

## АНАТОМИЯ ЧЕЛОВЕКА/HUMAN ANATOMY

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.110> EDN: JXERRH**ВЛИЯНИЕ ВЗАИМНОГО ПОЛОЖЕНИЯ СОННЫХ АРТЕРИЙ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ И ГЕМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИ СХОЖИХ ВАРИАНТАХ СТРОЕНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ СОСУДОВ**

Научная статья

**Мошкин А.С.<sup>1,\*</sup>**<sup>1</sup> ORCID : 0000-0003-2085-0718;<sup>1</sup> Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (as.moshkin[at]internet.ru)

Предложена: 11.05.2026; Принята: 08.09.2026; Опубликовано: 17.09.2026

**Аннотация**

Введение. Активное развитие современных диагностических методов позволяет детально оценивать прижизненную анатомию сонных артерий. При этом ультразвуковая доплерография служит эффективным неинвазивным методом, обеспечивающим сравнение показателей гемодинамики при различных вариантах взаимного положения сосудов.

Цель исследования — на основании данных ультразвуковой доплерографии выполнить сравнение морфометрических и гемодинамических показателей при различных вариантах взаимного отношения магистральных артерий шеи на уровне бифуркации общей сонной артерии при схожих вариантах визуализации с обеих сторон.

Материалы и методы. Выполнено сравнение морфометрических и гемодинамических показателей среди 408 человек, у которых были выявлены одинаковые варианты взаимного положения сосудов в области бифуркации общей сонной артерии с обеих сторон. Оценивались морфометрические и гемодинамические показатели. Данные были сгруппированы с учётом вариантов взаимного положения сосудов в области бифуркации общей сонной артерии, выполнен статистический анализ.

Результаты. Среди 408 человек были 248 женщин, 160 мужчин. Тип А взаимного отношения сосудов в области бифуркации ОСА был отмечен в 201 случае, тип Б в 123, В — 62, тип Г — 10 и тип Д — 12 человек.

Среди участников без признаков структурных изменений сосудистой стенки (218 человек) были 151 женщина, 67 мужчин. Распределение различных типов взаимного положения сосудов в области бифуркации ОСА среди них было следующим: тип А — 113 человек, Б — 65 участников, В — 26, Г и Д по 7 добровольцев.

Данные статистического анализа показали различия между группами с учётом типа взаимного отношения сосудов в области бифуркации ОСА. При этом было 18 общих значимых показателей, не зависящих от изменений сосудистой стенки и 18 величин, актуальных для относительно не изменённых артерий. В случае оценки данных среди всех участников было отмечено 49 значений, не имевших статистически значимого эквивалента среди участников, не имевших признаков изменений сосудистой стенки.

Выводы. Обнаруженные особенности связаны с изменениями локальной гемодинамики на сосудистую стенку. Это позволяет сравнивать данные с помощью программного анализа и искать способы улучшения профилактики, учитывая индивидуальные особенности пациентов.

**Ключевые слова:** гемодинамика, доплерография, сонные артерии, анатомическая изменчивость.

**THE INFLUENCE OF THE RELATIVE POSITION OF THE CAROTID ARTERIES ON MORPHOMETRIC AND HAEMODYNAMIC PARAMETERS IN CASES WITH SIMILAR STRUCTURAL VARIATIONS OF THE MAJOR BLOOD VESSELS**

Research article

**Moshkin A.S.<sup>1,\*</sup>**<sup>1</sup> ORCID : 0000-0003-2085-0718;<sup>1</sup> National Research University "Higher School of Economics", Moscow, Russian Federation

\* Corresponding author (as.moshkin[at]internet.ru)

Suggested: 11.05.2026; Accepted: 08.09.2026; Published: 17.09.2026

**Abstract**

Introduction. The rapid development of modern diagnostic techniques makes it possible to assess the in vivo anatomy of the carotid arteries in detail. In this context, Doppler sonography is an effective, non-invasive method that allows for the comparison of haemodynamic parameters across different configurations of the vessels' relative positions.

The aim of the study is to compare, on the basis of Doppler sonography data, the morphometric and haemodynamic parameters for different configurations of the relationship between the major arteries of the neck at the bifurcation of the common carotid artery, given similar imaging findings on both sides.

Materials and methods. A comparison of morphometric and haemodynamic parameters was carried out among 408 individuals in whom identical variations in the relative position of the vessels at the bifurcation of the common carotid artery were identified on both sides. Morphometric and haemodynamic parameters were evaluated. The data were grouped according

to the variations in the relative positions of the vessels at the bifurcation of the common carotid artery, and a statistical analysis was performed.

Results. Of the 408 participants, 248 were women and 160 were men. Type A vascular relationship at the CCA bifurcation was observed in 201 cases, type B in 123, type C in 62, type D in 10 and type E in 12.

Among the participants showing no signs of structural changes in the vascular wall (218 people), there were 151 women and 67 men. The distribution of the various types of vascular relationship at the CCA bifurcation among them was as follows: type A – 113 participants, type B – 65 participants, type C – 26, and types D and E – 7 volunteers each.

The statistical analysis data showed differences between the groups, taking into account the type of vascular relationship in the CCA bifurcation region. There were 18 common significant indicators that were independent of changes in the vascular wall, and 18 values relevant to relatively unchanged arteries. When the data were evaluated among all participants, 49 values were identified that had no statistically significant equivalent among participants showing no signs of changes in the vascular wall.

Conclusions. The observed specifics are associated with changes in local haemodynamics affecting the vascular wall. This makes it possible to compare data using software analysis and to explore ways of improving prevention, taking into account patients' individual characteristics.

**Keywords:** haemodynamics, Doppler sonography, carotid arteries, anatomical variability.

## Введение

Сонные артерии являются основными источниками кровоснабжения головного мозга [1], [2], подвержены воздействию различных факторов, влияющих на эффективность показателей гемодинамики [3], [4], [5], [6]. Область бифуркации общей сонной артерии (ОСА) находится под пристальным влиянием исследователей, оценивающих взаимное положение сосудов и результирующие показатели кровотока в сосудах [7], [8], [9], [10]. Активное развитие современных диагностических методов позволяет детально оценивать прижизненную анатомию сонных артерий [11], [12]. Ультразвуковая доплерография служит эффективным неинвазивным методом для сравнения показателей гемодинамики при различных вариантах взаимного положения сосудов [13].

Цель исследования — на основании данных ультразвуковой доплерографии выполнить сравнение морфометрических и гемодинамических показателей при различных вариантах взаимного отношения магистральных артерий шеи на уровне бифуркации общей сонной артерии при схожих вариантах визуализации с обеих сторон.

## Методы и принципы исследования

Были обследованы 1020 добровольцев в возрасте от 18 до 88 лет. Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом при ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет», протокол № 25 от 16 ноября 2022 года. Все участники оформляли добровольное информированное согласие на участие в исследовании. Амбулаторно проводилась ультразвуковая доплерография сонных артерий по стандартной методике с использованием SonoAce R7 и Logiq F6, оснащенных мультисекторными линейными трансдюсерами. Сравнение морфометрических и гемодинамических показателей выполнено для 408 участников (40%), у которых были отмечены одинаковые варианты взаимного положения сосудов в области бифуркации общей сонной артерии с обеих сторон. Для каждого участника в наблюдении оценивался диаметр общей, наружной и внутренней сонных артерий, толщина комплекса интима-медия (КИМ), систолическая ( $V_{\max}$ ) и диастолическая ( $V_{\min}$ ) скорость кровотока, индексы гемодинамического сопротивления ( $R_i$ ,  $P_i$ ), проводилось вычисление средней ( $V_{cp}$ ) и объемной ( $V_{vol}$ ) скорости кровотока.

В работе использовалось специализированное программное обеспечение для регистрации и обработки результатов [14]. На основе полученных результатов была сформирована и зарегистрирована база данных [15]. Из наблюдения были исключены данные участников при выявлении признаков значительно выраженных атеросклеротических изменений с наличием значимых изменений показателей гемодинамики и случаи окклюзии изучаемых сосудов. Все полученные результаты были объединены в электронных таблицах Microsoft Excel 2007, для каждого комплекса сосудов был определен тип взаимного отношения магистральных артерий в области бифуркации [16]. Статистический анализ был выполнен с использованием IBM SPSS Statistics 20, рассчитаны значения среднего ( $M \pm m$ ) и стандартного отклонения ( $\sigma$ ) для всех оцениваемых величин.

Анализ исходных данных демонстрировал признаки нормального распределения, для всех значений одновыборочный t-критерий Стьюдента соответствовал значению  $p < 0,05$ . С учётом выявленного типа взаимного отношения сосудов в области бифуркации общей сонной артерии проводилось сравнение изучаемых значений с учетом стороны визуализации с оценкой статистической значимости выявленных изменений при расчете t-критерия Стьюдента для парных выборок. При обнаружении общих значимых различий проводился парный post hoc анализ для сравнения всех возможных пар групп с использованием коррекции Тьюки для контроля уровня ошибки первого рода ( $\alpha = 0,05$ ).

## Основные результаты

Различные типы взаимного положения магистральных сосудов в области бифуркации общей сонной артерии ассоциируются с различиями в морфометрии и гемодинамическими показателями на уровне их визуализации [17]. В настоящей работе представлены результаты изучения морфометрических и гемодинамических показателей при сравнении данных визуализации контралатеральных сосудистых структур. В работе нами использовалась следующая классификация типов взаимного положения сосудов в области бифуркации ОСА:

А — типичное взаимное положение сосудов с изначальным медианным положением наружной сонной артерии (НСА) (рис. 1, I);

Б — вариант, при котором наружная сонная артерия располагается вентральнее внутренней сонной артерии (ВСА) (рис. 1, II);

В — характеризуется латеральным положением наружной сонной артерии относительно внутренней сонной (рис. 1, III);  
 Г — вариант с расхождением или пересечением наружной и внутренней сонных артерий вблизи бифуркации (рис. 2, I);  
 Д — случаи совместного медиального отклонения наружной и внутренней сонных артерий дистальнее бифуркации (рис. 2, II).

