

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МОРФОЛОГИИ СОННОГО ГЛОМУСА

¹Ганина Е.С., ¹Григорьева Ю.В., ¹Суворова Г.Н., ¹Корнилов В.Д., ²Темников В.И.,
¹Севрюкова В.Н.

¹Самарский государственный медицинский университет, Самара, ²Тольяттинская городская клиническая больница № 5,
Тольятти, Россия, e-mail: e.s.ganina@samsmu.ru

Для цитирования:

Ганина Е.С., Григорьева Ю.В., Суворова Г.Н., Корнилов В.Д., Темников В.И., Севрюкова В.Н. Современные представления о морфологии сонного гломуса. Морфологические ведомости. 2024;32(4):834. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2024;32\(4\):834](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2024;32(4):834)

Резюме. Каротидный гломус *glomus caroticum* – хеморецепторный орган параганглионарной системы, функционально стимулируемый гипоксией, гиперкапнией и ацидозом. Актуальность его изучения обусловлена его способностью регулировать уровень артериального давления и частоту сердечных сокращений. Значимость изучения структуры этого органа обусловлена каротидной эндартерэктомией при атеросклерозе внутренней сонной артерии с ее стенозом в сочетании с симптомами нарушений мозгового кровообращения. Значительная анатомическая вариабельность его иннервации и кровоснабжения, быстрые посмертные патоморфологические изменения и предрасположенность тканей к появлению артефактов при изготовлении гистологических препаратов усложняют интерпретацию результатов морфологических исследований. Цель обзора – представить материал, объединяющий сведения о строении каротидного клубочка на органном, тканевом, клеточном и субклеточном уровнях его организации. Для поиска информации использовались следующие научные базы данных PubMed, Scopus, Web of Science, Europe PubMed Central, HubMed, eLibrary.ru, КиберЛенинка, Google Академия. Ключевыми словами в поиске выступали такие как каротидное тело, каротидный гломус, сонный гломус, carotid body, carotid glomus. Из 44 валидных научных публикаций 9 написано российскими учеными, 35 – зарубежными авторами. Анализ строения гломуса на макроскопическом уровне свидетельствует о вариабельности числа, симметричности расположения, а также формы этого органа. Световая микроскопия позволила отнести его к органам паренхиматозного типа строения с наличием структурно-функциональной единицы – гломерулы. Иммуногистохимическое исследование помогло верифицировать клетки паренхимы и классифицировать их на два типа, а ультраструктурный анализ помог сформировать представление о содержимом этих клеток и их межклеточных взаимодействиях. На основе полученных данных обосновывается актуальность дальнейшего изучения возрастных и реактивных изменений каротидного гломуса, а также его роли в развитии артериальной гипертензии, бронхиальной астмы, хронической обструктивной болезни легких, опухолей головы и шеи и других, связанных с его функцией, патологических процессов. Морфологические исследования каротидного гломуса могут предоставить новые факты для развития морфологии человека, повысить эффективность терапии пациентов с заболеваниями сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной систем. Для этого необходимо уточнить некоторые ключевые моменты, в частности, морфологию поддерживающих клеток второго типа, более детально определить типы межклеточных контактов в гломеруле, решить классификационные проблемы в описании главных клеток гломуса.

Ключевые слова: сонный гломус, анатомия, топография, гистология, структурно-функциональная единица, гломерула

Статья поступила в редакцию 03 ноября 2023
Статья принята к публикации 16 декабря 2024

MODERN CONCEPTS ABOUT THE CAROTID GLOMUS MORPHOLOGY

¹Ganina ES, ¹Grigor'eva YuV, ¹Suvorova GN, ¹Kornilov VD, ²Temnikov VI,
¹Sevryukova VN

¹Samara State Medical University, Samara, Russia, ²Tolyatti City Clinical Hospital № 5, Tolyatti, Russia, e-mail: e.s.ganina@samsmu.ru

For the citation:

Ganina ES, Grigor'eva YuV, Suvorova GN, Kornilov VD, Temnikov VI, Sevryukova VN. Modern concepts about the carotid glomus morphology. *Morfologicheskie Vedomosti – Morphological newsletter*. 2024;32(4):834. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2024;32\(4\):834](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2024;32(4):834)

