для женщин — 32,1 см/с, для мужчин — 30,1 см/с.

Минимальная скорость кровотока у женщин не зависела от характера хода сосудов — 9,8 см/с. Среди мужчин определялись большие величины минимальной скорости кровотока при прямолинейном ходе сосудов, составляя 10,2 см/с, а в случаях непрямолинейного хода — 8,6 см/с.

Индексы гемодинамики в случаях прямолинейного хода сосудов слабо зависели от пола пациентов, медианные значения P_i составляли 1,3. Медианное значение R_i среди мужчин было 0,69, у женщин 0,7. Несколько большие различия были отмечены при непрямолинейном ходе сосудов, а у мужчин значения были выше.

Средняя скорость кровотока во всех группах в целом была близка — 17,3–17,9 см/с. Только среди мужчин при непрямолинейности хода сосудов медиана средней расчетной скорости кровотока составила 15,2 см/с.

Расчет объемной скорости кровотока продемонстрировал наибольшие средний и медианный показатели среди мужчин при прямолинейном ходе сосудов. Среднее значение среди них составляло $91,4 \pm 35,3$ см/с. В группе с непрямолинейным ходом сосудов наибольшая средняя скорость кровотока была отмечена у женщин — $87,5 \pm 34,6$ см/с. Итоговые показатели объемной скорости кровотока среди женщин при неизменном ходе сосудов были близки к результатам у мужчин, имевших признаки непрямолинейности их хода. Для этих групп среднее значение составляло 79,4–79,9 см/с при распределении медианных значений 72,5–72,8 см/с.

В дальнейшем была выполнена оценка показателей гемодинамики вен, сопровождающих позвоночные артерии с учетом характера хода сосудов у пациентов с обеих сторон. С учетом диагностических особенностей ход позвоночных вен оценивался аналогично ходу позвоночной артерии на уровне их визуализации. Диаметр вен имел близкие средние значения от 1,3 мм

до 1,5 мм. Медианные значения в случаях прямолинейного хода сосудов справа составили 1,5 мм, а слева — 1,4 мм. При непрямолинейном ходе сосудов медианный диаметр с обеих сторон составил 1,3 мм, а при непостоянном варианте прохождения сосудов — 1,4 мм. Результаты оценки размеров и показателей гемодинамики на уровне позвоночных вен, доступных для ультразвуковой визуализации, представлены в таблице 4.

Максимальная скорость кровотока характеризовалась наибольшими средними значениями для непостоянного характера хода сосудов справа — $17,3 \pm 9,2$ см/с. Наибольший медианный результат был отмечен при прямолинейном характере хода сосудов слева — 15,6 см/с. Самые низкие показатели наибольшей скорости венозного кровотока были отмечены при непрямолинейном ходе сосудов слева, составляя в среднем $10,9 \pm 5,7$ см/с при медианном результате 8,6 см/с.

Наименьшая минимальная скорость кровотока была также отмечена при непрямолинейном ходе сосудов слева, в среднем составляя $7,7 \pm 4,7$ см/с при медиане 5,3 см/с. Наибольший медианный показатель был отмечен слева при прямолинейном ходе сосудов — 10,3 см/с.

Самые низкие значения vP_i были отмечены для медианных значений при прямолинейном ходе сосудов — 0,32. Наибольший медианный результат отмечался при непостоянном и непрямолинейном ходе сосудов — 0,37. Самое высокое среднее значение vP_i было отмечено при непрямолинейном ходе сосудов слева — $0,41 \pm 0,1$ см/с.

При изучении vR_i была отмечена значительная вариабельность результатов с самым низким медианным показателем — 0,26 слева при прямолинейном ходе сосудов. Наиболее высокий vR_i коэффициент был отмечен слева при непрямолинейном ходе сосудов — 0,31.

Расчетные значения средней скорости кровотока имели наименьшее значение, при непрямолинейном ходе сосудов слева составляя в среднем $9,3 \pm 5,2$ см/с. Наибольшие средние значения были заре-

Таблица 4. Данные морфометрии и доплерографии позвоночных вен в наблюдении с учетом характера хода и стороны визуализации