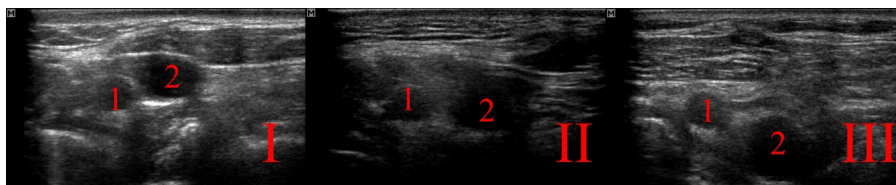


Рисунок 1 - Поперечное сканирование сонных артерий выше уровня бифуркации ОСА:  
 I. Тип А, женщина 62 года, визуализация слева; II. Тип Б, мужчина 51 год, визуализация справа; III. Тип В, мужчина 84 года, визуализация слева  
 DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.110.1>

Примечание: SonoAce R7, линейный датчик 5-12 МГц, 1 – HCA, 2 – BCA

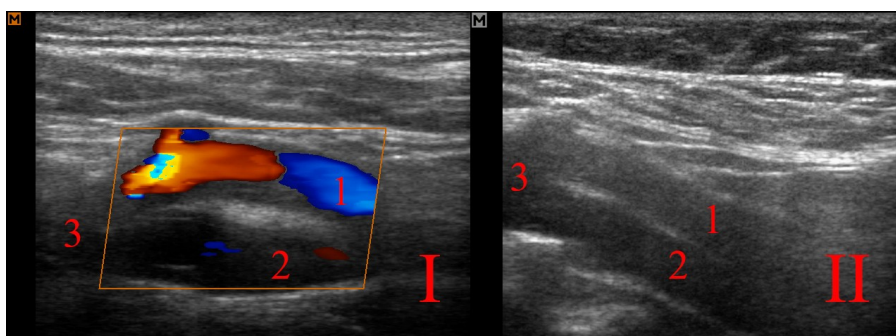


Рисунок 2 - Продольное сканирование сонных артерий выше уровня бифуркации ОСА:  
 I. Тип Г, мужчина 71 год, визуализация справа в режиме ЦДК; II. Тип Д, женщина 71 год, визуализация справа  
 DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.110.2>

Примечание: SonoAce R7, линейный датчик 5-12 МГц, 1 – HCA, 2 – BCA, 3 – бифуркация ОСА

Среди 408 участников наблюдения с одинаковыми вариантами положения сосудов с обеих сторон при ультразвуковой визуализации было 248 женщин, 160 мужчин (Приложение, табл. 1). Тип А взаимного отношения сосудов в области бифуркации ОСА был отмечен в 201 случае, тип Б в 123, В — 62, тип Г — 10 и тип Д — 12 человек.

Таблица 1 - Результаты морфометрии и показатели гемодинамики при одинаковых типах взаимного положения сосудов с обеих сторон

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.110.3>

| Оцениваемый параметр | Тип взаимного отношения сосудов |           |            |           |           |           |           |           |           |           |
|----------------------|---------------------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                      | А<br>n=201                      |           | Б<br>n=123 |           | В<br>n=62 |           | Г<br>n=10 |           | Д<br>n=12 |           |
|                      | Справа                          | Слева     | Справа     | Слева     | Справа    | Слева     | Справа    | Слева     | Справа    | Слева     |
| ОСА,<br>Диаметр, мм  | 5,61±0,56                       | 5,52±0,51 | 5,59±0,61  | 5,59±0,55 | 5,84±0,56 | 5,75±0,62 | 5,61±0,23 | 5,61±0,41 | 6,13±0,68 | 6,08±0,65 |
| ОСА, КИМ,<br>мм      | 1,06±0,25                       | 1,05±0,23 | 1,06±0,28  | 1,08±0,31 | 1,09±0,24 | 1,18±0,31 | 1,04±0,26 | 0,94±0,18 | 1,01±0,24 | 1,21±0,41 |

| Оцениваемый параметр         | Тип взаимного отношения сосудов |             |             |             |             |             |             |            |             |             |
|------------------------------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
|                              | А<br>n=201                      |             | Б<br>n=123  |             | В<br>n=62   |             | Г<br>n=10   |            | Д<br>n=12   |             |
|                              | Справа                          | Слева       | Справа      | Слева       | Справа      | Слева       | Справа      | Слева      | Справа      | Слева       |
| ОСА, $V_{\max}$ ,<br>см/сек. | 62,45±13,50                     | 65,30±14,69 | 66,12±17,50 | 67,91±16,37 | 56,05±12,60 | 57,45±13,49 | 63,41±13,69 | 56,48±8,88 | 62,50±17,40 | 61,96±11,82 |
| ОСА, $V_{\min}$ ,<br>см/сек. | 12,94±4,25                      | 13,76±4,46  | 14,20±4,35  | 14,47±4,42  | 11,49±3,73  | 12,14±4,16  | 16,10±4,55  | 13,18±2,87 | 12,99±3,14  | 12,51±3,39  |
| ОСА, Ri                      | 0,84±0,12                       | 0,84±0,11   | 0,84±0,13   | 0,83±0,11   | 0,84±0,11   | 0,88±0,15   | 0,75±0,04   | 0,84±0,14  | 0,85±0,13   | 0,85±0,12   |

| Оцениваемый параметр               | Тип взаимного отношения сосудов |              |              |              |              |               |               |              |               |              |
|------------------------------------|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
|                                    | А<br>n=201                      |              | Б<br>n=123   |              | В<br>n=62    |               | Г<br>n=10     |              | Д<br>n=12     |              |
|                                    | Справа                          | Слева        | Справа       | Слева        | Справа       | Слева         | Справа        | Слева        | Справа        | Слева        |
| ОСА, Pi                            | 2,02±0,48                       | 1,99±0,41    | 2,00±0,50    | 1,98±0,45    | 1,92±0,41    | 2,04±0,54     | 1,69±0,23     | 1,89±0,35    | 2,04±0,60     | 1,96±0,39    |
| ОСА, V <sub>ср</sub> ,<br>см/сек.  | 26,13±6,49                      | 27,40±6,68   | 26,74±6,35   | 27,64±6,86   | 23,89±6,11   | 24,00±7,08    | 28,29±6,53    | 23,72±4,27   | 25,34±5,47    | 25,33±3,72   |
| ОСА, V <sub>vol</sub> ,<br>мл/мин. | 382,59±101,66                   | 387,09±97,13 | 385,29±97,12 | 398,98±99,10 | 380,60±93,90 | 371,07±114,09 | 422,71±111,13 | 349,52±64,90 | 438,42±108,83 | 437,79±87,62 |

| Оцениваемый параметр               | Тип взаимного отношения сосудов |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
|------------------------------------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                    | А<br>n=201                      |             | Б<br>n=123  |             | В<br>n=62   |             | Г<br>n=10   |             | Д<br>n=12   |             |
|                                    | Справа                          | Слева       | Справа      | Слева       | Справа      | Слева       | Справа      | Слева       | Справа      | Слева       |
| ВСА,<br>Диаметр, мм                | 4,08±0,39                       | 4,06±0,42   | 4,17±0,40   | 4,16±0,45   | 4,04±0,41   | 4,07±0,41   | 4,49±0,35   | 4,29±0,37   | 4,29±0,26   | 4,35±0,46   |
| ВСА, КИМ,<br>мм                    | 0,71±0,26                       | 0,72±0,21   | 0,80±0,27   | 0,75±0,21   | 0,80±0,31   | 0,78±0,20   | 0,65±0,16   | 0,63±0,10   | 0,72±0,22   | 0,86±0,26   |
| ВСА, V <sub>max</sub> ,<br>см/сек. | 58,41±14,66                     | 57,54±15,97 | 59,86±15,29 | 60,11±16,03 | 56,55±12,74 | 56,32±14,72 | 50,10±21,17 | 54,66±19,70 | 61,16±20,32 | 56,94±17,06 |

| Оцениваемый параметр         | Тип взаимного отношения сосудов |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
|------------------------------|---------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                              | А<br>n=201                      |            | Б<br>n=123 |            | В<br>n=62  |            | Г<br>n=10  |            | Д<br>n=12  |            |
|                              | Справа                          | Слева      | Справа     | Слева      | Справа     | Слева      | Справа     | Слева      | Справа     | Слева      |
| BCA, $V_{\min}$ ,<br>см/сек. | 18,61±5,83                      | 19,30±6,28 | 20,27±6,07 | 20,78±6,51 | 18,89±6,15 | 18,54±5,74 | 18,35±6,68 | 20,40±5,99 | 17,18±6,05 | 20,39±5,18 |
| BCA, Ri                      | 0,68±0,07                       | 0,66±0,07  | 0,66±0,08  | 0,67±0,10  | 0,67±0,07  | 0,67±0,07  | 0,62±0,09  | 0,61±0,05  | 0,70±0,10  | 0,63±0,07  |
| BCA, Pi                      | 1,30±0,30                       | 1,21±0,24  | 1,26±0,33  | 1,24±0,35  | 1,25±0,30  | 1,26±0,30  | 1,18±0,43  | 1,05±0,17  | 1,40±0,45  | 1,12±0,23  |

| Оцениваемый параметр        | Тип взаимного отношения сосудов |              |              |              |              |              |               |              |              |               |
|-----------------------------|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|---------------|
|                             | А<br>n=201                      |              | Б<br>n=123   |              | В<br>n=62    |              | Г<br>n=10     |              | Д<br>n=12    |               |
|                             | Справа                          | Слева        | Справа       | Слева        | Справа       | Слева        | Справа        | Слева        | Справа       | Слева         |
| ВСА, $V_{cp}$ ,<br>см/сек.  | 31,54±8,55                      | 32,10±8,95   | 32,93±8,99   | 33,43±8,86   | 31,52±7,94   | 30,87±8,29   | 28,17±10,65   | 32,10±10,50  | 31,48±8,08   | 32,39±8,65    |
| ВСА, $V_{vol}$ ,<br>мл/мин. | 244,01±65,73                    | 246,10±69,79 | 265,89±73,95 | 268,98±77,22 | 242,45±67,30 | 238,69±67,23 | 269,33±108,55 | 271,19±64,69 | 273,65±81,90 | 297,54±100,73 |
| НСА,<br>Диаметр, мм         | 3,21±0,35                       | 3,16±0,33    | 3,22±0,38    | 3,20±0,37    | 3,28±0,34    | 3,28±0,33    | 3,36±0,28     | 3,19±0,43    | 3,30±0,40    | 3,28±0,39     |

