

УДК 611.839.1

DOI 10.34014/2227-1848-2026-2-35-45

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОННОГО ГЛОМУСА ЛЮДЕЙ СТАРШИХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП С ГЕМОДИНАМИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫМ СТЕНОЗОМ ВНУТРЕННЕЙ СОННОЙ АРТЕРИИ

Е.С. Ганина, Ю.В. Григорьева, В.Н. Севрюкова, Г.Н. Суворова, В.А. Ваньков

ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Самара, Россия

За последние 10 лет значительно расширились знания о нейрохимии и физиологии сонного гломуса (СГ), особенно в контексте его участия в регуляции процесса дыхания и уровня артериального давления. Однако данные о гистоструктурных изменениях СГ у людей старших возрастных групп с гемодинамически значимым стенозом внутренней сонной артерии остаются недостаточными. Цель – анализ морфометрических показателей СГ у пожилых пациентов с артериальной гипертензией и стенозом внутренней сонной артерии (70–90 %).

Материалы и методы. Объектом стали препараты СГ, полученные в ходе каротидной эндартерэктомии у 34 пациентов (13 женщин и 21 мужчина) в возрасте от 54 до 83 лет. Гистологические препараты окрашивались по Массону. Тканевый состав и площадь среза СГ оценивались с помощью программы ImageJ (версия 1.53). Осуществлялся подсчет количества долек в органе, измерялась площадь долек, структурно-функциональных единиц, соединительной ткани СГ, нервных пучков и сосудов вне долек органа. Статистическая обработка данных осуществлялась в программе The jamovi project (2024; Version 2.5). Проводился расчет описательных статистик с дальнейшим применением критериев Манна – Уитни или Стьюдента, корреляционные связи фиксировались с помощью матрицы Спирмена.

Результаты. Изучение морфометрических показателей гистоструктурных составляющих СГ продемонстрировало отсутствие полового диморфизма и возрастных изменений у пациентов с АГ. Также были выявлены скоординированный рост и структурная интегрированность СГ: изменение его размера связано с пропорциональным и скоординированным преобразованием как элементов паренхимы, так и стромальных составляющих. При этом была выявлена высокая индивидуальная вариабельность строения органа, которую необходимо учитывать в последующих исследованиях.

Ключевые слова: сонный гломус, артериальная гипертензия, гистоморфометрия, эндартерэктомия.

Введение. Стеноз внутренней сонной артерии (ВСА) – одно из проявлений локального или генерализованного атеросклероза. Морфологическим субстратом патологических изменений при данном заболевании служат белково-липидные комплексы, которые откладываются в интиме артерии и провоцируют разрастание соединительной ткани. Последнее сопровождается прогрессивным сужением просвета сосуда вплоть до 100 % окклюзии. Стеноз ВСА часто носит двусторонний характер, его распространенность составляет 15–79 % [1]. Спектр клинических проявлений стеноза ВСА вариабелен и на-

прямую зависит от степени стеноза и вызванного им падения объемного кровотока. Гемодинамически значимыми стенозами внутренних сонных артерий являются стенозы более 70 % по диаметру при отсутствии осложнений и стенозы более 50 % по диаметру при наличии у пациента перенесенного ишемического инсульта или транзиторной ишемической атаки [2].

Течение стеноза внутренней сонной артерии часто сопровождается артериальной гипертензией. По данным второго популяционного исследования (ЭССЕ-2), проведенного в России, распространенность артериальной ги-

пертензии составляет 44,2 % [3]. Этот показатель имеет прямую возрастную зависимость: среди лиц старше 80 лет частота заболеваемости составляет более 80 % [4]. Коморбидность вышеперечисленных патологических состояний часто требует от врачей персонифицированного подхода, который позволяет определиться с тактикой лечения и прогнозом течения заболеваний.

На сегодняшний день во всем мире самым широко используемым способом лечения стенозов любых периферических артерий является их стентирование. Когда оно невозможно, пациенту предлагают хирургическую операцию на открытых сосудах.

Золотым стандартом лечения пациентов со стенозом внутренней сонной артерии является каротидная эндартерэктомия [5]. Она предназначена для коррекции гемодинамических нарушений путем удаления атеросклеротических бляшек из стенки внутренней сонной артерии.

Выполнение открытой каротидной эндартерэктомии вскрыло ряд проблем, одной из которых явилась необходимость принятия кардиохирургом решения в пользу сохранения или удаления такого органа, как сонный гломус (СГ) [6, 7].