Параметры	Статистический показатель	Прямолинейный ход (n = 51)		Непрямолинейный ход (n = 87)		Ход не совпадает (n = 90)	
		справа	слева	справа	слева	справа	слева
Диаметр сосуда, мм	M ± m	1,5 ± 0,3	1,4 ± 0,3	1,3 ± 0,2	1,4 ± 0,3	1,4 ± 0,3	1,4 ± 0,3
	Me	1,5	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4
	Q1–Q3	1,2–1,7	1,2–1,6	1,1–1,5	1,1–1,6	1,2–1,6	1,2–1,7
Максимальная скорость кровотока, см/с	M ± m	16,8 ± 0,8	16,6 ± 8,1	16,6 ± 10,0	10,9 ± 5,7	17,3 ± 9,2	14,6 ± 8,6
	Me	13,5	15,6	11,8	8,6	14,6	10,0
	Q1–Q3	8,6–20,8	7,7–21,6	7,8–18,6	5,3–12,3	7,9–23,1	6,5–17,6
Минимальная скорость кровотока, см/с	M ± m	12,7 ± 7,4	12,4 ± 6,8	12,3 ± 8,3	7,7 ± 4,7	12,6 ± 7,3	10,5 ± 7,0
	Me	9,1	10,3	7,9	5,3	9,9	7,0
	Q1–Q3	5,5–15,7	5,1–16,3	5,4–13,7	3,6–8,7	5,3–16,6	4,4–12,7
vPi	M ± m	0,32 ± 0,1	0,34 ± 0,1	0,35 ± 0,1	0,41 ± 0,1	0,35 ± 0,1	0,38 ± 0,1
	Me	0,32	0,32	0,33	0,37	0,34	0,37
	Q1–Q3	0,22–0,42	0,23–0,42	0,23–0,46	0,30–0,50	0,24–0,45	0,24–0,49
vRi	M ± m	0,27 ± 0,1	0,28 ± 0,1	0,29 ± 0,1	0,32 ± 0,1	0,28 ± 0,1	0,32 ± 0,1
	Me	0,29	0,26	0,29	0,31	0,28	0,30
	Q1–Q3	0,18–0,35	0,2–0,31	0,20–0,38	0,24–0,39	0,21–0,38	0,22–0,39
Средняя скорость кровотока, см/с	M ± m	14,8 ± 8,1	14,5 ± 7,5	14,4 ± 9,2	9,3 ± 5,2	14,9 ± 8,4	12,5 ± 7,9
	Me	11,4	14,3	9,7	7,2	12,2	8,2
	Q1–Q3	7,0–18,2	6,2–18,3	6,4–16,4	4,3–10,2	6,7–19,9	5,4–15,2
Объемная скорость кровотока, мл/мин.	M ± m	15,7 ± 10,0	15,2 ± 10,6	12,0 ± 8,6	9,5 ± 7,1	15,9 ± 11,3	14,6 ± 11,9
	Me	11,9	10,0	7,0	6,1	10,9	8,4
	Q1–Q3	5,6–21,0	4,9–22,0	4,3–14,4	3,2–10,6	4,9–21,9	4,1–17,8

Примечания: M ± m — среднее значение и средняя ошибка среднего; Me — медианная величина; Q1–Q3 — значения 25%–75% для значений распределения в выборке; vPi — венозный пульсационный индекс; vRi — венозный индекс резистивности

гистрированы при непостоянном ходе сосудов справа — $14,9 \pm 8,4$ см/с.

Объемная скорость кровотока имела близкие средние значения в случаях прямолинейного и непостоянного хода сосудов — $14,6–15,9$ см/с. Самые низкие результаты были отмечены при непрямолинейном ходе сосудов слева, в среднем составляя $9,5 \pm 7,1$ см/с.

Выполнена оценка показателей гемодинамики вен, сопровождающих позвоночные артерии с учетом характера хода сосудов и без учета стороны их визуализации. Средний диаметр вен без учета стороны визуализации не зависел от характера хода сосудов, составляя $1,4 \pm 0,3$ мм. Общие сведения о результатах доплерографии представлены в таблице 5.

Максимальная скорость кровотока имела большие средние и медианные значения в случаях прямолинейного хода со-

судов. Среднее значение — $16,4 \pm 8,9$ см/с при медианном результате $13,2$ см/с. При непрямолинейном ходе сосудов наибольшая скорость венозного кровотока составила в среднем $14,5 \pm 8,4$ см/с. Минимальная скорость кровотока отражала сходные изменения в группах. При прямолинейном ходе сосудов было отмечено среднее значение $12,2 \pm 7,4$ см/с. При непрямолинейном ходе сосудов минимальная скорость венозного кровотока оказалась немного ниже — $10,4 \pm 6,8$ см/с.