| Оцениваемый параметр               | Тип взаимного отношения сосудов |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
|------------------------------------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                    | А<br>n=201                      |             | Б<br>n=123  |             | В<br>n=62   |             | Г<br>n=10   |             | Д<br>n=12   |             |
|                                    | Справа                          | Слева       | Справа      | Слева       | Справа      | Слева       | Справа      | Слева       | Справа      | Слева       |
| НСА, КИМ,<br>мм                    | 0,64±0,15                       | 0,64±0,15   | 0,65±0,15   | 0,63±0,15   | 0,63±0,15   | 0,64±0,16   | 0,65±0,14   | 0,50±0,10   | 0,67±0,14   | 0,64±0,18   |
| НСА, V <sub>max</sub> ,<br>см/сек. | 71,92±18,77                     | 71,26±18,21 | 74,67±18,15 | 75,94±19,07 | 73,72±17,16 | 73,90±20,07 | 71,02±23,49 | 57,80±18,59 | 70,84±18,28 | 64,33±19,20 |
| НСА, V <sub>min</sub> ,<br>см/сек. | 10,73±4,60                      | 11,03±4,75  | 11,68±4,79  | 11,93±5,11  | 10,12±4,89  | 9,53±4,44   | 11,61±5,71  | 8,83±3,96   | 14,58±4,97  | 12,09±4,63  |

| Оцениваемый параметр              | Тип взаимного отношения сосудов |            |            |            |            |             |            |            |            |             |
|-----------------------------------|---------------------------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|
|                                   | А<br>n=201                      |            | Б<br>n=123 |            | В<br>n=62  |             | Г<br>n=10  |            | Д<br>n=12  |             |
|                                   | Справа                          | Слева      | Справа     | Слева      | Справа     | Слева       | Справа     | Слева      | Справа     | Слева       |
| HCA, Ri                           | 0,94±0,13                       | 0,97±0,15  | 0,93±0,14  | 0,93±0,13  | 0,95±0,14  | 0,95±0,13   | 0,94±0,14  | 0,88±0,08  | 0,80±0,11  | 0,85±0,12   |
| HCA, Pi                           | 2,22±0,43                       | 2,24±0,48  | 2,18±0,44  | 2,28±0,47  | 2,17±0,38  | 2,14±0,42   | 2,21±0,33  | 2,07±0,30  | 1,80±0,46  | 1,88±0,43   |
| HCA, V <sub>ср</sub> ,<br>см/сек. | 28,82±8,41                      | 28,84±9,64 | 30,33±8,43 | 29,47±8,55 | 30,44±8,31 | 31,90±10,68 | 28,03±9,70 | 23,58±7,12 | 30,90±7,15 | 28,60±10,66 |



| Оцениваемый параметр               | Тип взаимного отношения сосудов |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|------------------------------------|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                    | А<br>n=201                      |              | Б<br>n=123   |              | В<br>n=62    |              | Г<br>n=10    |              | Д<br>n=12    |              |
|                                    | Справа                          | Слева        | Справа       | Слева        | Справа       | Слева        | Справа       | Слева        | Справа       | Слева        |
| НСА, V <sub>vol</sub> ,<br>мл/мин. | 141,15±47,68                    | 137,45±53,59 | 151,43±57,01 | 143,17±51,05 | 156,52±52,32 | 160,37±56,86 | 150,02±58,54 | 109,73±31,91 | 166,92±60,41 | 151,62±72,89 |

Для ОСА диаметр варьировал от  $5,52 \pm 0,51$  мм (при типе А, слева) до  $6,13 \pm 0,68$  мм (типе Д, справа). Было характерно, что при типе Д были отмечены наибольшие средние значения диаметра.

Толщина КИМ находилась в пределах  $0,94$ – $1,21$  мм, с тенденцией к увеличению при типе В (слева:  $1,18 \pm 0,31$  мм) и типе Д (слева:  $1,21 \pm 0,41$  мм).

При рассмотрении показателей гемодинамики было отмечено, что  $V_{\max}$   $56,05$ – $67,91$  см/сек, с минимальными значениями при типе В.

Для  $R_i$ :  $0,75$ – $0,88$ , наиболее низкий средний показатель отмечен при типе Г (справа:  $0,75 \pm 0,04$ ).

Значения объемной скорости кровотока ( $V_{\text{vol}}$ ) составляли  $349$ – $438$  мл/мин, с наибольшими значениями при типах Г и Д.

Диаметр ВСА находился в диапазоне значений  $4,04$ – $4,49$  мм, с небольшим увеличением при типе Г. Толщина КИМ составляла в среднем  $0,63$ – $0,86$  мм, с минимальными значениями при типе Г. Средняя величина  $R_i$  составляла  $0,61$ – $0,70$ , а  $V_{\text{vol}}$  —  $238$ – $297$  мл/мин, с тенденцией к росту при типах Б и Д.

Для НСА средние значения диаметра были  $3,16$ – $3,36$  мм.

Толщина КИМ составляла  $0,50$ – $0,67$  мм, с наименьшими значениями для типа Г (слева —  $0,50 \pm 0,10$  мм).

Величина  $R_i$  в среднем была  $0,80$ – $0,97$ . При типе Д справа отмечено снижение  $R_i$  до  $0,80 \pm 0,11$  и увеличение  $V_{\min}$  до  $14,58 \pm 4,97$  см/сек.

При оценке показателей при одинаковых типах взаимного положения сосудов в области бифуркации общей сонной артерии статистически значимые различия показателей внутри групп были отмечены только для  $P_i$  и  $R_i$  на уровне внутренней сонной артерии, без значимого влияния на результирующие показатели гемодинамики.

В дальнейшем выполнено сравнение результатов оценки статистической достоверности различий между данными, полученными при оценке различных вариантов взаимного отношения магистральных артерий в области бифуркации общей сонной артерии (Приложение, табл. 2). Среди 218 участников были 151 женщина, 67 мужчин. Распределение случаев с различными типами взаимного положения сосудов в области бифуркации ОСА было следующим: тип А — 113 человека, Б — 65 участников, В — 26, Г и Д по 7 добровольцев.

Таблица 2 - Результаты оценки статистической достоверности различий при различных типах взаимного отношения сосудов в области бифуркации общей сонной артерии

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.110.4>

| Оцениваемые параметры           | Тип взаимного отношения сосудов, n=408 |        |         |       |         |         |        |         |       |       |
|---------------------------------|----------------------------------------|--------|---------|-------|---------|---------|--------|---------|-------|-------|
|                                 | А-Б                                    | А-В    | А-Г     | А-Д   | Б-В     | Б-Г     | Б-Д    | В-Г     | В-Д   | Г-Д   |
| Справа                          |                                        |        |         |       |         |         |        |         |       |       |
| ОСА, Диаметр, мм                | 0,778                                  | 0,028* | 0,985   | 0,054 | 0,026*  | 0,846   | 0,022* | 0,079   | 0,276 | 0,06  |
| ОСА, КИМ, мм                    | 0,962                                  | 0,512  | 0,881   | 0,639 | 0,53    | 0,896   | 0,659  | 0,686   | 0,465 | 0,832 |
| ОСА, $V_{\max}$ , см/сек.       | 0,092                                  | 0,008* | 0,861   | 0,993 | 0,001** | 0,638   | 0,569  | 0,215   | 0,318 | 0,909 |
| ОСА, $V_{\min}$ , см/сек.       | 0,049**                                | 0,050* | 0,121   | 0,962 | 0,001*  | 0,338   | 0,481  | 0,035*  | 0,251 | 0,166 |
| ОСА, $R_i$                      | 0,861                                  | 0,721  | 0,001** | 0,953 | 0,848   | 0,001** | 0,907  | 0,001*  | 0,844 | 0,098 |
| ОСА, $P_i$                      | 0,773                                  | 0,274  | 0,009*  | 0,96  | 0,376   | 0,012*  | 0,857  | 0,055   | 0,611 | 0,17  |
| ОСА, $V_{\text{cp}}$ , см/сек.  | 0,357                                  | 0,043* | 0,409   | 0,733 | 0,010*  | 0,637   | 0,479  | 0,117   | 0,556 | 0,38  |
| ОСА, $V_{\text{vol}}$ , мл/мин. | 0,559                                  | 0,917  | 0,365   | 0,229 | 0,601   | 0,481   | 0,311  | 0,363   | 0,23  | 0,795 |
| ВСА, Диаметр, мм                | 0,139                                  | 0,52   | 0,050** | 0,11  | 0,091   | 0,117   | 0,339  | 0,038** | 0,07  | 0,375 |
| ВСА, КИМ, мм                    | 0,009*                                 | 0,1    | 0,363   | 0,92  | 0,989   | 0,038*  | 0,367  | 0,067   | 0,413 | 0,52  |