Сонный гломус – парный орган, залегающий в обильно васкуляризированной рыхлой соединительной ткани, чаще всего в основании бифуркации общей сонной артерии [8, 9]. Он является частью параганглионарной системы (мозговое вещество надпочечника, орган Цукеркандля и др.), осуществляет артериальную хеморецепцию и барорецепцию [10, 11], инициирует активацию симпатической нервной системы [12, 13]. В настоящий момент накоплено достаточно много информации о вариабельности макростроения СГ, особенностях его клеточного состава и функционирования. Анализ литературных данных показал, что за последние десять лет стали появляться работы по изучению структурных изменений данного органа при разного рода заболеваниях. Так, появились работы, показывающие сущность морфологических изменений СГ при бронхиальной астме [14, 15] и хронической обструктивной болезни легких [16,

17]. Опубликованы данные, показывающие достоверные различия морфометрических показателей гломусной паренхимы при синдроме внезапной детской смерти [18]. Однако несмотря на все достижения современной морфологической науки до настоящего времени имеется большой дефицит достоверно обоснованных данных о возрастных особенностях строения сонного гломуса, его реактивных изменениях в ответ на развитие патологических процессов, которые как прямую, так и опосредованно влияют на содержание кислорода в крови и артериальное давление. Таким патологическим состоянием является гемодинамически значимый стеноз ВСА, часто сопровождающийся артериальной гипертензией и вызывающий ишемию мозга.

Цель исследования. Изучение морфометрических показателей сонного гломуса у людей пожилого возраста с гемодинамически значимым стенозом внутренней сонной артерии.

Материалы и методы. Объектом исследования являлись СГ людей пожилого возраста с гемодинамически значимым стенозом внутренней сонной артерии (70–90 %) и артериальной гипертензией 2–3 степени. Препараты СГ были получены в ходе проведения каротидной эндартерэктомии у 13 женщин в возрасте от 59 до 77 лет и 21 мужчины в возрасте от 54 до 83 лет. Оперативное вмешательство проводилось на базе отделения сосудистой хирургии № 2 Клиник ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России.

Операционный материал фиксировали в 10 % растворе нейтрального формалина с указанием ориентиров расположения: собственной гломической артерии на нижнем полюсе органа, а также мест прилегания наружной и внутренней сонных артерий. Далее он подвергался стандартной обработке в патологоанатомическом отделении Клиник ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России с заливкой в парафин Histomix фирмы Bio Optica. Гистологические срезы толщиной 4 мкм окрашивались по Массону. Выбор метода окрашивания срезов продиктован его избирательностью и наглядностью визуализации структур паренхимы и стромы СГ.

Полученные препараты исследовали с помощью светового микроскопа Leica (Германия), фотофиксацию осуществляли фотоаппаратом Canon 550D. Для оценки тканевого состава и площади среза СГ использовали программу ImageJ (версия 1.53). Производили подсчет количества долек в каждом органе. Измеряли площадь среза каждой дольки и структурно-функциональных единиц (СФЕ) внутри дольки. Вне долек оценивали площадь соединительной ткани СГ, нервных стволиков и сосудов. Статистическая обработка данных осуществлялась в программе The jamovi pro-

ject (2024; Version 2.5). Проводился расчет описательных статистик с дальнейшим применением критериев Манна – Уитни или Стьюдента, корреляционные связи фиксировались с помощью матрицы Спирмена.

Результаты и обсуждение. Гистологическое исследование препаратов СГ показало, что это паренхиматозный дольчатый орган, имеющий собственную соединительнотканную капсулу. СФЕ – гломерулы, формирующие дольки органа, – хорошо визуализировались, представляя собой округлые скопления клеток первого и второго типов (рис. 1).

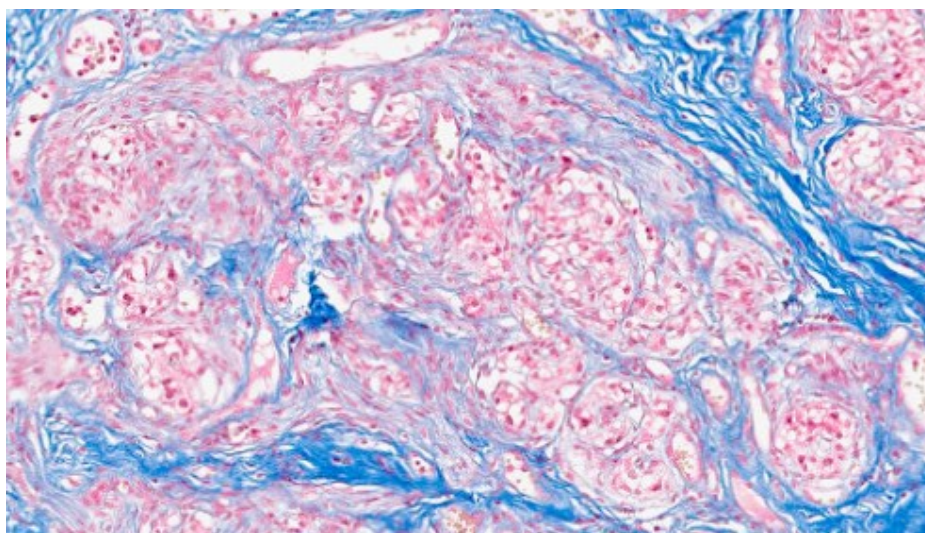


Рис. 1. Участок сонного гломуса пациента М., 72 года, с визуализируемыми гломерулами. Окраска по Массону. Ув. $\times 200$

Fig. 1. A section of the carotid glomus with visualized glomeruli. Patient M., 72 years old. Masson staining. Magnification $\times 200$

Установлено, что вне зависимости от пола пациента основную площадь среза СГ занимает внедольковая соединительная ткань – 59,99 % (≈ 19 тыс. мкм^2), затем следует паренхима – 30,62 % (≈ 10 тыс. мкм^2). На площадь нервных структур и сосудов вне долек органа приходится 3,38 % и 6,01 % соответственно.