Индексы гемодинамики при сравнении результатов с учетом различного характера хода сосудов демонстрировали большие значения в случаях непрямолинейного характера прохождения сосудов. Среднее значение vPi при непрямолинейном ходе было $0,38 \pm 0,1$ с медианой $0,36$. Средний результат vRi при непрямолинейном прохождении сосудов был

Таблица 5. Данные морфометрии и доплерографии позвоночных вен в наблюдении с учетом характера хода без учета стороны визуализации

Параметры	Статистический показатель	Прямолинейный ход (n = 265)	Непрямолинейный ход (n = 193)
Диаметр сосуда, мм	M ± m	1,4 ± 0,3	1,4 ± 0,3
	Me	1,4	1,3
	Q1–Q3	1,2–1,7	1,1–1,5
Максимальная скорость кровотока, см/с	M ± m	16,4 ± 8,9	14,5 ± 8,4
	Me	13,2	10,4
	Q1–Q3	7,6–21,7	6,9–16,7
Минимальная скорость кровотока, см/с	M ± m	12,2 ± 7,4	10,4 ± 6,8
	Me	8,6	7,0
	Q1–Q3	5,3–16,4	4,4–12,2
vPi	M ± m	0,34 ± 0,1	0,38 ± 0,1
	Me	0,32	0,36
	Q1–Q3	0,22–0,43	0,25–0,48
vRi	M ± m	0,29 ± 0,1	0,31 ± 0,1
	Me	0,28	0,30
	Q1–Q3	0,19–0,35	0,22–0,39
Средняя скорость кровотока, см/с	M ± m	14,3 ± 8,3	12,5 ± 7,6
	Me	10,9	8,6
	Q1–Q3	6,3–19,6	5,7–14,7
Объемная скорость кровотока, мл/мин.	M ± m	15,7 ± 11,4	12,0 ± 8,9
	Me	10,9	7,0
	Q1–Q3	4,6–21,7	3,9–14,0

Примечания: M ± m — среднее значение и средняя ошибка среднего; Me — медианная величина; Q1–Q3 — значения 25%–75% для значений распределения в выборке; vPi — венозный пульсационный индекс; vRi — венозный индекс резистивности

0,31 ± 0,1. Прямолинейный характер хода сосудов сопровождался средними значениями vPi 0,34 ± 0,1. Индекс vRi при прямолинейном прохождении сосудов в среднем составил 0,29 ± 0,1.

Расчет средней скорости кровотока демонстрировал большие результаты для прямолинейного характера хода сосудов. Наибольшее среднее значение — 14,3 ± 8,3 см/с, наименьшее при непрямолинейном ходе сосудов — 12,5 ± 7,6 см/с. Объемная скорость кровотока, полученная при расчете, оказалась выше при прямолинейном ходе сосудов и составила — 15,7 ± 11,4 мл/мин. Наименьший средний результат был 12,0 ± 8,9 мл/мин. при непрямолинейном характере хода вен.

Оценка показателей гемодинамики вен, сопровождающих позвоночные артерии с учетом характера хода сосудов и пола пациентов, без учета стороны их визуализации показала, что их диаметр имел

бóльшие значения среди мужчин. Наибольший диаметр был отмечен у мужчин при прямолинейном характере хода сосудов, составляя в среднем 1,5 ± 0,3 мм. Наименьший диаметр был отмечен среди женщин при непрямолинейном характере хода сосудов — 1,3 ± 0,2 мм. Общие сведения о результатах доплерографии представлены в таблице 6.

Максимальная скорость кровотока имела наибольшие средние значения среди мужчин, имевших прямолинейный характер хода сосудов — 17,5 ± 9,6 см/с. Наиболее низким был результат среди мужчин при непрямолинейном ходе сосудов, составляя 13,8 ± 8,3 см/с. В группе женщин при прямолинейном характере хода сосудов средняя скорость составляла 15,7 ± 8,5 см/с, при непрямолинейном характере хода сосудов — 14,8 ± 8,4 см/с.

Минимальная скорость кровотока демонстрировала схожую динамику с преды-

Таблица 6. Данные морфометрии и доплерографии позвоночных вен в наблюдении с учетом характера хода и пола участников наблюдения без учета стороны визуализации