| Оцениваемый                     | Тип взаимного отношения сосудов, n=408 |        |         |         |         |         |         |        |         |        |
|---------------------------------|----------------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|
|                                 | А-Б                                    | А-В    | А-Г     | А-Д     | Б-В     | Б-Г     | Б-Д     | В-Г    | В-Д     | Г-Д    |
| BCA, V <sub>max</sub> , см/сек. | 0,528                                  | 0,472  | 0,354   | 0,725   | 0,234   | 0,283   | 0,869   | 0,474  | 0,564   | 0,338  |
| BCA, V <sub>min</sub> , см/сек. | 0,062                                  | 0,833  | 0,928   | 0,582   | 0,313   | 0,526   | 0,25    | 0,863  | 0,54    | 0,76   |
| BCA, Ri                         | 0,154                                  | 0,689  | 0,142   | 0,622   | 0,464   | 0,298   | 0,353   | 0,193  | 0,529   | 0,145  |
| BCA, Pi                         | 0,327                                  | 0,358  | 0,511   | 0,575   | 0,975   | 0,694   | 0,412   | 0,704  | 0,409   | 0,377  |
| BCA, V <sub>cp</sub> , см/сек.  | 0,268                                  | 0,993  | 0,474   | 0,985   | 0,417   | 0,317   | 0,647   | 0,489  | 0,989   | 0,547  |
| BCA, V <sub>vol</sub> , мл/мин. | 0,038**                                | 0,919  | 0,59    | 0,339   | 0,143   | 0,951   | 0,816   | 0,579  | 0,347   | 0,937  |
| HCA, Диаметр, мм                | 0,898                                  | 0,268  | 0,847   | 0,558   | 0,363   | 0,262   | 0,594   | 0,53   | 0,894   | 0,749  |
| HCA, КИМ, мм                    | 0,574                                  | 0,848  | 0,863   | 0,668   | 0,545   | 0,96    | 0,832   | 0,784  | 0,624   | 0,837  |
| HCA, V <sub>max</sub> , см/сек. | 0,318                                  | 0,599  | 0,93    | 0,884   | 0,793   | 0,728   | 0,613   | 0,8    | 0,712   | 0,989  |
| HCA, V <sub>min</sub> , см/сек. | 0,154                                  | 0,469  | 0,701   | 0,050** | 0,086   | 0,975   | 0,135   | 0,529  | 0,032** | 0,302  |
| HCA, Ri                         | 0,536                                  | 0,634  | 0,99    | 0,011** | 0,384   | 0,84    | 0,017** | 0,858  | 0,008** | 0,064  |
| HCA, Pi                         | 0,589                                  | 0,565  | 0,993   | 0,044** | 0,917   | 0,813   | 0,064   | 0,776  | 0,074   | 0,081  |
| HCA, V <sub>cp</sub> , см/сек.  | 0,312                                  | 0,29   | 0,856   | 0,488   | 0,81    | 0,648   | 0,778   | 0,594  | 0,883   | 0,576  |
| HCA, V <sub>vol</sub> , мл/мин. | 0,269                                  | 0,118  | 0,696   | 0,259   | 0,549   | 0,997   | 0,46    | 0,785  | 0,658   | 0,584  |
| Слева                           |                                        |        |         |         |         |         |         |        |         |        |
| OCA, Диаметр, мм                | 0,368                                  | 0,036* | 0,573   | 0,028*  | 0,173   | 0,902   | 0,053   | 0,436  | 0,203   | 0,097  |
| OCA, КИМ, мм                    | 0,423                                  | 0,034* | 0,143   | 0,312   | 0,161   | 0,077   | 0,433   | 0,010* | 0,858   | 0,122  |
| OCA, V <sub>max</sub> , см/сек. | 0,267                                  | 0,002* | 0,032** | 0,469   | 0,001** | 0,010** | 0,225   | 0,809  | 0,357   | 0,327  |
| OCA, V <sub>min</sub> , см/сек. | 0,277                                  | 0,040* | 0,943   | 0,335   | 0,006*  | 0,293   | 0,149   | 0,42   | 0,786   | 0,68   |
| OCA, Ri                         | 0,468                                  | 0,164  | 0,943   | 0,877   | 0,067   | 0,87    | 0,669   | 0,508  | 0,583   | 0,873  |
| OCA, Pi                         | 0,476                                  | 0,682  | 0,567   | 0,802   | 0,576   | 0,63    | 0,887   | 0,449  | 0,625   | 0,767  |
| OCA, V <sub>cp</sub> , см/сек.  | 0,526                                  | 0,009* | 0,067   | 0,186   | 0,004*  | 0,039*  | 0,103   | 0,894  | 0,459   | 0,474  |
| OCA, V <sub>vol</sub> , мл/мин. | 0,232                                  | 0,462  | 0,226   | 0,132   | 0,149   | 0,093   | 0,326   | 0,537  | 0,079   | 0,045* |
| BCA                             | 0,104                                  | 0,905  | 0,176   | 0,155   | 0,256   | 0,452   | 0,355   | 0,209  | 0,179   | 0,806  |

| Оцениваемый                     | Тип взаимного отношения сосудов, n=408 |       |        |         |        |        |         |        |       |        |
|---------------------------------|----------------------------------------|-------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|-------|--------|
|                                 | А-Б                                    | А-В   | А-Г    | А-Д     | Б-В    | Б-Г    | Б-Д     | В-Г    | В-Д   | Г-Д    |
| Диаметр, мм                     |                                        |       |        |         |        |        |         |        |       |        |
| ВСА, КИМ, мм                    | 0,278                                  | 0,091 | 0,104  | 0,143   | 0,45   | 0,031* | 0,268   | 0,012* | 0,443 | 0,035* |
| ВСА, V <sub>max</sub> , см/сек. | 0,271                                  | 0,665 | 0,689  | 0,923   | 0,205  | 0,457  | 0,616   | 0,823  | 0,923 | 0,804  |
| ВСА, V <sub>mi</sub> , см/сек.  | 0,128                                  | 0,488 | 0,634  | 0,619   | 0,067  | 0,871  | 0,86    | 0,442  | 0,422 | 0,997  |
| ВСА, Ri                         | 0,478                                  | 0,514 | 0,440* | 0,278   | 0,871  | 0,028* | 0,182   | 0,028* | 0,194 | 0,626  |
| ВСА, Pi                         | 0,612                                  | 0,41  | 0,039* | 0,269   | 0,757  | 0,029* | 0,388   | 0,020* | 0,149 | 0,521  |
| ВСА, V <sub>cp</sub> , см/сек.  | 0,284                                  | 0,444 | 0,385  | 0,932   | 0,121  | 0,718  | 0,734   | 0,762  | 0,665 | 0,954  |
| ВСА, V <sub>vol</sub> , мл/мин. | 0,035*                                 | 0,557 | 0,232  | 0,186   | 0,036* | 0,955  | 0,465   | 0,283  | 0,142 | 0,565  |
| НСА, Диаметр, мм                | 0,495                                  | 0,899 | 0,614  | 0,9     | 0,228  | 0,972  | 0,596   | 0,601  | 0,97  | 0,692  |
| НСА, КИМ, мм                    | 0,804                                  | 0,928 | 0,006* | 0,991   | 0,792  | 0,008* | 0,931   | 0,007* | 0,981 | 0,107  |
| НСА, V <sub>max</sub> , см/сек. | 0,087                                  | 0,48  | 0,12   | 0,466   | 0,607  | 0,046* | 0,235   | 0,079  | 0,338 | 0,589  |
| НСА, V <sub>mi</sub> , см/сек.  | 0,213                                  | 0,092 | 0,177  | 0,582   | 0,014* | 0,072  | 0,935   | 0,677  | 0,216 | 0,179  |
| НСА, Ri                         | 0,082                                  | 0,604 | 0,035* | 0,044*  | 0,369  | 0,278  | 0,142   | 0,072  | 0,074 | 0,697  |
| НСА, Pi                         | 0,607                                  | 0,194 | 0,239  | 0,034** | 0,099  | 0,168  | 0,023** | 0,641  | 0,13  | 0,364  |
| НСА, V <sub>cp</sub> , см/сек.  | 0,683                                  | 0,153 | 0,099  | 0,96    | 0,248  | 0,073  | 0,871   | 0,023* | 0,525 | 0,371  |
| НСА, V <sub>vol</sub> , мл/мин. | 0,37                                   | 0,581 | 0,139  | 0,519   | 0,15   | 0,028* | 0,725   | 0,004* | 0,774 | 0,187  |

Примечание: \* – статистически значимые различия, характерные для анализа данных всех 408 добровольцев; \*\* – статистически значимые различия, общие для первой и второй подгруппы участников с одинаковыми вариантами взаимного положения сосудов с обеих сторон (объяснение далее в тексте)

Справа были выявлены значимые различия для значений диаметра ОСА при сравнении типов А-В (p=0,028), Б-В (p=0,026), Б-Д (p=0,022). Было характерно, что типы В и Д имели относительно больший диаметр ОСА.

Для значений V<sub>max</sub> на уровне ОСА отмечены значимые различия при сравнении типов А-В (p=0,008) и типов Б-В (p=0,001). При этом было отмечено снижение пиковой скорости кровотока при типе В.

При сравнении Ri на уровне ОСА для типов А-Г (p=0,001), Б-Г (p=0,001), В-Г (p=0,001). Таким образом, тип Г характеризовался достоверно более низким значением Ri.

При изучении показателей КИМ на уровне ВСА наиболее значимыми оказались значения при сравнении типов А-Б (p=0,009) и типов Б-Г (p=0,038). В результате можно подразумевать тенденцию к большей толщине КИМ при типе Б.

Для НСА наиболее значимыми были различия для Ri при сравнении групп А-Д (p=0,011), Б-Д (p=0,017), В-Д (p=0,008). В результате тип Д ассоциировался со снижением среднего значения Ri на уровне НСА.

При визуализации ОСА слева различия для диаметра при сравнении групп с типами А-В (p=0,036), А-Д (p=0,028) в целом схожи с результатами контралатеральной стороны.

Показатели систолической скорости ( $V_{\max}$ ) на уровне ОСА слева наиболее достоверно различались при сравнении типов А-В ( $p=0,002$ ), А-Г ( $p=0,032$ ), Б-В ( $p=0,001$ ), Б-Г ( $p=0,010$ ).

Толщина КИМ в большей степени отличалась на уровне ОСА при сравнении типов А-В ( $p=0,034$ ) с тенденцией к утолщению при типе В.

Показатели объемной скорости кровотока ( $V_{\text{vol}}$ ) на уровне ВСА характеризовались значимыми различиями для типов А-Б ( $p=0,035$ ) и типов Б-В ( $p=0,036$ ).

Толщина КИМ отражала достоверные различия на уровне НСА при сравнении типов А-Г ( $p=0,006$ ), Б-Г ( $p=0,008$ ), В-Г ( $p=0,007$ ). В результате при типе Г КИМ имел достоверно меньшую толщину.

В результате проведенного статистического анализа между участниками с различными типами взаимного положения сосудов было выявлено 67 значимых величин (Приложение, табл. 3). С учётом значительной разнородности обследуемого контингента участников мы выделили дополнительную подгруппу без признаков визуализации атеросклеротических изменений, толщиной КИМ до 1,1 мм, которые составили 53,4% изучаемых случаев с одинаковыми вариантами взаимного отношения сосудов в обеих сторон (218 человек). При этом было выявлено 36 значимых показателей, среди которых 18 имели достаточные показатели  $P$  в общей группе из 408 участников.