Средняя площадь среза СГ как мужчин, так и у женщин составляет примерно 31–32 тыс. мкм^2 , в органе визуализируется 4–5 долек. Однако обращает на себя внимание очень большой разброс данных: среднее отклонение по указанным параметрам сопоставимо со средним значением, особенно в группе мужчин. По этой же причине являющиеся наиболее

заметными различия по показателю числа долек (3,81 у мужчин против 5,08 у женщин) не достигают статистической значимости ($p=0,071$). Полученные данные могут указывать на высокую межиндивидуальную вариабельность строения сонного гломуса.

Анализ описательных статистик (табл. 1) позволяет сделать вывод об отсутствии значимых различий между группами мужчин и женщин по всем измеренным морфометрическим параметрам ($p>0,05$).

Корреляционный анализ позволил выявить взаимосвязи между структурными компонентами СГ (табл. 2).

Таблица 1

Table 1

Описательные статистики

Descriptive statistics

Статистический показатель Statistical measure	Пол Gender	Возраст, лет Age	Площадь среза, мкм ² Cross-sectional area, μm ²	Количество долек, абс. Number of lobules, abs.	Сумма площадей долек, мкм ² Total lobule area, μm ²	Площадь гломерулы, мкм ² Glomerular area, μm ²	Площадь сосудов вне долек, мкм ² Area of extralobular vessels, μm ²	Площадь нервной ткани вне долек, мкм ² Extralobular nerve tissue area, μm ²	Площадь соединительной ткани вне долек, мкм ² Extralobular connective tissue area, μm ²
Среднее Mean	М M	68,5	31686	3,82	9518	31,8	1740	1014	19161
	Ж F	69,6	32352	5,08	10839	33,7	2043	864	18606
Медиана Median	М M	71,0	27713	4,00	7969	29,9	1222	736	17280
	Ж F	68,0	35929	4,50	10946	33,3	2215	908	16785
Стандартное отклонение Standard deviation	М M	7,07	20021	1,94	8116	10,3	1453	804	13264
	Ж F	5,78	14987	1,98	6529	11,5	1230	398	10853
Минимум Minimum	М M	54	7021	1	642	14,1	181	290	4075
	Ж F	59	8789	2	2415	19,6	480	330	5296
Максимум Maximum	М M	83	69092	8	28465	54,7	5999	3241	52039
	Ж F	77	58286	8	26388	56,7	3618	1472	41319
Шapiro – Уилк, р Shapiro-Wilk, p	М M	0,242	0,075	0,020	0,016	0,801	<0,001	<0,001	0,044
	Ж F	0,393	0,571	0,215	0,277	0,455	0,054	0,400	0,554
25-й процентиль P25	М M	63,5	11742	3,00	2774	24,1	842	423	6848
	Ж F	66,5	19334	4,00	7220	23,3	865	532	10125
50-й процентиль P50	М M	71,0	27713	4,00	7969	29,9	1222	736	17280
	Ж F	68,0	35929	4,50	10946	33,3	2215	908	16785
75-й процентиль P75	М M	73,0	47924	4,00	13247	38,5	2078	1253	28373
	Ж F	74,5	40852	7,00	13221	39,2	3189	1106	25517

Таблица 2
Table 2Корреляционная матрица
Correlation matrix

Показатель	Статистический показатель Statistical measure	Возраст, лет Age	Площадь среза, мкм ² Cross-sectional area, μm^2	Количество долек, абс. Number of lobules, abs.	Сумма площадей долек, мкм ² Total lobule area, μm^2	Площадь гломерулы, мкм ² Glomerular area, μm^2	Площадь сосудов вне долек, мкм ² Area of extralobular vessels, μm^2	Площадь нервной ткани вне долек, мкм ² Extralobular nerve tissue area, μm^2	Площадь соединительной ткани вне долек, мкм ² Extralobular connective tissue area, μm^2
Площадь среза, мкм ² Section area, μm^2	Спирмен ρ (rho) Spearman's rho	0,002	-						
	p	0,993	-						
Количество долек, абс. Number of lobules, abs.	Спирмен ρ (rho) Spearman's rho	0,080	0,431*	-					
	p	0,653	0,011	-					
Сумма площадей долек, мкм ² Total lobule area, μm^2	Спирмен ρ (rho) Spearman's rho	-0,096	0,846***	0,463**	-				
	p	0,588	<0,001	0,006	-				
Площадь гломерулы, мкм ² Glomerular area, μm^2	Спирмен ρ (rho) Spearman's rho	0,108	0,582***	0,326	0,567***	-			
	p	0,541	<0,001	0,060	<0,001	-			
Площадь сосудов вне долек, мкм ² Area of extralobular vessels, μm^2	Спирмен ρ (rho) Spearman's rho	-0,063	0,806***	0,365*	0,643***	0,418*	-		
	p	0,723	<0,001	0,034	<0,001	0,014	-		
Площадь нервной ткани вне долек, мкм ² Extralobular nerve tissue area, μm^2	Спирмен ρ (rho) Spearman's rho	-0,048	0,710***	0,167	0,582***	0,355*	0,676***	-	
	p	0,786	<0,001	0,344	<0,001	0,040	<0,001	-	
Площадь соединительной ткани вне долек, мкм ²	Спирмен ρ (rho) Spearman's rho	0,071	0,926***	0,364*	0,639***	0,511**	0,785***	0,669***	-