Параметры	Статистический показатель	Прямолинейный ход		Непрямолинейный ход	
		Мужчины (n = 69)	Женщины (n = 124)	Мужчины (n = 86)	Женщины (n = 179)
Диаметр сосуда, мм	M ± m	1,5 ± 0,3	1,4 ± 0,3	1,4 ± 0,3	1,3 ± 0,2
	Me	1,5	1,4	1,4	1,3
	Q1–Q3	1,3–1,7	1,1–1,6	1,1–1,6	1,1–1,5
Максимальная скорость кровотока, см/с	M ± m	17,5 ± 9,6	15,7 ± 8,5	13,8 ± 8,3	14,8 ± 8,4
	Me	13,8	12,1	9,8	10,8
	Q1–Q3	0,8–22,2	7,6–21,3	5,9–16,1	7,4–17,6
Минимальная скорость кровотока, см/с	M ± m	12,9 ± 8,1	11,8 ± 6,9	9,9 ± 6,6	10,7 ± 6,9
	Me	9,1	8,3	6,6	7,3
	Q1–Q3	5,1–17,3	5,4–15,8	4,1–11,2	4,7–12,9
vPi	M ± m	0,36 ± 0,1	0,33 ± 0,1	0,39 ± 0,1	0,38 ± 0,1
	Me	0,35	0,31	0,39	0,38
	Q1–Q3	0,24–0,46	0,22–0,42	0,27–0,48	0,27–0,47
vRi	M ± m	0,29 ± 0,1	0,28 ± 0,1	0,31 ± 0,1	0,30 ± 0,1
	M	0,29	0,26	0,31	0,30
	Q1–Q3	0,19–0,36	0,19–0,35	0,23–0,40	0,21–0,38
Средняя скорость кровотока, см/с	M ± m	15,3 ± 0,9	13,7 ± 7,8	11,9 ± 7,5	12,7 ± 7,7
	Me	11,0	10,8	8,0	8,8
	Q1–Q3	6,5–20,8	6,3–18,1	5,0–13,8	6,2–16,1
Объемная скорость кровотока, мл/мин.	M ± m	17,2 ± 11,7	14,9 ± 11,2	11,3 ± 8,2	12,3 ± 9,3
	Me	12,7	9,7	7,1	7,0
	Q1–Q3	5,5–24,2	4,3–20,7	4,1–13,4	3,8–14,3

Примечания: M ± m — среднее значение и средняя ошибка среднего; Me — медианная величина; Q1–Q3 — значения 25%–75% для значений распределения в выборке; vPi — венозный пульсационный индекс; vRi — венозный индекс резистивности

дущей величиной. Наибольший результат был отмечен среди мужчин при прямолинейном характере хода вен — $12,9 \pm 8,1$ см/с. Наименьший результат выявлен среди мужчин при непрямолинейном ходе сосудов со средним значением $9,9 \pm 6,6$ см/с. Среди женщин при прямолинейном характере расположения сосудов средняя скорость составляла $11,8 \pm 6,9$ см/с, при непрямолинейном ходе — $10,7 \pm 6,9$ см/с.

Индексы гемодинамики распределялись таким образом, что наибольшие значения были отмечены среди мужчин при непрямолинейном характере хода вен, а наименьшие результаты среди женщин — при прямолинейном. Среднее значение vPi при непрямолинейном ходе сосудов среди мужчин составило $0,39 \pm 0,1$. В случае прямолинейного хода сосудов для мужчин был характерен средний результат $0,36 \pm 0,1$. Среди женщин

при прямолинейном ходе сосудов vPi в среднем составлял $0,33 \pm 0,1$. Непрямолинейный характер хода сосудов среди женщин сопровождался средним результатом $0,38 \pm 0,1$.

При прямолинейном ходе сосудов среди мужчин среднее значение vRi было $0,29 \pm 0,1$, среди женщин — $0,28 \pm 0,1$. В случаях непрямолинейного хода сосудов среди мужчин среднее значение было $0,31 \pm 0,1$, среди женщин — $0,3 \pm 0,1$.

Расчет средней скорости кровотока позволил выявить наибольшие значения при прямолинейном ходе сосудов. Наибольшая разница в значениях между группами с различным ходом сосудов была отмечена у мужчин. Наибольшая средняя скорость кровотока была у мужчин с прямолинейным ходом сосудов — $15,3 \pm 0,9$ см/с, а в случаях непрямолинейного хода — $11,9 \pm 7,5$ см/с. Среди женщин

средний результат при прямолинейном ходе вен был $13,7 \pm 7,8$ см/с, при непрямолинейном — $12,7 \pm 7,7$ см/с.

Объемная скорость кровотока, полученная при расчетах, продемонстрировала близкие значения в случаях непрямолинейного хода сосудов среди мужчин и женщин. В случаях непрямолинейного хода средняя объемная скорость кровотока составляла 11,3–12,3 мл/мин. При прямолинейном ходе сосудов для мужчин была характерна большая средняя объемная скорость кровотока — $17,2 \pm 11,7$ мл/мин. У женщин при прямолинейном прохождении сосудов средняя скорость составила $14,9 \pm 11,2$ мл/мин.