Таблица 3 - Результаты оценки статистической достоверности различий при различных типах взаимного отношения сосудов в области бифуркации общей сонной артерии среди 218 участников

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.110.5>

| Оцениваемый параметр            | Тип взаимного отношения сосудов, n=218 |       |         |        |         |         |        |         |       |       |
|---------------------------------|----------------------------------------|-------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|-------|-------|
|                                 | А-Б                                    | А-В   | А-Г     | А-Д    | Б-В     | Б-Г     | Б-Д    | В-Г     | В-Д   | Г-Д   |
| Справа                          |                                        |       |         |        |         |         |        |         |       |       |
| ОСА, Диаметр, мм                | 0,448                                  | 0,160 | 0,110   | 0,166  | 0,401   | 0,325   | 0,241  | 0,986   | 0,456 | 0,449 |
| ОСА, КИМ, мм                    | 0,119                                  | 0,900 | 0,828   | 0,742  | 0,363   | 0,454   | 0,840  | 0,793   | 0,801 | 0,686 |
| ОСА, $V_{\max}$ , см/сек.       | 0,026*                                 | 0,504 | 0,926   | 0,500  | 0,033** | 0,419   | 0,143  | 0,688   | 0,748 | 0,568 |
| ОСА, $V_{\text{mi}}$ , см/сек.  | 0,015**                                | 0,562 | 0,293   | 0,566  | 0,216   | 0,761   | 0,450  | 0,417   | 0,882 | 0,493 |
| ОСА, Ri                         | 0,711                                  | 0,862 | 0,026** | 0,001* | 0,961   | 0,022** | 0,002* | 0,094   | 0,070 | 0,911 |
| ОСА, Pi                         | 0,621                                  | 0,363 | 0,190   | 0,018* | 0,244   | 0,132   | 0,011* | 0,581   | 0,141 | 0,448 |
| ОСА, $V_{\text{cp}}$ , см/сек.  | 0,163                                  | 0,690 | 0,721   | 0,934  | 0,188   | 0,906   | 0,595  | 0,610   | 0,767 | 0,805 |
| ОСА, $V_{\text{vol}}$ , мл/мин. | 0,081                                  | 0,424 | 0,368   | 0,261  | 0,717   | 0,667   | 0,474  | 0,573   | 0,408 | 0,797 |
| ВСА, Диаметр, мм                | 0,141                                  | 0,900 | 0,012** | 0,052  | 0,282   | 0,076   | 0,376  | 0,020** | 0,100 | 0,328 |
| ВСА, КИМ, мм                    | 0,456                                  | 0,708 | 0,680   | 0,109  | 0,419   | 0,509   | 0,058  | 0,852   | 0,267 | 0,557 |
| ВСА, $V_{\max}$ , см/сек.       | 0,291                                  | 0,652 | 0,971   | 0,636  | 0,235   | 0,824   | 0,400  | 0,868   | 0,798 | 0,767 |
| ВСА, $V_{\text{mi}}$ , см/сек.  | 0,101                                  | 0,590 | 0,402   | 0,962  | 0,568   | 0,891   | 0,648  | 0,636   | 0,858 | 0,632 |
| ВСА, Ri                         | 0,687                                  | 0,558 | 0,122   | 0,700  | 0,892   | 0,171   | 0,836  | 0,190   | 0,889 | 0,362 |
| ВСА, Pi                         | 0,872                                  | 0,288 | 0,418   | 0,602  | 0,359   | 0,403   | 0,574  | 0,633   | 0,947 | 0,715 |

| Оцениваемые                           | Тип взаимного отношения сосудов, n=218 |       |         |         |         |         |         |       |         |        |
|---------------------------------------|----------------------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|---------|--------|
|                                       | А-Б                                    | А-В   | А-Г     | А-Д     | Б-В     | Б-Г     | Б-Д     | В-Г   | В-Д     | Г-Д    |
| ВСА,<br>V <sub>ср</sub> ,<br>см/сек.  | 0,244                                  | 0,744 | 0,823   | 0,964   | 0,610   | 0,868   | 0,648   | 0,939 | 0,852   | 0,840  |
| ВСА,<br>V <sub>vol</sub> ,<br>мл/мин. | 0,022**                                | 0,917 | 0,263   | 0,481   | 0,099   | 0,554   | 0,938   | 0,280 | 0,509   | 0,681  |
| НСА,<br>Диаметр,<br>мм                | 0,633                                  | 0,701 | 0,148   | 0,236   | 0,508   | 0,108   | 0,177   | 0,289 | 0,406   | 0,864  |
| НСА,<br>КИМ,<br>мм                    | 0,891                                  | 0,475 | 0,287   | 0,708   | 0,439   | 0,304   | 0,741   | 0,206 | 0,518   | 0,541  |
| НСА,<br>V <sub>max</sub> ,<br>см/сек. | 0,449                                  | 0,742 | 0,643   | 0,803   | 0,808   | 0,782   | 0,926   | 0,724 | 0,957   | 0,765  |
| НСА, V <sub>mi</sub><br>п,<br>см/сек. | 0,028*                                 | 0,227 | 0,252   | 0,004** | 0,010*  | 0,645   | 0,020*  | 0,120 | 0,001** | 0,224  |
| НСА, Ri                               | 0,983                                  | 0,689 | 0,964   | 0,001** | 0,713   | 0,960   | 0,001** | 0,919 | 0,001** | 0,054  |
| НСА, Pi                               | 0,791                                  | 0,248 | 0,968   | 0,009** | 0,363   | 0,870   | 0,007*  | 0,441 | 0,002*  | 0,031* |
| НСА,<br>V <sub>ср</sub> ,<br>см/сек.  | 0,787                                  | 0,795 | 0,735   | 0,118   | 0,941   | 0,791   | 0,150   | 0,822 | 0,200   | 0,583  |
| НСА,<br>V <sub>vol</sub> ,<br>мл/мин. | 0,957                                  | 0,708 | 0,362   | 0,075   | 0,764   | 0,379   | 0,820   | 0,474 | 0,123   | 0,605  |
| Слева                                 |                                        |       |         |         |         |         |         |       |         |        |
| ОСА,<br>Диаметр,<br>мм                | 0,332                                  | 0,319 | 0,287   | 0,093   | 0,609   | 0,510   | 0,153   | 0,871 | 0,310   | 0,390  |
| ОСА,<br>КИМ,<br>мм                    | 0,187                                  | 0,616 | 0,877   | 0,796   | 0,747   | 0,737   | 0,414   | 0,897 | 0,595   | 0,765  |
| ОСА,<br>V <sub>max</sub> ,<br>см/сек. | 0,390                                  | 0,060 | 0,037** | 0,049*  | 0,026** | 0,015** | 0,022*  | 0,579 | 0,593   | 0,995  |
| ОСА, V <sub>mi</sub><br>п,<br>см/сек. | 0,634                                  | 0,082 | 0,307   | 0,323   | 0,053   | 0,217   | 0,234   | 0,682 | 0,722   | 0,975  |
| ОСА, Ri                               | 0,894                                  | 0,181 | 0,935   | 0,236   | 0,183   | 0,975   | 0,298   | 0,398 | 0,059   | 0,571  |
| ОСА, Pi                               | 0,850                                  | 0,580 | 0,087   | 0,289   | 0,691   | 0,091   | 0,274   | 0,092 | 0,217   | 0,852  |
| ОСА,<br>V <sub>ср</sub> ,<br>см/сек.  | 0,533                                  | 0,115 | 0,116   | 0,013*  | 0,064   | 0,063   | 0,007*  | 0,908 | 0,832   | 0,700  |
| ОСА,<br>V <sub>vol</sub> ,<br>мл/мин. | 0,208                                  | 0,281 | 0,905   | 0,502   | 0,070   | 0,450   | 0,947   | 0,566 | 0,204   | 0,560  |
| ВСА,<br>Диаметр,<br>мм                | 0,327                                  | 0,885 | 0,538   | 0,097   | 0,407   | 0,986   | 0,195   | 0,531 | 0,098   | 0,229  |
| ВСА,<br>КИМ,<br>мм                    | 0,289                                  | 0,245 | 0,998   | 0,127   | 0,671   | 0,643   | 0,252   | 0,501 | 0,399   | 0,218  |
| ВСА,<br>V <sub>max</sub> ,<br>см/сек. | 0,202                                  | 0,997 | 0,465   | 0,179   | 0,422   | 0,801   | 0,076   | 0,501 | 0,221   | 0,132  |

| Оцениваемый                    | Тип взаимного отношения сосудов, n=218 |       |       |         |       |       |         |       |        |       |
|--------------------------------|----------------------------------------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|--------|-------|
|                                | А-Б                                    | А-В   | А-Г   | А-Д     | Б-В   | Б-Г   | Б-Д     | В-Г   | В-Д    | Г-Д   |
| BCA, $V_{mi}$ ,<br>см/сек.     | 0,037*                                 | 0,948 | 0,220 | 0,796   | 0,168 | 0,972 | 0,258   | 0,308 | 0,786  | 0,316 |
| BCA, $R_i$                     | 0,726                                  | 0,579 | 0,449 | 0,065   | 0,494 | 0,641 | 0,146   | 0,329 | 0,044* | 0,432 |
| BCA, $P_i$                     | 0,853                                  | 0,465 | 0,294 | 0,177   | 0,475 | 0,422 | 0,257   | 0,173 | 0,106  | 0,703 |
| BCA,<br>$V_{cp}$ ,<br>см/сек.  | 0,155                                  | 0,753 | 0,324 | 0,313   | 0,230 | 0,749 | 0,127   | 0,288 | 0,462  | 0,139 |
| BCA,<br>$V_{vol}$ ,<br>мл/мин. | 0,055                                  | 0,586 | 0,202 | 0,709   | 0,067 | 0,604 | 0,799   | 0,145 | 0,560  | 0,583 |
| HCA,<br>Диаметр,<br>мм         | 0,431                                  | 0,462 | 0,538 | 0,878   | 0,912 | 0,932 | 0,225   | 0,978 | 0,252  | 0,360 |
| HCA,<br>КИМ,<br>мм             | 0,464                                  | 0,391 | 0,310 | 0,918   | 0,194 | 0,205 | 0,742   | 0,598 | 0,814  | 0,580 |
| HCA,<br>$V_{max}$ ,<br>см/сек. | 0,304                                  | 0,770 | 0,604 | 0,065   | 0,787 | 0,409 | 0,023*  | 0,537 | 0,101  | 0,644 |
| HCA, $V_{mi}$ ,<br>см/сек.     | 0,357                                  | 0,743 | 0,604 | 0,102   | 0,373 | 0,337 | 0,223   | 0,825 | 0,095  | 0,092 |
| HCA, $R_i$                     | 0,088                                  | 0,085 | 0,906 | 0,177   | 0,737 | 0,341 | 0,380   | 0,503 | 0,461  | 0,731 |
| HCA, $P_i$                     | 0,660                                  | 0,683 | 0,070 | 0,037** | 0,486 | 0,739 | 0,028** | 0,890 | 0,064  | 0,084 |
| HCA,<br>$V_{cp}$ ,<br>см/сек.  | 0,771                                  | 0,564 | 0,256 | 0,975   | 0,690 | 0,212 | 0,866   | 0,188 | 0,670  | 0,425 |
| HCA,<br>$V_{vol}$ ,<br>мл/мин. | 0,370                                  | 0,360 | 0,266 | 0,491   | 0,874 | 0,208 | 0,426   | 0,273 | 0,391  | 0,136 |

Примечание: \* – статистически значимые различия, характерные для анализа данных всех 218 добровольцев, не имевших значимых изменений сосудистой стенки; \*\* – статистически значимые различия, общие для первой и второй подгруппы участников с одинаковыми вариантами взаимного положения сосудов с обеих сторон

При отсутствии значимо выраженных признаков патологических изменений сосудистой стенки справа для ОСА систолическая скорость кровотока ( $V_{max}$ ) при сравнении типов А–Б характеризовалась  $p=0,026$ . Таким образом подтверждается, что тип Б характеризуется отличиями в скорости кровотока даже при отсутствии признаков изменений сосудистой стенки.