Extralobular connective tissue area, μm^2	p	0,691	<0,001	0,034	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	-
Пол Gender	Спирмен ρ (rho) Spearman's rho	0,104	0,019	0,318	0,163	0,063	0,119	0,031	0,025
	p	0,559	0,916	0,067	0,357	0,724	0,502	0,860	0,888

Примечание. * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$, *** – $p < 0,001$.

Note. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

Площадь среза СГ демонстрирует сильнейшую положительную корреляцию практически со всеми остальными показателями: площадью соединительной ткани, сосудов вне долек, СФЕ. Важно отметить, что была обнаружена практически идеальная прямая зависимость между площадью среза и площадью соединительной ткани ($\rho = 0,926$). Это указывает на практически идеальную прямую зависимость роста стромы от общего размера образца при АГ: чем больше размер образца, тем больше в нем соединительнотканной стромы. Также общая площадь среза СГ имеет сильнейшие связи с площадью сосудов вне долек ($\rho = 0,806$), суммой площадей долек ($\rho = 0,846$) и площадью нервной ткани ($\rho = 0,710$). Это свидетельствует о том, что увеличение общего размера СГ при АГ носит скоординированный, системный характер, а также указывает на то, что даже при данном заболевании васкуляризация и иннервация органа пропорциональны его размеру.

Однако наличие сильных положительных корреляционных связей площади среза органа с суммой площадей долек ($\rho = 0,846$), площадью СФЕ ($\rho = 0,582$), а также количеством долек ($\rho = 0,431$) не только наглядно демонстрирует зависимость размера органа от стромального компонента, но и визуализирует возможность роста органа при АГ за счет увеличения объема функциональной паренхимы, что подтверждается сильной корреляцией между суммой площадей долек и площадью СФЕ ($\rho = 0,567$). То есть увеличение объема функциональной ткани осуществляется как за счет роста числа долек или их площади, так и за счет увеличения размера самих СФЕ внутри них.

Обращает на себя внимание согласованность компонентов стромы органа. Мощные корреляционные связи между площадью соединительной ткани и площадью сосудов ($\rho = 0,785$), а также нервной составляющей ($\rho = 0,669$) представляют строму органа не просто как фоновую ткань, а как высокоорганизованную и интегрированную систему, в которой развитие компонентов тесно сопряжено. Полученные морфометрические данные являются прямым свидетельством того, что СГ функционирует не просто как скопление независимых клеток, а как высоко интегрированная функциональная единица. Результаты отлично вписываются в концепцию аллометрии – скоординированного роста частей организма относительно друг друга и целого [19, 20]. В нашем случае мы наблюдаем это на органном уровне.

Стоит отметить факт отсутствия значимых корреляций по параметрам пола и возраста, что подтверждает данные описательных статистик.

Совокупность полученных результатов позволяет предположить относительное постоянство изменений структурных пропорций СГ при АГ в исследуемом возрастном диапазоне (54–83 года). Этот факт интересно рассматривать в свете уже существующих работ, которые зачастую описывают возрастные инволютивные изменения в хеморецепторных органах, фиброз или же уменьшение числа клеток паренхимы [21, 22]. Можно предположить, что выявленная нами высокая индивидуальная вариабельность «маскирует» возможные слабовыраженные возрастные или половые тенденции. С другой стороны, наши данные согласуются с представлением о том,

что морфологические компоненты СГ при АГ остаются относительно стабильными в процентном соотношении, что способно регулировать его хеморецепторную функцию [22].

Заключение. Строение СГ человека представляет собой один из самых малоизученных разделов современной морфологии. С учетом постоянно растущего числа людей с артериальной гипертензией клиническая значимость понимания индивидуальных, половых и возрастных особенностей СГ не поддается сомнению.

Изученные морфометрические показатели гистоструктурных составляющих дан-

ного органа демонстрируют отсутствие полового диморфизма и возрастных изменений в выборке пациентов с АГ. Также были выявлены скоординированный рост и структурная интегрированность СГ: изменение его размера связано с пропорциональным и скоординированным преобразованием как элементов паренхимы, так и стромальных составляющих. При этом выявлена высокая индивидуальная вариабельность строения органа, которую необходимо учитывать в последующих исследованиях и клинической практике.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов

Концепция и дизайн исследования: Ганина Е.С., Григорьева Ю.В., Севрюкова В.Н.