Обсуждение

Значительное количество исследований посвящено изучению гемодинамики в каротидном бассейне [8]. При этом гемодинамические изменения в вертебробазилярном бассейне не менее актуальны при оценке возможных нарушений мозгового кровообращения [9]. Несмотря на то, что позвоночные артерии обладают довольно высокими показателями прочности [12], взаимодействие множества факторов могут иметь решающее значение в формировании гемодинамических изменений. В частности, церебральная гемодинамика зависима от факторов анатомической изменчивости магистральных сосудов и сопутствующих атеросклеротических изменений [10, 11].

Развитие современных диагностических методов позволяет достигать новых горизонтов в понимании морфологических основ в развитии нарушений гемодинамики, в сочетании с успешным применением накопленного опыта в клинической практике [1, 2, 7]. Повышение объективизации инструментальных методов диагностики, особенно в значительной степени зависимых от выполняющих их специалистов, неразрывно связано с детальным анализом потока клинической информации. В настоящее время мы стоим на пороге всеобщей компьютеризации медицины. В связи с этим, статистическая обработка информации исследователями

является важной альтернативой сугубо техническому подходу с использованием методов автоматизированного анализа больших массивов данных.

В результате проведенного анализа было отмечено, что наименьшая разница между медианными диаметрами артерий была при двухстороннем непрямолинейном характере хода сосудов. В целом наибольшая величина систолической скорости кровотока была отмечена при прямолинейном ходе позвоночных артерий слева. Средняя расчетная скорость кровотока имела наибольший результат — $20,6 \pm 3,9$ см/с. Наименьшие средние значения были справа при непрямолинейном и непостоянном характере хода сосудов — $16,9$ см/с. Объемная скорость кровотока имела наибольшее медианное значение слева при прямолинейном ходе сосудов, составляя $94,9$ мл/мин., а наименьшие значения показателей были отмечены справа при непостоянном характере хода сосудов.

Без учета стороны визуализации диаметр позвоночных артерий в среднем различался слабо, составляя 3,0–3,1 мм. В случаях прямолинейного хода сосудов средние значения объемной скорости кровотока были $84,0 \pm 34,9$ мл/мин.

При оценке диаметра сосудов в группе с их непрямолинейным ходом средние значения среди мужчин и женщин были одинаковыми — $3,1 \pm 0,4$ мм. В случаях прямолинейного хода сосудов были отмечены большие показатели для диаметра среди мужчин, у которых средние значения составили $3,2 \pm 0,4$ мм и медианный результат — $3,3$ мм. Для женщин при прямолинейном ходе сосудов их средний и медианный диаметры составили $2,9$ мм. Максимальная скорость кровотока в группах имела близкие средние значения, при прямолинейном ходе сосудов составляя $35,2$ – $35,9$ см/с, а при непрямолинейном ходе — $33,4$ – $33,6$ см/с.

Представленные результаты отразили слабо выраженные различия диаметра и индексов гемодинамики среди участников наблюдения разного пола с различным характером хода сосудов. При проведении расчетов была отмечена наиболь-

шая объемная скорость кровотока среди мужчин, имевших прямолинейный характер хода сосудов.

Оценивая характер хода позвоночных вен, было отмечено, что диаметр вен имел близкие средние значения — 1,3–1,5 мм. Объемная скорость кровотока в случаях прямолинейного и непостоянного хода сосудов составила 14,6–15,9 см/с. Самые низкие результаты были отмечены при непрямолинейном ходе сосудов слева, составляя в среднем $9,5 \pm 7,1$ см/с.

В итоге наибольшая изменчивость и наиболее низкие показатели гемодинамики были отмечены при двухстороннем непрямолинейном ходе позвоночных вен. Средний диаметр вен без учета стороны визуализации не отличался с учетом характера хода, составляя $1,4 \pm 0,3$ мм. Расчет средней скорости кровотока продемонстрировал большие результаты для прямолинейного характера хода сосудов — $14,3 \pm 8,3$ см/с. Наименьшее среднее значение было при непрямолинейном ходе сосудов — $12,5 \pm 7,6$ см/с. Объемная скорость кровотока, полученная при расчете, оказалась выше при прямолинейном ходе сосудов, составляя $15,7 \pm 11,4$ мл/мин. Наименьшая медианная скорость кровотока при непрямолинейном характере хода сосудов в среднем была $12,0 \pm 8,9$ мл/мин.

Оценка показателей гемодинамики вен, сопровождающих позвоночные артерии с учетом характера хода сосудов и пола пациентов, без учета стороны их визуализации показала, что для диаметра вен определяются несколько большие величины среднего и медианного размеров среди мужчин. Максимальная скорость кровотока имела средние наибольшие значения у мужчин, имевших прямолинейный характер хода сосудов — $17,5 \pm 9,6$ см/с.