Различия в минимальной величине скорости кровотока ( $V_{min}$ ) на уровне ОСА наиболее выражены при сравнении типов А–Б ( $p=0,015$ ). Статистические различия в средних значениях  $R_i$  на уровне ОСА были отмечены при сравнении типов А–Г ( $p=0,026$ ), А–Д ( $p=0,001$ ), Б–Г ( $p=0,022$ ), Б–Д ( $p=0,002$ ). Наименьшая скорость кровотока ( $V_{min}$ ) на уровне НСА характеризовалась значимыми различиями при сравнении типов А–Б ( $p=0,028$ ), А–Д ( $p=0,004$ ), Б–В ( $p=0,010$ ), Б–Д ( $p=0,020$ ), В–Д ( $p=0,001$ ).

Слева для показателей максимальной систолической скорости кровотока ( $V_{max}$ ) на уровне ОСА наибольшие различия отмечались при сравнении типов А–Г ( $p=0,037$ ), А–Д ( $p=0,049$ ), Б–В ( $p=0,026$ ), Б–Г ( $p=0,015$ ), Б–Д ( $p=0,022$ ). Значения средней скорости кровотока ( $V_{cp}$ ) на уровне ОСА отличались достоверными различиями при сравнении типов А–Д ( $p=0,013$ ), Б–Д ( $p=0,007$ ). Данный показатель частично связан с результатами систолической скорости кровотока.

Наименьшая скорость кровотока ( $V_{min}$ ) на уровне ВСА значимо различалась при сравнении типов А–Б ( $p=0,037$ ).

При сравнении результатов оценки  $P_i$  на уровне НСА значимыми были различия при сравнении типов А–Д ( $p=0,037$ ), Б–Д ( $p=0,028$ ).

Представленные результаты статистического анализа различий между группами по типу взаимного отношения сосудов в области бифуркации ОСА демонстрируют присутствие 18 общих значимых показателей, не зависящих от изменений сосудистой стенки, и 18 величин, актуальных для группы участников с относительно неизменными артериями. В случае оценки данных среди всех участников было отмечено 49 значений, не имевших статистически значимого эквивалента среди участников, не имевших признаков изменений сосудистой стенки.

## Обсуждение

Прижизненная оценка индивидуальной изменчивости положения артерий в клинической практике осуществляется с использованием методов ангиографии, магнитно-резонансной и компьютерной томографии [9], [11], [18] и ультразвуковой доплерографии [12], [13]. Морфологические исследования кадаверного материала позволяют не только фиксировать особенности положения сосудистых структур, но и оценивать их физические свойства [1], [3], изучать динамику их изменений с возрастом на макро- и микроскопическом уровнях. Наиболее актуальны морфологические изменения магистральных артерий при разработке и оптимизации эндоваскулярных хирургических вмешательств [11], [19].

В изучении особенностей взаимного положения магистральных артерий, кроме описания индивидуальных различий, используют методы оценки углов расхождения сосудов [20], [21]. При проведении патологоанатомических и клинических исследований становится возможным оценить особенности вариативности сосудов [22], [23], [24], при этом в практической работе необходимо учитывать возможные различия с данными прижизненных методов диагностики.

Оценка прижизненной вариативности взаимного отношения магистральных сосудов и окружающих их структур необходима для совершенствования методов оперативного лечения, особенно при выполнении оперативных вмешательств на сосудах [7], [9], [11]. Многочисленные руководства, посвященные ультразвуковой доплерографии, содержат обобщенные сведения и не отражают широты индивидуальной изменчивости сосудов [25], [26]. Отдельно следует отметить научные исследования гемодинамики в области бифуркации общей сонной артерии с описанием базовых физических основ, которые важны для развития инструментальных методов анализа гемодинамики [2], [3], [8], [27]. В свою очередь, имеются публикации, описывающие особенности хирургического лечения с учетом анатомической вариации сосудов, с общими описаниями для данных гемодинамических изменений [7], [9], [11], [19].

Представленное исследование является закономерным продолжением наших работ, посвященных изучению анатомической вариации сонных артерий с учетом особенностей положения сосудов в области бифуркации [16], [17]. Предложенные варианты классификации основных форм взаимного отношения сосудов включают в себя пять основных типов. Было отмечено, что при этом существуют статистически значимые различия между результатами, полученными при ультразвуковой доплерографии.

Сравнение полученных данных позволило нам выделить значимые различия, характерные для подгрупп участников и не зависящие от изменений сосудистой стенки. Статистически значимые различия среди данных в обеих подгруппах были отмечены для следующих показателей: максимальной скорости кровотока на уровне ОСА с обеих сторон для пары типов Б-В, а слева для отношения типов А-Г и Б-Г; минимальная скорость кровотока на уровне ОСА и объемная скорость кровотока на уровне ВСА справа для отношения между типами А-Б. Значимыми различиями были для  $R_i$  на уровне ОСА справа при сравнении типов А-Г и Б-Г.

Нами были отмечены достоверные различия диаметров ВСА справа для пар типов А-Г и В-Г. Статистически значимые различия для наименьшей скорости кровотока на уровне НСА были отмечены при сравнении пар типов А-Д и В-Д справа. Значимые различия  $R_i$  на уровне НСА справа были отмечены для пар типов А-Д, Б-Д, В-Д.  $P_i$  на уровне НСА с обеих сторон достоверно различались при сравнении типов А-Д и Б-Д слева.

Изменчивость взаимного отношения магистральных артерий важна для совершенствования методов персонализированного подхода при оценке значимости изменений и планировании оптимальных методов хирургического лечения. Значение вариативности взаимного положения сосудов в области бифуркации подтверждается методами моделирования и математического анализа [2], [8], [28]. Данные исследования демонстрируют значимость изменений, происходящих при воздействиях на сосудистую стенку артерий вследствие индивидуальной изменчивости [2], [4], [6].

Широкое внедрение цифровой техники в сочетании со значительными объемами фактического материала позволяет развивать программные средства, которые способны облегчать и повышать качество клинических исследований [9], [14], [17]. Наша работа направлена на уточнение роли индивидуальной изменчивости магистральных артерий, расширение возможностей анализа диагностических сведений для клинического применения.

## Заключение

Представленные результаты наблюдения коррелируют с показателями анатомической изменчивости на морфометрические и функциональные характеристики сосудистого русла, отражающие в объективных параметрах при выполнении ультразвуковой доплерографии магистральных артерий шеи.

В результате статистического анализа нами выявлены 18 показателей, отражающих индивидуальные особенности для взаимного отношения магистральных артерий шеи в области бифуркации ОСА, сохраняющие свою актуальность независимо от изменений сосудистой стенки. Также были отмечены 18 значений, различающихся с учётом взаимного положения сосудов на фоне относительно не измененной сосудистой стенки и 49 величин при развитии сопутствующих изменений артерий.

Обнаруженные особенности связаны с изменениями локальной гемодинамики на сосудистую стенку. Это позволяет сравнивать данные с помощью программного анализа и искать способы улучшения профилактики, учитывая индивидуальные особенности пациентов.



### Благодарности

Выражаю благодарность за ценные советы и поддержку в проведении научных изысканий доктору медицинских наук, профессору В.Н. Николенко и доктору медицинских наук, профессору М.А. Халилову.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Яковлев И.В., Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, Казань Российская Федерация  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.110.6>

### Acknowledgement

I express my gratitude to Professor V.N. Nikolenko, Doctor of Medical Sciences, and Professor M.A. Khalilov, Doctor of Medical Sciences, for their valuable advice and support in carrying out this research.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

Iakovlev I.V., Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan Russian Federation  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.110.6>