Summary. The carotid glomus (*glomus caroticum*) is a chemoreceptor organ of the paraganglionic system, functionally stimulated by hypoxia, hypercapnia and acidosis. The relevance of its study is due to its ability to regulate blood pressure and heart rate. The importance of studying the structure of this organ is due to carotid endarterectomy in atherosclerosis of the internal carotid artery with its stenosis in combination with symptoms of cerebrovascular accidents. Significant anatomical variability of its innervation and blood supply, rapid postmortem pathomorphological changes and tissue predisposition to artifacts during the preparation of histological preparations complicate the interpretation of the results of morphological studies. The objective of the review is to present material combining information on the structure of the carotid glomerulus at the organ, tissue, cellular and subcellular levels of its organization. The following scientific databases were used to search for information: PubMed, Scopus, Web of Science, Europe PubMed Central, HubMed, e-Library.ru, CyberLeninka, Google Academy. The keywords in the search were carotid body, carotid glomus. Of the 44 valid scientific publications, 9 were written by Russian scientists, 35 – by foreign authors. Analysis of the structure of the glomus at the macroscopic level indicates variability in the number, symmetry of location, and shape of this organ. Light microscopy allowed us to classify it as an organ of the parenchymatous type of structure with the presence of a structural and functional unit – the glomerulus. Immunohistochemical research helped to verify the parenchyma cells and classify them into two types, and ultrastructural analysis helped to form an idea of the contents of these cells and their intercellular interactions. Based on the data obtained, the relevance of further study of age-related and reactive changes in the carotid glomus, as well as its role in the development of arterial hypertension, bronchial asthma, chronic obstructive pulmonary disease, head and neck tumors and other pathological processes associated with its function is substantiated. Morphological studies of the carotid glomus can provide new facts for the development of human morphology, increase the effectiveness of therapy for patients with diseases of the cardiovascular, respiratory, and nervous systems. For this, it is necessary to clarify some key points, in particular, the morphology of the supporting cells of the second type, to determine in more detail the types of intercellular contacts in the glomerulus, and to solve classification problems in the description of the main cells of the glomerulus.

Keywords: carotid body, anatomy, topography, histology, structural and functional unit, glomerulus

Article received 03 November 2023
Article accepted 16 December 2024

Введение. Каротидный гломус долго находился за рамками научных изысканий ученых-морфологов. Представление о его строении было сформировано благодаря фундаментальным работам de Castro в 1928 году и Neumans в 1930, которые осветили характер иннервации этого органа и весьма опосредованно интерпретировали его как орган чувства [1-4]. На сегодняшний день, каротидный гломус – один из органов параганглионарной системы, являющийся в целом хеморецепторным и который находится под действием стимулов гипоксии, гиперкапнии и ацидоза. Актуальность его изучения обусловлена способностью регулировать уровень артериального давления и частоту сердечных сокращений. Именно эти, упомянутые функции, положены в основу понимания причины развития одной из форм гипертонической болезни, клинических особенностей ее течения и коррекции. Значимость изучения данной структуры возрастает при проведении каротидной эндартерэктомии при атеросклерозе внутренней сонной артерии с ее стенозом в более 70% случаев и в сочетании с симптомами нарушений мозгового кровообращения [5]. Перед кардиохирургами встает вопрос: какой должна быть оптимальная техника каротидной эндартерэктомии и разрешения двустороннего стеноза внутренней сонной артерии, нужно ли сохранять гломус при оперативном вмешательстве? [6-8].

Немаловажное значение в изучении гломуса имеет его реакция на изменения рН крови и газового состава крови, которая напрямую отражается на работе дыхательной системы, а именно, на частоте и глубине дыхания, тонусе гладкой мускулатуры бронхов. Эти морфофункциональные изменения особо важны педиатрам, пульмонологам и терапевтам для того, чтобы установить какова роль каротидного тела в развитии синдрома внезапной детской смерти [9-12], бронхиальной астмы и хронической обструктивной болезни легких [13-15].

Также актуальность изучения строения гломуса обусловлена частотой встречаемости опухолей данной структуры – каротидной хемодектомы, которая состав-

ляет 65% от всех параганглиом головы и шеи [16]. Повышение уровня визуализации, достоверной верификации и лечения опухоли гломуса, являются не до конца решенными задачами для онкологов и неврологов [17-19].

Толчком к решению поставленных задач может стать исследование базовых аспектов морфологии сонного гломуса, его нормальной топографической анатомии, гистологического строения, физиологии, биохимических процессов и возрастных особенностей. Все сказанное выше отражает актуальность рассматриваемой темы не только для клиницистов, но и для членов всего научного биомедицинского сообщества.