Средняя объемная скорость кровотока, полученная при расчетах, продемонстрировала близкие значения в случаях непрямолинейного хода сосудов среди мужчин и женщин. При непрямолинейном ходе позвоночных вен средняя объемная скорость кровотока составляла 11,3–12,3 мл/мин. При прямолинейном ходе сосудов для мужчин была характерна большая средняя

объемная скорость кровотока — $17,2 \pm 11,7$ мл/мин. Среди женщин при прямолинейном прохождении сосудов средняя скорость составила $14,9 \pm 11,2$ мл/мин.

Продолжение изучения гемодинамики органически сочетается с тем, что в настоящее время уделяется значительное внимание исследованиям шейного отдела позвоночника с глубоким анализом природы биомеханического взаимодействия между всеми его структурами [15]. Представленные сведения демонстрируют вариабельность гемодинамики на уровне позвоночных артерий и вен, позволяя рассчитывать сложные математические модели [8, 13] и в последующем проводить сравнение с реальными клиническими данными.

Заключение

В результате проведенного наблюдения было отмечено, что наименьшая разница между значениями диаметров артерий была отмечена при двухстороннем непрямолинейном характере хода сосудов. Наибольшая систолическая скорость кровотока была при прямолинейном ходе позвоночных артерий слева. Без учета стороны визуализации диаметр позвоночных артерий в среднем различался слабо, составляя 3,0–3,1 мм. Слабо выражены были различия диаметра и индексов гемодинамики среди участников наблюдения разного пола с различным характером хода сосудов. В итоге при проведении расчетов была отмечена наибольшая объемная скорость кровотока среди мужчин, имевших прямолинейный характер хода позвоночных артерий.

Наибольшая изменчивость и более низкие показатели гемодинамики были отмечены при двухстороннем непрямолинейном ходе позвоночных вен. Средний диаметр их без учета стороны визуализации не зависел от характера хода сосудов, составляя $1,4 \pm 0,3$ мм. Объемная скорость кровотока продемонстрировала близкие значения в случаях непрямолинейного хода сосудов среди мужчин и женщин. При непрямолинейном ходе вен средняя объемная скорость кровотока составляла

11,3–12,3 мл/мин., при прямолинейном ходе сосудов — $17,2 \pm 11,7$ мл/мин. Необходимо учитывать, что позвоночные вены являются

частью сложно организованного венозного сплетения и функционируют совместно с венозной системы головы и шеи.