Литературный поиск, участие в исследовании, обработка материала: Ганина Е.С.,

Григорьева Ю.В., Суворова Г.Н., Ваньков В.А.

Написание и редактирование текста: Ганина Е.С., Григорьева Ю.В., Севрюкова В.Н.,

Суворова Г.Н., Ваньков В.А.

Литература

1. Иоскевич Н.Н., Ильина С.Н., Завадский П.Ч. Атеросклеротические окклюзионно-стенотические поражения сонных артерий: этиопатогенез ишемических расстройств, клиника и диагностика. Журнал ГрГМУ. 2006; 4 (16): 32–36. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ateroskleroticheskie-okklyuzionno-stenoticheskie-porazheniya-sonnyh-arteriy-etiotopogenez-ishemicheskikh-rastroystv-klinika-i> (дата обращения: 29.10.2025).
2. Костенко О.В. Стенозы сонных артерий: диагностика и тактика ведения. Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2014; 13 (4): 54–57 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/stenozy-sonnyh-arteriy-diagnostika-i-taktika-vedeniya> (дата обращения: 29.10.2025).
3. Баланова Ю.А., Шальнова С.А., Куценко В.А., Имаева А.Э., Капустина А.В., Муромцева Г.А., Евстифеева С.Е., Максимов С.А., Бойцов С.А., Дранкина О.М. Популяционные аспекты терапии артериальной гипертензии. Фокус на фиксированные комбинации. Артериальная гипертензия. 2022; 28 (5): 482–491. DOI: 10.18705/1607-419X-2022-28-5-482-491.
4. Попов В.В., Новикова И.А., Трохова М.В. Особенности полиморбидной патологии у лиц пожилого и старческого возраста с артериальной гипертензией. Российский кардиологический журнал. 2021; 26 (4): 39–40. DOI: 10.15829/1560-4071-2021-3940.
5. Казанцев А.Н., Виноградов Р.А., Черных К.П., Джанелидзе М.О., Багдавадзе Г.Ш., Артюхов С.В., Чикин А.Е., Линец Ю.П. Методы каротидной эндалтерэктомии. Российский кардиологический журнал. 2021; 26 (9): 44–45. DOI: 10.15829/1560-4071-2021-4445.
6. Казанцев А.Н., Хубулава Г.Г., Кравчук В.Н., Ерофеев А.А., Черных К.П. Эволюция каротидной эндалтерэктомии. Патология кровообращения и кардиохирургия. 2020; 24 (4): 22–32. DOI: 10.21688/1681-3472-2020-4-22-32.
7. Яриков А.В., Фраерман А.П., Смирнов П.В., Леонов В.А., Мухин А.С., Клецкин А.Э., Волошин В.Н., Лютиков В.Г., Айвазян С.А., Кузьминых Д.Г., Тарасов И.А., Калинин А.А., Ошурков П.А., Далибалдян В.А., Лукьянчиков В.А. Осложнения каротидной эндалтерэктомии. Здравоохранение Югры: опыт и инновации. 2022; 1 (30): 43–57 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/oslozhneniya-karotidnoy-endarterektomii> (дата обращения: 29.10.2025).
8. Fan D., Luster S., Eid I.G. A multidisciplinary approach to carotid body tumors surgical management. J Surg Case Rep. 2020; 20 (3): rjaa030. DOI: 10.1093/jscr/rjaa030.