Значительная вариативность иннервации и кровоснабжения, стремительное нарастание посмертных изменений и предрасположенность его ткани к появлению артефактов при изготовлении гистологических препаратов усложняют интерпретацию результатов морфологического исследования [20]. Скучный интерес к тематике отражается в малочисленности публикаций о каротидном гломусе, в том числе и на русском языке. Данных же по эмбриональному развитию и возрастным изменениям сонного клубочка немного и на иностранных языках. Указанные факты послужили основой более детального исследования литературных источников по морфологии строения каротидного клубочка.

Цель исследования – поиск и систематизация информации, ставшей результатом научных изысканий сонного гломуса, ее анализ и представление нового взгляда авторов на ранее описанные явления, переосмысление и поиск новых подходов к их трактовке.

Материалы и методы исследования: Нами были проанализированы 44 источника, 3 книги (атласы, монографии) и 41 научная статья по областям морфологии человека и животных: гистологическое строение человека и животных, анатомия человека, топографическая анатомия и оперативная хирургия, кардиология, педиатрия, пульмонология, терапия, оториноларингология, онкология, патологическая анатомия. Из 44 научных публикаций

9 написано российскими учеными, 35 - зарубежными авторами. Исследуемые источники датируются промежутком времени от 1929 до 2023 гг. включительно. Для поиска информации использовались следующие научные базы данных: PubMed, Scopus, Web of Science, Europe PubMed Central, HubMed, eLibrary.ru, КиберЛенинка, Google Академия. Ключевыми словами в поиске выступали: каротидное тело, каротидный гломус, сонный гломус, carotid body, carotid glomus. Согласно международной анатомической номенклатуре, предметом настоящего исследования является морфология *glomus caroticum*. Однако этот термин (название) используются лишь в 70% источников, в остальных же публикациях можно встретить следующие термины: каротидный гломус (употребляется в отечественных литературных источниках наиболее часто), каротидный клубочек, каротидное тело, carotid glomus, carotid gland, intercarotid ganglion, paraganglion caroticum, ganglion exiguum, ganglion intercarotidicum, ganglion intercaroticum, ganglion minutum, ganglion parvum, glomeruli arteriosi intercarotici, glomus caroticum, glandula carotica, nodulus intercaroticus. Дополнительным условием отбора источников выступало то, что приоритет отдавался публикациям, освещающим гистологическое и ультраструктурное строение. Изучались как терминология каротидного клубочка, так и его морфологические особенности на разных уровнях организации, от макроскопического до гистологического и ультраструктурного строения как морфофункциональной единицы, так и отдельных клеток, в меньшей степени иннервация, кровоснабжение и функция.

Результаты и обсуждение. Каротидный гломус представляет собой парный хеморецепторный орган серого, серо-коричневого или красно-коричневого цвета, расположенный в обильно васкуляризированной рыхлой соединительной ткани, чаще всего, в углу, образованном при разделении общей сонной артерии на внутреннюю и наружную ветви [21-22]. Его усредненные размеры у взрослого человека составляют 5х2,5х1,5 мм [23]. Сред-

няя масса правого каротидного тела чуть больше левого и составляет - 12,9 мг, в то время как, левого - 11,3 мг. Общая масса каротидных телец варьируют от 1,9 до 47,4 мг, в среднем составляет 24,2 мг. Исследователями была выявлена высокая степень корреляции между массой правого и левого сонных клубочков ($r=0,78$; $p<0,01$) [24]. Чаще всего сонный гломус – это парное образование, но может встречаться его удвоенная вариация (имеется в виду расположение двух каротидных телец с одной стороны), либо одностороннее отсутствие органа. Что касается анатомической формы, то наиболее часто сонный клубочек имеет овоидную форму, но в литературе встречаются и следующие вариации: двудольная овоидная, в форме буквы «V», листовидная и узловатая, которая, однако, по мнению Khan и соавт. (1988) не может быть внесена в классификацию, т.к., скорее всего, обусловлена недостаточно тщательными выделением и препаровкой этого образования [25-26].