Список источников

1. Антонов Г.И., Чмутин Г.Е., Миклашевич Э.Р., и др. Диссекция и разрыв сонной артерии как осложнения стентирования брахиоцефальных артерий // *Госпитальная медицина: наука и практика*. 2021. Т. 4, № 1. С. 5–9. doi: [10.34852/GM3CVKG.2021.91.75.001](https://doi.org/10.34852/GM3CVKG.2021.91.75.001)
2. Вишнякова М.В., Пронин И.Н., Ларьков Р.Н., и др. Компьютерно-томографическая ангиография в планировании реконструктивных операций на внутренних сонных артериях // *Диагностическая и интервенционная радиология*. 2016. Т. 10, № 3. С. 11–19. doi: [10.25512/DIR.2016.10.3.01](https://doi.org/10.25512/DIR.2016.10.3.01)
3. Крайник В.М., Новиков Д.И., Зайцев А.Ю., и др. Опыт клинического применения ультразвуковой навигации для выполнения блокады шейного сплетения в реконструктивной хирургии сонных артерий // *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2019. Т. 16, № 1. С. 35–41. doi: [10.21292/2078-5658-2019-16-1-35-41](https://doi.org/10.21292/2078-5658-2019-16-1-35-41)
4. Белоаярцев Д.Ф. Некоторые комментарии к европейским рекомендациям 2017 г. по лечению атеросклеротических поражений брахиоцефальных артерий // *Ангиология и сосудистая хирургия*. 2019. Т. 25, № 1. С. 109–114. doi: [10.33529/angio2019115](https://doi.org/10.33529/angio2019115)
5. Гавриленко А.В., Аль-Юсеф Н.Н., Куклин А.В., и др. Малоинвазивная хирургия сонных артерий // *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2021. № 6–2. С. 59–64. doi: [10.17116/hirurgia202106259](https://doi.org/10.17116/hirurgia202106259)
6. Есенеев М.Ф., Дарвиш Н.А., Моллаев Э.Б., и др. Хирургическое лечение больных с поражением позвоночных артерий // *Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Сердечно-сосудистые заболевания*. 2015. Т. 16, No. (S6). С. 120.
7. Васильева Ю.П., Нурок М.Ю., Черкашина И.В., и др. Ультразвуковая диагностика аномалии развития шейного отдела позвоночника (клинический случай) // *Нейрохирургия и неврология детского возраста*. 2018. № 3. С. 60–67.
8. Доль А.В., Иванов Д.В., Бахметьев А.С., и др. Численное исследование влияния стеноза внутренних сонных артерий на гемодинамику артерий Виллизиевого круга // *Российский журнал биомеханики*. 2021. Т. 25, № 4. С. 356–368. doi: [10.15593/RZhBiomeh/2021.4.01](https://doi.org/10.15593/RZhBiomeh/2021.4.01)
9. Карнеев А.Н., Амелина И.П. Экстравазальные факторы недостаточности кровообращения в вертебрально-базиллярной артериальной системе // *Трудный пациент*. 2019. Т. 17, № 4. С. 23–29.
10. Гавриленко А.В., Николенко В.Н., Аль-Юсеф Н.Н., и др. Корреляция между морфологическими и биомеханическими особенностями и атеросклерозом сонных артерий // *Наука и инновации в медицине*. 2022. Т. 7, № 3. С. 160–163. doi: [10.35693/2500-1388-2022-7-3-160-163](https://doi.org/10.35693/2500-1388-2022-7-3-160-163)
11. Николенко В.Н., Фомкина О.А., Гладили Ю.А. *Анатомия внутричерепных артерий вертебрально-базиллярной системы*. М.; 2014.
12. Николенко В.Н., Фомкина О.А. Деформационно-прочностные параметры артерий головного мозга во II периоде зрелого возраста // *Сеченовский вестник*. 2019. Т. 10, № 1. С. 41–46. doi: [10.26442/22187332.2019.1.41-46](https://doi.org/10.26442/22187332.2019.1.41-46)
13. Гатаулин Я.А., Зайцев Д.К., Смирнов Е.М., и др. Структура нестационарного течения в пространственно-извитой модели общей сонной артерии со стенозом: численное исследование // *Российский журнал биомеханики*. 2019. Т. 23, № 1. С. 69–78. doi: [10.15593/RZhBiomeh/2019.1.07](https://doi.org/10.15593/RZhBiomeh/2019.1.07)
14. Казанцев А.Н., Черных К.П., Заркуа Н.Э., и др. Выбор оптимального метода реваскуляризации при полном стил-синдроме // *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2021. Т. 14, № 2. С. 195–201. doi: [10.17116/kardio202114021195](https://doi.org/10.17116/kardio202114021195)
15. Zhandarov K., Blinova E., Ogarev E., et al. Inter-vertebral Canals and Intracranial Ligaments as New Terms in Terminologia anatomica // *Diagnostics (Basel)*. 2023. Vol. 13, No. 17. P. 2809. doi: [10.3390/diagnostics13172809](https://doi.org/10.3390/diagnostics13172809)

References

1. Antonov GI, Chmutin GE, Miklashevich ER, et al. Carotid artery dissection and blowout as a brachiocephalic arteries stenting complications. *Hospital Medicine: Science and Practice*. 2021;4(1):5–9. (In Russ). doi: [10.34852/GM3CVKG.2021.91.75.001](https://doi.org/10.34852/GM3CVKG.2021.91.75.001)
2. Vishnyakova MV, Pronin IN, Larkov RN, et al. Computed tomography angiography for planning carotid surgery. *Diagnostic & Interventional Radiology*. 2016;10(3):11–9. (In Russ). doi: [10.25512/DIR.2016.10.3.01](https://doi.org/10.25512/DIR.2016.10.3.01)
3. Krainik VM, Novikov DI, Zaytsev AYU, et al. Experience of clinical use of ultrasound guidance for cervical plexus block in reconstructive carotid surgery. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*. 2019;16(1):35–41. (In Russ). doi: [10.21292/2078-5658-2019-16-1-35-41](https://doi.org/10.21292/2078-5658-2019-16-1-35-41)
4. Beloiartsev DF. Some comments on the 2017 European Guidelines on treatment of atherosclerotic lesions of brachiocephalic arteries. *Angiology and Vascular Surgery*. 2019;25(1):109–14. (In Russ). doi: [10.33529/angio2019115](https://doi.org/10.33529/angio2019115)