9. *Forbes J., Menezes R.G.* Anatomy, Head and Neck: Carotid Bodies. StatPearls Publishing LLC; 2024. 127.
10. *López-Barneo J.* Oxygen sensing and stem cell activation in the hypoxic carotid body. *Cell Tissue Res.* 2018; 372 (2): 417–425. DOI: 10.1007/s00441-017-2783-9.
11. *Iturriaga R., Alcayaga J., Chapleau M.W., Somers V.K.* Carotid body chemoreceptors: physiology, pathology, and implications for health and disease. *Physiol Rev.* 2021; 101 (3): 1177–1235. DOI: 10.1152/physrev.00039.2019.
12. *Ortega-Sáenz P., López-Barneo J.* Physiology of the Carotid Body: From Molecules to Disease. *Annu Rev Physiol.* 2020; 82: 127–149. DOI: 10.1146/annurev-physiol-020518-114427.
13. *López-Barneo J.* Neurobiology of the carotid body. *Handb Clin Neurol.* 2022; 188: 73–102. DOI: 10.1016/B978-0-323-91534-2.00010-2.
14. *Reznikov L.R.* PKCε sensing in the carotid body – a new target for asthma? *J Physiol.* 2021; 599 (4): 1007–1008. DOI: 10.1113/JP281080.
15. *Kamra K., Xia Z., Zucker I.H., Schultz H., Wang H.J.* Chemoreflex function in pulmonary diseases – A review. *J Physiol.* 2025; 603 (16): 4461–4482. DOI: 10.1113/JP286655.
16. *Csizmadia S., Fodor G.H., Palkó A., Vörös E.* Size of the Carotid Body in Patients with Cardiovascular and Respiratory Diseases Measured by Computed Tomography Angiography: A Case-Control Study. *Radiol Res Pract.* 2021; 2021: 9499420. DOI: 10.1155/2021/9499420.
17. *Oliveira D.M., Ribeiro I.C., Cesar T.S., Freitas T.O., Aranda L.C.* Turnaround in the history of carotid chemoreflex contribution to cardiorespiratory control in COPD: what are the upcoming chapters? *J Physiol.* 2018; 596 (22): 5301–5302. DOI: 10.1113/JP276986.
18. *Porzionato A., Macchi V., Stecco C., De Caro R.* The carotid body in Sudden Infant Death Syndrome. *Respir Physiol Neurobiol.* 2013; 185 (1): 194–201. DOI: 10.1016/j.resp.2012.05.013.
19. *Packard G.C.* What is complex allometry? *Biol Open.* 2023; 12 (12): bio060148. DOI: 10.1242/bio.060148.
20. *Pélabon C., Firmat C., Bolstad G.H., Voje K.L., Houle D., Cassara J., Rouzic A.L., Hansen, T.F.* Evolution of morphological allometry. *Ann N Y Acad Sci.* 2014; 1320: 58–75. DOI: 10.1111/nyas.12470.
21. *Arias-Stella J., Bustos F.* Chronic hypoxia and chemodectomas in bovines at high altitudes. *Arch Pathol Lab Med.* 1976; 100 (12): 636–639.
22. *Heath D., Edwards C., Harris P.* Post-mortem size and structure of the human carotid body. *Thorax.* 1970; 25 (2): 129–140. DOI: 10.1136/thx.25.2.129.

Поступила в редакцию 12.11.2025; принята 04.02.2026.

Авторский коллектив

Ганина Елена Сергеевна – директор учебно-исследовательской лаборатории «Морфология», аспирант кафедры гистологии и эмбриологии, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет». 443010, Россия, г. Самара, ул. Чапаевская, 89; e-mail: e.s.ganina@samsmu.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7704-9417>.

Григорьева Юлия Владимировна – доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры гистологии и эмбриологии, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет». 443010, Россия, г. Самара, ул. Чапаевская, 89; e-mail: yu.v.grigoreva@samsmu.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7228-1003>.

Севрюкова Виктория Николаевна – врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению отделения РХМДиЛ КФХ Клиник СамГМУ, аспирант кафедры факультетской хирургии, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. 443010, Россия, г. Самара, ул. Чапаевская, 89; e-mail: vika_s24@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2907-5885>.

Суворова Галина Николаевна – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой гистологии и эмбриологии, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. 443010, Россия, г. Самара, ул. Чапаевская, 89; e-mail: gsuvmmed@yandex.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0462-1344>.

Ваньков Владимир Александрович – кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры анатомии человека, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства

здравоохранения Российской Федерации. 443010, Россия, г. Самара, ул. Чапаевская, 89; e-mail: vva_samara@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5724-5621>.

Образец цитирования

Ганина Е.С., Григорьева Ю.В., Севрюкова В.Н., Суворова Г.Н., Ваньков В.А. Морфометрические показатели сонного гломуса людей старших возрастных групп с гемодинамически значимым стенозом внутренней сонной артерии. Ульяновский медико-биологический журнал. 2026; 2: 35–45. DOI: 10.34014/2227-1848-2026-2-35-45.

MORPHOMETRIC PARAMETERS OF THE CAROTID BODY IN ELDERLY PATIENTS WITH HEMODYNAMICALLY SIGNIFICANT INTERNAL CAROTID ARTERY STENOSIS

E.S. Ganina, Yu.V. Grigor'eva, V.N. Sevryukova, G.N. Suvorova, V.A. Van'kov

Samara State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, Samara, Russia

Over the past decade, knowledge regarding the neurochemistry and physiology of the carotid body (CB) has expanded significantly, particularly concerning its role in respiration and blood pressure regulation. However, data on CB histostructural changes in older individuals with hemodynamically significant internal carotid artery stenosis remain insufficient. However, data on the histostructural changes of the CB in elderly individuals with hemodynamically significant internal carotid artery stenosis remain insufficient. The aim of the study is to analyze the CB morphometric parameters in elderly patients with arterial hypertension and 70–90 % internal carotid artery stenosis.

Materials and Methods. The study examined CB specimen obtained during carotid endarterectomy from 34 patients (13 females and 21 males) aged 54–83. Tissue specimen were stained using Masson's trichrome staining. CB tissue composition and cross-sectional area were assessed using ImageJ software (version 1.53). The number of lobules per organ was counted; additionally, the areas of lobules, structural and functional units, CB connective tissue, nerve bundles, and extravascular vessels were measured. Statistical data processing was performed using The jamovi project (2024; Version 2.5). Descriptive statistics were calculated using the Mann – Whitney or Student's t-tests; correlations were determined using the Spearman's rank correlation matrix.