В большинстве литературных источников указывается на расположение каротидного гломуса в адвентиции, рядом с бифуркацией сонной артерии, однако, по мнению Maxwell et al. (цит. по Дружинину и Пизовой, 2012), а также некоторых хирургов, он расположен на периферии в тканях, примыкающих к адвентиции [27]. Волокна соединительной ткани, в которой располагается каротидный клубочек, формируют связку Майера, которая фиксирует его на сонной артерии, а также обеспечивает кровоснабжение и иннервацию органа, благодаря проходящим в связке гломусной артерии и нерву Геринга - ветви языкоглоточного нерва [2, 4, 28-30].

Гистологическое строение сонного гломуса

Каротидный клубочек относится к органам паренхиматозного типа. Его микротомографию можно увидеть ниже (рис. 1). Большинство авторов сходятся во мнении, что сонный гломус имеет собственную соединительную капсулу, тяжи которой разделяют орган на дольки [26, 28, 31-32]. В некоторых источниках отмечается, что из-за тесной связи капсулы с окружающей соединительной тканью ее сложно идентифицировать [4]. В тяжах залегают

сосуды и нервные пучки, являющиеся источниками кровоснабжения и иннервации долек органа. Дольки паренхимы сонного клубочка имеют округлую, овальную или слегка вытянутую форму в

поперечном сечении, их средняя величина у человека по данным литературы составляет 400 мкм [4, 26, 28, 31-32]. Схематичное изображение представлено ниже (рис. 2).

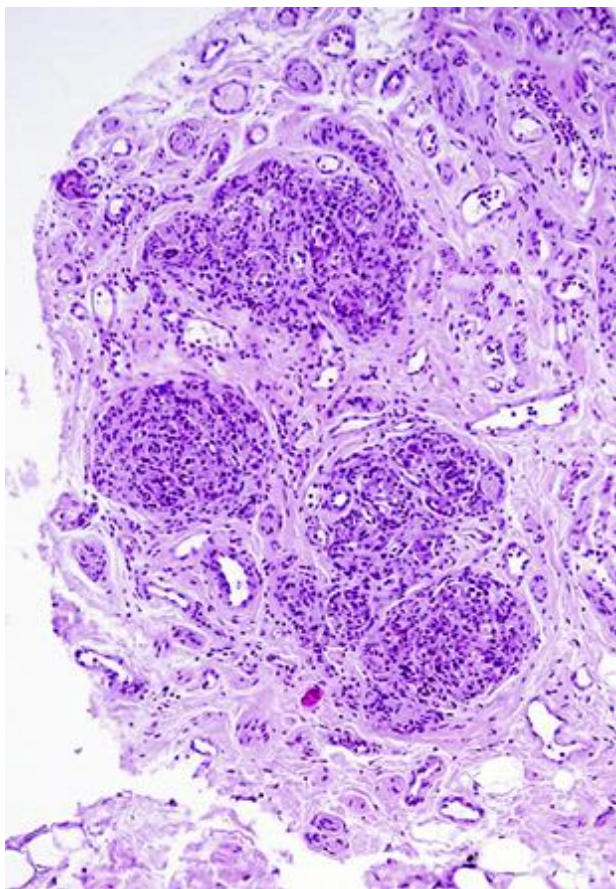


Рис. 1. Микропрепарат каротидного гломуса человека. Окр. гематоксилином и эозином. Ув.: x100

Каждая отдельно взятая долька сонного гломуса состоит из клеток двух типов: I тип, или главные клетки, II тип – поддерживающие. Кластер из нескольких клеток I типа, окруженных клетками II типа, является структурно-функциональной единицей органа и носит название «гломерула» [4, 33-35]. Между гломерулами в большом количестве располагаются нервные волокна, выходящие из междольковой стромы. Как правило, границы гломерулы четко определяются благодаря находящемуся на ее периферии слою удлиненных клеток II типа [4, 33]. Однако, имеются публикации, опровергающие легкую идентификацию структурно-

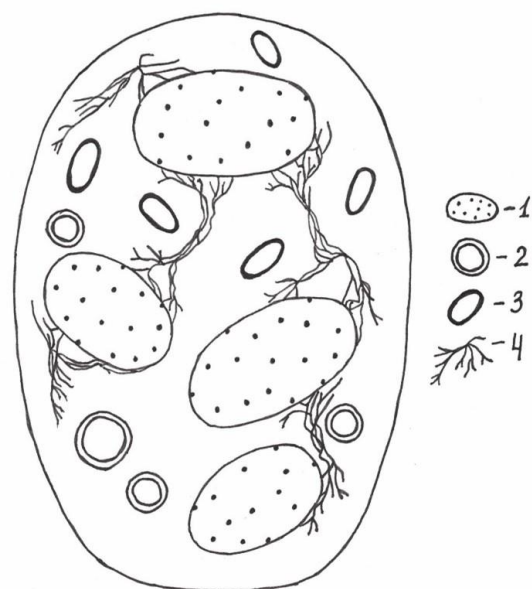


Рис. 2. Схема строения каротидного тела с изображением его составляющих. Обозн.: 1 - дольки органа 2 - междольковые клубочковые артерии 3 - тонкостенные вены 4 - пучки миелинизированных нервов