### Список литературы / References

1. Николенко В.Н. Анатомия внутричерепных артерий вертебробазилярной системы / В.Н. Николенко, О.А. Фомкина, Ю.А. Гладилин. — Москва : Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), 2014. — 108 с.
2. Доль А.В. Численное исследование влияния стеноза внутренних сонных артерий на гемодинамику артерий виллизиевого круга / А.В. Доль, Д.В. Иванов, А.С. Бахметьев [и др.] // 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).
3. Николенко В.Н. Деформационно - прочностные параметры артерий головного мозга во II периоде зрелого возраста / В.Н. Николенко, О.А. Фомкина // 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).
4. Zhandarov K. Intervertebral Canals and Intracanal Ligaments as New Terms in Terminologia anatomica / K. Zhandarov, E. Blinova, E. Ogarev [et al.] // Diagnostics. — 2023. — Vol. 13. — № 17. — DOI: [10.3390/diagnostics13172809](https://doi.org/10.3390/diagnostics13172809).
5. Довгялло Ю.В. Возрастная изменчивость величины просвета внутренних сонных артерий / Ю.В. Довгялло // Морфологический альманах имени В.Г. Ковешникова. — 2021. — № 3. — С. 30–34.
6. Гавриленко А.В. Корреляция между морфологическими и биомеханическими особенностями и атеросклерозом сонных артерий / А.В. Гавриленко, В.Н. Николенко, Н.Н. Аль-Юсеф [и др.] // 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).
7. Батрашов В.А. Результаты хирургического и консервативного лечения пациентов с асимптомной патологической извитостью внутренних сонных артерий / В.А. Батрашов, С.С. Юдаев, А.В. Землянов [и др.] // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. — 2022. — Т. 17. — № 3. — С. 38–41. — DOI: [10.25881/20728255\\_2022\\_17\\_3\\_38](https://doi.org/10.25881/20728255_2022_17_3_38).
8. Gataulin Ya.A. Structure of unsteady flow in the Spatially curved model of the common carotid artery with stenosis: a numerical study / Ya.A. Gataulin, D.K. Zaitsev, E.M. Smirnov [et al.] // Russian Journal of Biomechanics. — 2019. — Vol. 23. — № 1. — P. 69–78. [in Russian]
9. Вишнякова М.В. Компьютерно-томографическая ангиография в планировании реконструктивных операций на внутренних сонных артериях / М.В. Вишнякова, И.Н. Пронин, Р.Н. Ларьков [и др.] // 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).
10. Гавриленко А.В. Малоинвазивная хирургия сонных артерий / А.В. Гавриленко, Н.Н. Аль-Юсеф, А.В. Куклин [и др.] // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. — 2021. — № 6–2. — С. 59–64. — DOI: [10.17116/hirurgia202106259](https://doi.org/10.17116/hirurgia202106259).
11. Жихарев В.А. Вариативность прижизненной анатомии наружной сонной артерии и её значение в рентгенэндоваскулярной хирургии / В.А. Жихарев, И.В. Степанов, М.С. Ольшанский // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2022. — Т. 21. — № S2. — С. 94. — DOI: [10.15829/1728-880-2022-S2:3-190](https://doi.org/10.15829/1728-880-2022-S2:3-190).
12. Антонов Г.И. Диссекция и разрыв сонной артерии как осложнения стентирования брахиоцефальных артерий / Г.И. Антонов, Г.Е. Чмутин, Э.Р. Миклашевич [и др.] // 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).
13. Крайник В.М. Опыт клинического применения ультразвуковой навигации для выполнения блокады шейного сплетения в реконструктивной хирургии сонных артерий / В.М. Крайник, Д.И. Новиков, А.Ю. Зайцев [и др.] // 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).
14. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024668573 Российская Федерация. Программа оценки гемодинамики на уровне артерий шеи с функциональными пробами (ПОГАШ ФП) : № 2024667339; заявл. 25.07.2024; опубл. 08.08.2024 / А.С. Мошкин, Л.В. Мошкина, Д.В. Мошкин; правообладатели А.С. Мошкин, Л.В. Мошкина, Д.В. Мошкин. — 2024. — 1 с.
15. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024623422 Российская Федерация. База данных результатов анатомических вариантов и гемодинамических показателей артерий шеи с функциональными пробами : № 2024623202; заявл. 25.07.2024; опубл. 06.08.2024 / А.С. Мошкин, Л.В. Мошкина, Д.В. Мошкин; правообладатели А.С. Мошкин, Л.В. Мошкина, Д.В. Мошкин. — 2024. — 1 с.
16. Мошкин А.С. Организация персонализированного лечения заболеваний сонных артерий с учетом анализа вариантов бифуркации / А.С. Мошкин, М.А. Халилов, С.В. Шмелева [и др.] // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. — 2021. — Т. 29. — № 4. — С. 951–956. — DOI: [10.32687/0869-866X-2021-29-4-951-956](https://doi.org/10.32687/0869-866X-2021-29-4-951-956).

17. Николенко В.Н. Оценка гемодинамических показателей на основе результатов ультразвуковой доплерографии при различных вариантах положения сосудов в области бифуркации общих сонных артерий / В.Н. Николенко, А.С. Мошкин, М.А. Халилов [и др.] // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. — 2024. — Т. 23. — № 2 (90). — С. 15–23. — DOI: 10.24884/1682-6655-2024-23-2-15-23.
18. Moshkin A.S. Questions of surgical anatomy features of the common carotid artery / A.S. Moshkin // Medicus. — 2020. — № 2 (32). — P. 73–74.
19. Белый А.И. Возможности эндоваскулярной хирургии в коррекции стенотических поражений внутренней сонной артерии при сложных анатомических условиях / А.И. Белый, Е.С. Суслов, В.В. Ефимов [и др.] // Инновационная медицина Кубани. — 2022. — Т. 7. — № 1. — С. 53–60. — DOI: 10.35401/2500-0268-2022-25-1-53-60.
20. Дербилова В.П. Анатомия и геометрия бифуркации общей сонной артерии / В.П. Дербилова, Р.А. Виноградов, Т.И. Капран [и др.] // Клиническая физиология кровообращения. — 2022. — Т. 19. — № 1. — С. 25–32. — DOI: 10.24022/1814-6910-2022-19-1-25-32.
21. Del Brutto V.J. Internal Carotid Artery Angle Variations are Poorly Explained by Vascular Risk Factors: The Northern Manhattan Study / V.J. Del Brutto, C. Dong, K. Cullison [et al.] // Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases. — 2022. — Vol. 31. — № 8. — DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2022.106540.
22. Qin X.H. Anatomic relationship of the internal jugular vein and the common carotid artery in Chinese people / X.H. Qin, H. Zhang, W.D. Mi // Chinese Medical Journal (English Edition). — 2010. — Vol. 123. — № 22. — P. 3226–3230.
23. Самотёсов П.А. Вариантная анатомия бифуркации общих сонных артерий у мужчин / П.А. Самотёсов, А.А. Левенец, И.В. Кан [и др.] // Сибирский медицинский журнал. — 2012. — Т. 112. — № 5. — С. 31–33.
24. Простов И.И. Вариант анатомии экстракраниального отдела внутренней сонной артерии / И.И. Простов, К.Г. Забазнов, Е.О. Смарикина [и др.] // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. — 2021. — Т. 16. — № 3. — С. 109–112. — DOI: 10.25881/20728255\_2021\_16\_3\_109.
25. Лелюк В.Г. Ультразвуковая ангиология / В.Г. Лелюк, С.Э. Лелюк. — Москва : Реал Тайм, 2007. — 398 с.
26. Заднепровская В.В. Ультразвуковая диагностика сосудистых заболеваний головы и шеи / В.В. Заднепровская, М.А. Ловрикова, А.Н. Заднепровская. — Хабаровск : Институт повышения квалификации специалистов здравоохранения Министерства здравоохранения Хабаровского края, 2018. — 208 с.
27. Хайрулин А.Р. Численный анализ гемодинамики в сонной артерии с учётом персонализированного подхода и различных моделей крови / А.Р. Хайрулин, А.А. Байдаров, А.А. Породииков [и др.] // Master's Journal. — 2020. — № 1. — С. 245–258.
28. Цветкова Н.В. Компьютерное моделирование влияния атеросклеротического процесса во внутренней сонной артерии на гемодинамику брахиоцефальных артерий и виллизиева круга / Н.В. Цветкова, Е.И. Случанко // Вестник современной клинической медицины. — 2022. — Т. 15. — № 5. — С. 73–80. — DOI: 10.20969/VSKM.2022.15(5).73-80.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Nikolenko V.N. Anatomiya vnutricherepnikh arterii vertebrobasilarnoi sistemi [The anatomy of intracranial arteries of the vertebrobasilar system] / V.N. Nikolenko, O.A. Fomkina, Yu.A. Gladilin. — Moscow : Sechenov First Moscow State Medical University, 2014. — 108 p. [in Russian]
2. Dol A.V. Chislennoe issledovanie vliyaniya stenoza vnutrennikh sonnykh arterii na gemodinamiku arterii villizievogo kruga [Influence of the internal carotid arteries stenosis on the hemodynamics of the circle of Willis communicating arteries: a numerical study] / A.V. Dol, D.V. Ivanov, A.S. Bakhmetyev [et al.] // Rossiiskii zhurnal biomekhaniki [Russian Journal of Biomechanics]. — 2021. — Vol. 25. — № 4. — P. 356–368. — DOI: 10.15593/RZhBiomeh/2021.4.01. [in Russian]
3. Nikolenko V.N. Deformatsionno - prochnostnie parametri arterii golovnogogo mozga vo II periode zrelogo vozrasta [Deformation - strength parameters of arteries of the brain in the ii period of mature age] / V.N. Nikolenko, O.A. Fomkina // Sechenovskii vestnik [Sechenov Medical Journal]. — 2019. — Vol. 10. — № 1. — P. 41–46. — DOI: 10.26442/22187332.2019.1.41-46. [in Russian]
4. Zhandarov K. Intervertebral Canals and Intracanal Ligaments as New Terms in Terminologia anatomica / K. Zhandarov, E. Blinova, E. Ogarev [et al.] // Diagnostics. — 2023. — Vol. 13. — № 17. — DOI: 10.3390/diagnostics13172809.
5. Dovgyallo Yu.V. Vozrastnaya izmenchivost' velichiny prosveta vnutrennikh sonnykh arterij [Age variability of the lumen of the internal carotid arteries] / Yu.V. Dovgyallo // Morfologicheskij al'manakh imeni V.G. Koveshnikova [Morphological Almanac named after V.G. Koveshnikov]. — 2021. — № 3. — P. 30–34. [in Russian]
6. Gavrilenko A.V. Korrelyatsiya mezhdru morfologicheskimi i biomekhanicheskimi osobennostyami i aterosklerozom sonnykh arterij [Correlation between morphological and biomechanical features and carotid atherosclerosis] / A.V. Gavrilenko, V.N. Nikolenko, N.N. Al-Yusef [et al.] // Nauka i innovatsii v meditsine [Science and Innovations in Medicine]. — 2022. — Vol. 7. — № 3. — P. 160–163. — DOI: 10.35693/2500-1388-2022-7-3-160-163. [in Russian]
7. Batrashov V.A. Rezul'taty khirurgicheskogo i konservativnogo lecheniya patsientov s asimptomnoj patologicheskoy izvitost'yu vnutrennikh sonnykh arterij [Evaluation of surgical intervention and conservative treatment in asymptomatic patients with pathological tortuosity of internal carotid arteries] / V.A. Batrashov, S.S. Yudaev, A.V. Zemlyanov [et al.] // Vestnik Natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo tsentra im. N.I. Pirogova [Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center]. — 2022. — Vol. 17. — № 3. — P. 38–41. — DOI: 10.25881/20728255\_2022\_17\_3\_38. [in Russian]
8. Gataulin Ya.A. Structure of unsteady flow in the Spatially curved model of the common carotid artery with stenosis: a numerical study / Ya.A. Gataulin, D.K. Zaitsev, E.M. Smirnov [et al.] // Russian Journal of Biomechanics. — 2019. — Vol. 23. — № 1. — P. 69–78. [in Russian]
9. Vishnyakova M.V. Komp'yuterno-tomograficheskaya angiografiya v planirovanii rekonstruktivnykh operatsij na vnutrennikh sonnykh arteriyakh [Computed tomography angiography for planning carotid surgery] / M.V. Vishnyakova, I.N.