Results. Morphometric analysis of the CB histostructural components revealed no sexual dimorphism or age-related changes in patients with arterial hypertension. CB coordinated growth and structural integration were also revealed: changes in organ size were associated with proportional and synchronized transformation of both parenchymal elements and stromal components. High individual variability in organ morphology was also revealed, which should be taken into account in subsequent studies.

Key words: carotid body, arterial hypertension, histomorphometry, endarterectomy.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Author contributions

Research concept and design: Ganina E.S., Grigor'eva Yu.V., Sevryukova V.N.

Literature search, participation in the study, and data processing: Ganina E.S., Grigor'eva Yu.V., Suvorova G.N., Vankov V.A.

Text writing and editing: Ganina E.S., Grigor'eva Yu.V., Sevryukova V.N., Suvorova G.N., Van'kov V.A.

References

1. Ioskevich N.N., Ilina S.N., Zavadskiy P.Ch. Ateroskleroticheskie okklyuzionno-stenoticheskie porazheniya sonnykh arteriy: etiopatogenez ishemicheskikh rasstroystv, klinika i diagnostika [Atherosclerotic occlusive-stenotic lesions of the carotid arteries: etiopathogenesis of ischemic disorders, clinical features and diagnostics]. *Zhurnal GrGMU*. 2006; 4 (16): 32–36. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/ateroskleroticheskie>

- okklyuzionno-stenoticheskie-porazheniya-sonnykh-arteriy-etiotopogenez-ishemicheskikh-rasstroystv-klinika-i (accessed: October 29, 2025) (in Russian).
2. Kostenko O.V. Stenozy sonnykh arteriy: diagnostika i taktika vedeniya [Stenosis of the carotid arteries: diagnostics and management tactics]. *Vestnik Smolenskoy gosudarstvennoy meditsinskoy akademii*. 2014; 13 (4): 54–57 Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/stenozy-sonnykh-arteriy-diagnostika-i-taktika-vedeniya> (accessed: October 29, 2025) (in Russian).
 3. Balanova Yu.A., Shal'nova S.A., Kutsenko V.A., Imaeva A.E., Kapustina A.V., Muromtseva G.A., Evstifeeva S.E., Maksimov S.A., Boytsov S.A., Drapkina O.M. Populyatsionnye aspekty terapii arterial'noy gipertenzii. Fokus na fiksirovannye kombinatsii [Population aspects of arterial hypertension therapy. Focus on fixed combinations]. *Arterial'naya gipertenziya*. 2022; 28 (5): 482–491. DOI: 10.18705/1607-419X-2022-28-5-482-491 (in Russian).
 4. Popov V.V., Novikova I.A., Trokhova M.V. Osobennosti polimorbidnoy patologii u lits pozhilogo i starcheskogo vozrasta s arterial'noy gipertenziei [Features of multimorbidity in elderly and senile people with hypertension]. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*. 2021; 26 (4): 39–40. DOI: 10.15829/1560-4071-2021-3940 (in Russian).
 5. Kazantsev A.N., Vinogradov R.A., Chernykh K.P., Dzhanlidze M.O., Bagdavadze G.Sh., Artyukhov S.V., Chikin A.E., Linets Yu.P. Metody karotidnoy endarterektomii [Methods of carotid endarterectomy]. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*. 2021; 26 (9): 44–45. DOI: 10.15829/1560-4071-2021-4445 (in Russian).
 6. Kazantsev A.N., Khubulava G.G., Kravchuk V.N., Yerofeev A.A., Chernykh K.P. Evolyutsiya karotidnoy endarterektomii [Evolution of carotid endarterectomy]. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya*. 2020; 24 (4): 22–32. DOI: 10.21688/1681-3472-2020-4-22-32 (in Russian).
 7. Yarikov A.V., Fraerman A.P., Smirnov P.V., Leonov V.A., Mukhin A.S., Kletskin A.E., Voloshin V.N., Lyutikov V.G., Ayvaz'yan S.A., Kuz'minykh D.G., Tarasov I.A., Kalinkin A.A., Oshurkov P.A., Dalibaldyan V.A., Luk'yanchikov V.A. Oslozhneniya karotidnoy endarterektomii [Complications of carotid endarterectomy]. *Zdravookhraneniye Yugry: opyt i innovatsii*. 2022; 1 (30): 43–57 Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/oslozhneniya-karotidnoy-endarterektomii> (accessed: October 29, 2025) (in Russian).
 8. Fan D., Luster S., Eid I.G. A multidisciplinary approach to carotid body tumors surgical management. *J Surg Case Rep*. 2020; 20 (3): rjaa030. DOI: 10.1093/jscr/rjaa030.
 9. Forbes J., Menezes R.G. *Anatomy, Head and Neck: Carotid Bodies*. StatPearls Publishing LLC; 2024. 127.
 10. López-Barneo J. Oxygen sensing and stem cell activation in the hypoxic carotid body. *Cell Tissue Res*. 2018; 372 (2): 417–425. DOI: 10.1007/s00441-017-2783-9.
 11. Iturriaga R., Alcayaga J., Chapleau M.W., Somers V.K. Carotid body chemoreceptors: physiology, pathology, and implications for health and disease. *Physiol Rev*. 2021; 101 (3): 1177–1235. DOI: 10.1152/physrev.00039.2019.
 12. Ortega-Sáenz P., López-Barneo J. Physiology of the Carotid Body: From Molecules to Disease. *Annu Rev Physiol*. 2020; 82: 127–149. DOI: 10.1146/annurev-physiol-020518-114427.
 13. López-Barneo J. Neurobiology of the carotid body. *Handb Clin Neurol*. 2022; 188: 73–102. DOI: 10.1016/B978-0-323-91534-2.00010-2.
 14. Reznikov L.R. PKCε sensing in the carotid body – a new target for asthma? *J Physiol*. 2021; 599 (4): 1007–1008. DOI: 10.1113/JP281080.
 15. Kamra K., Xia Z., Zucker I.H., Schultz H., Wang H.J. Chemoreflex function in pulmonary diseases – A review. *J Physiol*. 2025; 603 (16): 4461–4482. DOI: 10.1113/JP286655.
 16. Csizmadia S., Fodor G.H., Palkó A., Vörös E. Size of the Carotid Body in Patients with Cardiovascular and Respiratory Diseases Measured by Computed Tomography Angiography: A Case-Control Study. *Radiol Res Pract*. 2021; 2021: 9499420. DOI: 10.1155/2021/9499420.
 17. Oliveira D.M., Ribeiro I.C., Cesar T.S., Freitas T.O., Aranda L.C. Turnaround in the history of carotid chemoreflex contribution to cardiorespiratory control in COPD: what are the upcoming chapters? *J Physiol*. 2018; 596 (22): 5301–5302. DOI: 10.1113/JP276986.
 18. Porzionato A., Macchi V., Stecco C., De Caro R. The carotid body in Sudden Infant Death Syndrome. *Respir Physiol Neurobiol*. 2013; 185 (1): 194–201. DOI: 10.1016/j.resp.2012.05.013.