функциональной единицы по причине слабой эозинофилии цитоплазмы поддерживающих клеток [34]. Тонкие концевые разветвления нервных пучков проникают непосредственно в структурно-функциональную единицу, но перед входом они теряют свою миелиновую оболочку, что доказывается методом импрегнации серебром [34]. Так же в каротидном клубочке вне долек обнаруживаются ганглионарные нейроны и тучные клетки [35].

Клетки I типа в количестве 4-8 штук сплетены в клубок с переплетающимися нервными волокнами и тонкими капиллярными ветвями. При этом главные

клетки отделены от стенки капилляра отростками перицитов и поддерживающими клетками. При изучении клеток I типа на малом увеличении создается впечатление, что они имеют правильную округлую форму, но при дополнительном исследовании на большом увеличении становится понятно, что они имеют отростки, которые перекрываются телами других, окружающих их клеток, что и затрудняет интерпретацию [36]. Тела главных клеток удлиненной формы, их отростки могут превосходить по своей длине диаметр тела до трех раз. Клетки I типа характеризуются относительно крупными яйцевидной формы ядрами с хорошо выраженными 1-3 ядрышками, а также обильной светлой цитоплазмой. Отличительной особенностью клеток данного типа является наличие цитоплазматических гранул двух типов: регулярных и нерегулярных. Регулярные имеют одинаковую сферическую форму и, в среднем, диаметр 0,13 мкм [32, 35-36]. Для сравнения, авторы, изучавшие гранулы клеток у животных, пишут о значительной вариабельности их размеров: от 0,035 до 0,19 мкм [37-39]. Установлено, что они содержат дофамин и несколько других нейротрансмиттеров, что дает возможность идентифицировать клетки I типа с помощью иммуногистохимического исследования антителами тирозингидроксилазы [22]. В цитоплазме главных клеток также обнаруживаются нерегулярные включения диаметром от 0,5 до 1 мкм. Наиболее вероятно, некоторые из этих включений являются производными липидов. Такие нерегулярные включения однородны и плохо отграничены от цитоплазмы. Другие нерегулярные включения, состоящие из плотных комочков и пластинок, хорошо отграничены от цитоплазмы, представляют собой производные липофусцина. Главные клетки имеют хорошо развитые комплекс Гольджи и эндоплазматический ретикулум, который может напоминать вещество Ниссля в ганглиозных клетках, в них обнаруживается большое количество митохондрий размером 0,2 x 1,3 мкм [36]. Клетки I типа контактируют друг с другом посредством синапсов. Эти клетки ведут себя как пресинаптические нейросекреторные элементы,

содержащие широкий спектр нейротрансмиттеров и нейромодуляторов (АТФ, аденозин, дофамин, ацетилхолин, серотонин, ГАМК, гистамин, опиоиды, вещество Р, вазоактивный интестинальный пептид, эндотелин-1 и ангиотензин II), которые хранятся в основном в секреторных везикулах и высвобождаются в результате экзоцитоза [22, 40].

Среди главных клеток каротидного гломуса человека принята классификация, разделяющая их на «темные», или D-субтип, и «светлые» - L-субтип. Это разделение основано на том, что темные клетки имеют более электронноплотную гиалоплазму, большее количество рибосом и секреторных гранул. D-субтип составляет около 5-20% от общего числа клеток дольки каротидного гломуса [32, 35-36]. Однако, следует отметить, что такое разделение оспаривалось некоторыми исследователями. Это связано со взглядами о ненадежности оценки электронной плотности гиалоплазмы из-за, как уже указывалось, большой склонности ткани к появлению артефактов при изготовлении препарата [40], а также обнаружения того факта, что, например, темные клетки могут содержать меньше секреторных гранул, чем светлые. Этот факт был установлен при изучении клеток гломуса у кошек [41]. В литературе встречается попытка классификации клеток первого типа на А и В субтипы, опирающаяся на диаметр секреторных гранул [28].