- Pronin, R.N. Larkov [et al.] // Diagnosticheskaya i intervensionnaya radiologiya [Diagnostic and Interventional Radiology]. — 2016. — Vol. 10. — № 3. — P. 11–19. — DOI: 10.25512/DIR.2016.10.3.01. [in Russian]
10. Gavrilenko A.V. Maloinvazivnaya khirurgiya sonnykh arterij [Minimally invasive carotid artery surgery] / A.V. Gavrilenko, N.N. Al-Yusef, A.V. Kuklin [et al.] // Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova [Pirogov Russian Journal of Surgery]. — 2021. — № 6–2. — P. 59–64. — DOI: 10.17116/hirurgia202106259. [in Russian]
11. Zhikharev V.A. Variativnost' prizhiznennoj anatomii naruzhnoj sonnoj arterii i eyo znachenie v rentgenendovaskulyarnoj khirurgii [Variability of the intravital anatomy of the external carotid artery and its significance in X-ray endovascular surgery] / V.A. Zhikharev, I.V. Stepanov, M.S. Olshansky // Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika [Cardiovascular Therapy and Prevention]. — 2022. — Vol. 21. — № S2. — P. 94. — DOI: 10.15829/1728-880-2022-S2:3-190. [in Russian]
12. Antonov G.I. Disseksiya i razryv sonnoj arterii kak oslozhneniya stentirovaniya brachiotsefal'nykh arterij [Carotid artery dissection and blowout as a brachiocephalic arteries stenting complications] / G.I. Antonov, G.E. Chmutin, E.R. Miklashevich [et al.] // Gospital'naya meditsina: nauka i praktika [Hospital Medicine: Science and Practice]. — 2021. — Vol. 4. — № 1. — P. 5–9. — DOI: 10.34852/GM3CVKG.2021.91.75.001. [in Russian]
13. Krajnik V.M. Opyt klinicheskogo primeneniya ul'trazvukovoj navigatsii dlya vypolneniya blokady shejnogo spleteniya v rekonstruktivnoj khirurgii sonnykh arterij [Experience of clinical use of ultrasound guidance for cervical plexus block in reconstructive carotid surgery] / V.M. Krajnik, D.I. Novikov, A.Yu. Zajtsev [et al.] // Vestnik anesteziologii i reanimatologii [Messenger of Anesthesiology and Resuscitation]. — 2019. — Vol. 16. — № 1. — P. 35–41. — DOI: 10.21292/2078-5658-2019-16-1-35-41. [in Russian]
14. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registratsii programmy dlya EVM № 2024668573 Rossijskaya Federatsiya. Programma otsenki gemodinamiki na urovne arterij shei s funktsional'nymi probami (POGASH FP) [Certificate of state registration of the computer program № 2024668573 Russian Federation. Hemodynamics assessment program at the level of neck arteries with functional tests (POGASH FP)] : № 2024667339; appl. 25.07.2024; publ. 08.08.2024 / A.S. Moshkin, L.V. Moshkina, D.V. Moshkin; copyright holders A.S. Moshkin, L.V. Moshkina, D.V. Moshkin. — 2024. — 1 p. [in Russian]
15. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registratsii bazy dannykh № 2024623422 Rossijskaya Federatsiya. Baza dannykh rezul'tatov anatomicheskikh variantov i gemodinamicheskikh pokazatelej arterij shei s funktsional'nymi probami [Certificate of state registration of the database № 2024623422 Russian Federation. Database of results of anatomical variants and hemodynamic parameters of neck arteries with functional samples] : № 2024623202; appl. 25.07.2024; publ. 06.08.2024 / A.S. Moshkin, L.V. Moshkina, D.V. Moshkin; copyright holders A.S. Moshkin, L.V. Moshkina, D.V. Moshkin. — 2024. — 1 p. [in Russian]
16. Moshkin A.S. Organizatsiya personifitsirovannogo lecheniya zabolevanij sonnykh arterij s uchedom analiza variantov bifurkatsii [The organization or personified treatment of diseases of coronary arteries considering analysis of bifurcation modifications] / A.S. Moshkin, M.A. Khalilov, S.V. Shmeleva [et al.] // Problemy sotsial'noj gigieny, zdravookhraneniya i istorii meditsiny [Issues of Social Hygiene, Public Health and the History of Medicine]. — 2021. — Vol. 29. — № 4. — P. 951–956. — DOI: 10.32687/0869-866X-2021-29-4-951-956. [in Russian]
17. Nikolenko V.N. Otsenka gemodinamicheskikh pokazatelej na osnove rezul'tatov ul'trazvukovoj dopplerografii pri razlichnykh variantakh polozheniya sosudov v oblasti bifurkatsii obshchikh sonnykh arterij [Assessment of hemodynamic parameters based on the results of ultrasound Dopplerography in different variants of the position of vessels in the area of bifurcation of the common carotid arteries] / V.N. Nikolenko, A.S. Moshkin, M.A. Khalilov [et al.] // Regionarnoe krovoobrashchenie i mikrotsirkulyatsiya [Regional Blood Circulation and Microcirculation]. — 2024. — Vol. 23. — № 2 (90). — P. 15–23. — DOI: 10.24884/1682-6655-2024-23-2-15-23. [in Russian]
18. Moshkin A.S. Questions of surgical anatomy features of the common carotid artery / A.S. Moshkin // Medicus. — 2020. — № 2 (32). — P. 73–74.
19. Bely A.I. Vozmozhnosti endovaskulyarnoj khirurgii v korrektsii stenoticheskikh porazhenij vnutrennej sonnoj arterii pri slozhnykh anatomicheskikh usloviyakh [Scope of endovascular surgery in correction of stenotic lesions of the internal carotid artery in complex anatomic conditions] / A.I. Bely, E.S. Suslov, V.V. Efimov [et al.] // Innovatsionnaya meditsina Kubani [Innovative Medicine of Kuban]. — 2022. — Vol. 7. — № 1. — P. 53–60. — DOI: 10.35401/2500-0268-2022-25-1-53-60. [in Russian]
20. Derbilova V.P. Anatomiya i geometriya bifurkatsii obshchej sonnoj arterii [Anatomy and geometry of bifurcation of the common carotid artery] / V.P. Derbilova, R.A. Vinogradov, T.I. Kapran [et al.] // Klinicheskaya fiziologiya krovoobrashcheniya [Clinical Physiology of Blood Circulation]. — 2022. — Vol. 19. — № 1. — P. 25–32. — DOI: 10.24022/1814-6910-2022-19-1-25-32. [in Russian]
21. Del Brutto V.J. Internal Carotid Artery Angle Variations are Poorly Explained by Vascular Risk Factors: The Northern Manhattan Study / V.J. Del Brutto, C. Dong, K. Cullison [et al.] // Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases. — 2022. — Vol. 31. — № 8. — DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2022.106540.
22. Qin X.H. Anatomic relationship of the internal jugular vein and the common carotid artery in Chinese people / X.H. Qin, H. Zhang, W.D. Mi // Chinese Medical Journal (English Edition). — 2010. — Vol. 123. — № 22. — P. 3226–3230.
23. Samotyosov P.A. Variantnaya anatomiya bifurkatsii obshchikh sonnykh arterij u muzhchin [Variant anatomy of common carotid artery bifurcation in males] / P.A. Samotyosov, A.A. Levenets, I.V. Kan [et al.] // Sibirskij meditsinskij zhurnal [Siberian Medical Journal]. — 2012. — Vol. 112. — № 5. — P. 31–33. [in Russian]
24. Prostov I.I. Variant anatomii ekstrakranial'nogo otdela vnutrennej sonnoj arterii [Anatomy variant of the extracranial part of the internal carotid artery] / I.I. Prostov, K.G. Zabaznov, E.O. Smarigina [et al.] // Vestnik Natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo tsentra im. N.I. Pirogova [Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center]. — 2021. — Vol. 16. — № 3. — P. 109–112. — DOI: 10.25881/20728255\_2021\_16\_3\_109. [in Russian]

25. Lelyuk V.G. Ul'trazvukovaya angiologiya [Ultrasound Angiology] / V.G. Lelyuk, S.E. Lelyuk. — Moscow : Real Tajm, 2007. — 398 p. [in Russian]
26. Zadneprovskaya V.V. Ul'trazvukovaya diagnostika sosudistyx zabolevanij golovy i shei [Ultrasound diagnostics of vascular diseases of the head and neck] / V.V. Zadneprovskaya, M.A. Lovrikova, A.N. Zadneprovskaya. — Khabarovsk : Institute of Advanced Training of Health Care Specialists of the Ministry of Health of the Khabarovsk Krai, 2018. — 208 p. [in Russian]
27. Khairulin A.R. Chislennyj analiz gemodinamiki v sonnoj arterii s uchyotom personalizirovannogo podkhoda i razlichnykh modelej krovi [Numerical analysis of hemodynamics in the carotid artery taking into account a personalized approach and various blood models] / A.R. Khairulin, A.A. Baydarov, A.A. Porodikov [et al.] // Master's Journal. — 2020. — № 1. — P. 245–258. [in Russian]
28. Tsvetkova N.V. Komp'yuternoe modelirovanie vliyaniya ateroskleroticheskogo protsessa vo vnutrennej sonnoj arterii na gemodinamiku brachiotsefal'nykh arterij i villizieva kruga [Computer simulation of atherosclerotic process influence in the internal carotid artery on the hemodynamics of brachiocephal arteries and the circle of Willis] / N.V. Tsvetkova, E.I. Sluchanko // Vestnik sovremennoj klinicheskoy meditsiny [The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine]. — 2022. — Vol. 15. — № 5. — P. 73–80. — DOI: 10.20969/VSKM.2022.15(5).73-80. [in Russian]