19. Packard G.C. What is complex allometry? *Biol Open*. 2023; 12 (12): bio060148. DOI: 10.1242/bio.060148.
20. Pélabon C., Firmat C., Bolstad G.H., Voje K.L., Houle D., Cassara J., Rouzic A.L., Hansen, T.F. Evolution of morphological allometry. *Ann N Y Acad Sci*. 2014; 1320: 58–75. DOI: 10.1111/nyas.12470.
21. Arias-Stella J., Bustos F. Chronic hypoxia and chemodectomas in bovines at high altitudes. *Arch Pathol Lab Med*. 1976; 100 (12): 636–639.
22. Heath D., Edwards C., Harris P. Post-mortem size and structure of the human carotid body. *Thorax*. 1970; 25 (2): 129–140. DOI: 10.1136/thx.25.2.129.

Received November 12, 2025; accepted February 04, 2026.

Information about the authors

Ganina Elena Sergeevna, Director, Morphology Research Laboratory, Postgraduate Student, Chair of Histology and Embryology, Samara State Medical University. 443010, Russia, Samara, Chapaevskaya St., 89; e-mail: e.s.ganina@samsmu.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7704-9417>.

Grigor'eva Yuliya Vladimirovna, Doctor of Sciences (Medicine), Associate Professor, Chair of Histology and Embryology, Samara State Medical University. 443010, Russia, Samara, Chapaevskaya St., 89; e-mail: yu.v.grigoreva@samsmu.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7228-1003>.

Sevryukova Viktoriya Nikolaevna, Interventional Radiologist, Department of X-ray surgical diagnostic and treatment methods, Samara State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation. 443010, Russia, Samara, Chapaevskaya St., 89; e-mail: vika_s24@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2907-5885>.

Suvorova Galina Nikolaevna, Doctor of Sciences (Biology), Professor, Head of the Chair of Histology and Embryology, Samara State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation. 443010, Russia, Samara, Chapaevskaya St., 89; e-mail: gsuvmed@yandex.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0462-1344>.

Van'kov Vladimir Aleksandrovich, Candidate of Sciences (Medicine), Associate Professor, Chair of Human Anatomy, Samara State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation. 443010, Russia, Samara, Chapaevskaya St., 89; e-mail: vva_samara@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5724-5621>.

For citation

Ganina E.S., Grigorieva Yu.V., Sevryukova V.N., Suvorova G.N., Vankov V.A. Morfometricheskie pokazateli sonnogo glomusa lyudey starshikh vozrastnykh grupp s gemodinamicheski znachimym stenozom vnutrenney sonnoy arterii [Morphometric Parameters of the Carotid Body in Elderly Patients with Hemodynamically Significant Internal Carotid Artery Stenosis]. *Ulyanovskiy mediko-biologicheskii zhurnal*. 2026; 2: 35–45. DOI: 10.34014/2227-1848-2026-2-35-45 (in Russian).