5. Gavrilenko AV, Al-Yousef NN, Kuklin AV, et al. Minimally invasive carotid artery surgery. *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2021;(6–2):59–64. (In Russ). doi: [10.17116/hirurgia202106259](https://doi.org/10.17116/hirurgia202106259)
6. Eseneyev MF, Darvish NA, Mollayev EB, et al. Khirurgicheskoye lecheniye bol'nykh s porazheniyem pozvonochnykh arteriy. *Byulleten' NTSSSKH imeni A.N. Bakuleva RAMN «Serdechno-Sosudistyye Zabolevaniya*. 2015;16(S6):120. (In Russ).
7. Vasileva YuP, Nurok MYu, Cherkashina IV, et al. Ultrasonic diagnostics of an anomaly of development of a cervical department of a backbone (a clinical case). *Neyrokhirurgiya i Nevrologiya Detskogo Vozrasta*. 2018;(3):60–7. (In Russ).
8. Dol AV, Ivanov DV, Bakhmetev AS, et al. Influence of the internal carotid arteries stenosis on the hemodynamics of the circle of Willis communicating arteries: a numerical study. *Russian Journal of Biomechanics*. 2021;25(4):356–68. (In Russ). doi: [10.15593/RZhBiomeh/2021.4.01](https://doi.org/10.15593/RZhBiomeh/2021.4.01)
9. Karneev AN, Amelina IP. Extravasal Factors of Circulatory Failure in the Vertebrobasilar Arterial System. *Difficult Patient*. 2019;17(4):23–9. (In Russ).
10. Gavrilenko AV, Nikolenko VN, Al-Yusef NN, et al. Correlation between morphological and biomechanical features and carotid atherosclerosis. *Science and Innovation in Medicine*. 2022;7(3):160–3. (In Russ). doi: [10.35693/2500-1388-2022-7-3-160-163](https://doi.org/10.35693/2500-1388-2022-7-3-160-163)
11. Nikolenko VN, Fomkina OA, Gladilin YuA. *The Anatomy of intracranial arteries of the vertebrobasilar system*. Moscow; 2014. (In Russ).
12. Nikolenko VN, Fomkina OA. Deformation-strength parameters of arteries of the brain in the II period of mature age. *Sechenov Medical Journal*. 2019;10(1):41–6. (In Russ). doi: [10.47093/22187332.2019.1.41-46](https://doi.org/10.47093/22187332.2019.1.41-46)
13. Gataulin YA, Zaitsev DK, Smirnov EM, et al. Structure of unsteady flow in the spatially curved model of the common carotid artery with stenosis: a numerical study. *Russian Journal of Biomechanics*. 2019;23(1):69–78. (In Russ). doi: [10.15593/RZhBiomeh/2019.1.07](https://doi.org/10.15593/RZhBiomeh/2019.1.07)
14. Kazantsev AN, Chernykh KP, Zarkua NE, et al. Optimal revascularization procedure for steel syndrome. *Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery*. 2021;14(2):195–201. (In Russ). doi: [10.17116/kardio202114021195](https://doi.org/10.17116/kardio202114021195)
15. Zhandarov K, Blinova E, Ogarev E, et al. Intervertebral Canals and Intracanal Ligaments as New Terms in Terminologia anatomica. *Diagnostics (Basel)*. 2023;13(17):2809. doi: [10.3390/diagnostics13172809](https://doi.org/10.3390/diagnostics13172809)

Дополнительная информация

Финансирование. Автор заявляет об отсутствии финансирования при проведении исследования.

Этика. Использованы данные пациента в соответствии с письменным информированным согласием.

Благодарности. Выражаю благодарность за поддержку и советы в организации исследования В. Н. Николенко, д.м.н., проф., заведующему кафедрой анатомии и гистологии Сеченовского университета и М. А. Халилову, д.м.н., проф., заведующему кафедрой анатомии, оперативной хирургии и медицины катастроф Орловского государственного университета им. И. С. Турганова.

Информация об авторе:

✉ *Мошкин Андрей Сергеевич* — канд. мед. наук, доцент кафедры анатомии, оперативной хирургии и медицины катастроф, SPIN: 9718-2516, <https://orcid.org/0000-0003-2085-0718>, e-mail: as.moshkin@internet.ru

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Funding. The author declares no funding for the study.

Ethics. The data is used in accordance with the informed consent of patient.

Acknowledges: I would like to express my gratitude for the support and advice in organizing the study to V. N. Nikolenko, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Anatomy and Histology of I. M. Sechenov First Moscow State Medical University and M. A. Khalilov, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Anatomy, Operative Surgery and Disaster Medicine of Orel State University.

Information about the author:

✉ *Andrey S. Moshkin* — MD, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Anatomy, Operative Surgery and Disaster Medicine, SPIN: 9718-2516, <https://orcid.org/0000-0003-2085-0718>, e-mail: as.moshkin@internet.ru

Conflict of interests. The author declares no conflict of interests.