Клетки II типа имеют неправильную, уплощенную или иногда треугольную форму и располагаются, преимущественно, на периферии гломерулы, хотя некоторые из них и обнаруживаются в ее центре. Они меньшего размера чем клетки I типа, их также меньше и по количеству. Своими длинными, тонкими, ветвящимися отростками поддерживающие клетки окружают главные, а иногда сдавливают своим телом их цитоплазму. Отростки клеток по длине значительно превышают размер клетки. Следует отметить, что клетки II типа не полностью окружают клетки I типа, имеются промежутки для прямого их контакта с базальной мембраной капилляра. Размер ядра вариабелен, в среднем составляет 13x4 мкм, его форма

может быть овоидной, палочковидной или треугольной. Из-за тонкости и слабой эозинофилии цитоплазма трудно определяется, сливаясь с окружающей соединительной тканью. В цитоплазме отмечается малое количество органелл: немногочисленные митохондрии и рибосомы, преимущественно расположенные рядом с ядром, слабо развитый аппарат Гольджи, редкие трубочки шероховатого эндоплазматического ретикулума, а также более заметный, принимающий завитую конфигурацию «отпечатка пальца» гладкий ретикулум [36]. В большинстве источников указывается, что клетки II типа между собой и с другими клетками соединены контактами по типу десмосом [4, 22, 26, 35-36], однако существуют публикации, авторы которых пишут об отсутствии между клетками десмосомоподобных соединений [39]. Поддерживающие клетки идентифицированы как мультипотентные стволовые клетки, которые поддерживают регенерацию каротидного клубочка в условиях хронической гипоксии [42]. Клетки II типа можно иммуногистохимически окрашивать антителами к глиальному фибриллярному белку (GFAP) [35-36, 39], использование этих антител позволяет их достоверно дифференцировать от главных клеток.

В литературе встречаются данные о третьем типе клеток – «пикнотических» или «прогениторных». Первый термин был введен в употребление по причине наличия у этих клеток маленького, темного ядра, напоминающего таковое при пикнозе. Однако его ошибочность стала ясна после применения электронной микроскопии, которая показала, что эта клетка несмотря на то, что и имеет плотное ядро, но еще содержит большое количество везикул и митохондрий, а следовательно, далека от истощения [4].

По отношению в этому типу клеток, как было указано ранее, также использован термин «прогениторная» или «клетка-предшественник». Термин был введен в 1990 году Heath и отражал теорию о том, что этот вариант клетки является молодой незрелой формой главных клеток, дающей начало главным и поддерживающим [4]. Ядро прогениторной клетки

маленькое, в среднем 4 мкм в диаметре, интенсивно и равномерно окрашивается гематоксилином. Оно чаще всего располагается на одном из полюсов цитоплазмы. Цитоплазма этого субтипа клеток менее объемна, чем у главных клеток. Прогениторные клетки, чаще всего, имеют овальную форму, но могут быть и уплощенными. Редко встречающиеся цитоплазматические вакуоли в них маленького размера, они практически незаметны [4, 43]. Однако в дальнейшем исследователи обратили внимание на тот факт, что данный тип клеток обнаруживается только у человека и может быть результатом посмертных изменений. В этих же работах указывается, что выделение светлых, темных и пикнотических подтипов клеток сонного клубочка у человека являются артефактом и они не могут быть использованы в клинической практике для изучения характеристик различных заболеваний [44].

Сонный клубочек очень хорошо кровоснабжается, капилляры в его составе имеют просвет около 7 мкм в диаметре. На поперечном срезе они выстланы тремя и более эндотелиальными клетками. Некоторые сосуды частично покрыты перицитами, тогда как более крупные сосуды окружены слоем гладкомышечных волокон. Слой уплощенного эндотелия переменной толщины. У перицитов обнаруживаются отростки, которые выступают из эндотелиальной части клеток. Факт наличия фенестр размером 400-700 Å у выстилающих капилляры эндотелиальных клеток свидетельствует о сходном его строении с органами эндокринной системы. Следовательно, между просветом капилляра и главной клеткой существует барьер из фенестрированного эндотелия, базальной мембраны, перицитов, соединительной ткани [35-36]. Можно предположить, что местно происходит регулирование проницаемости данного барьера с участием тучных клеток. Об этом свидетельствует факт обнаружения этих клеток в околососудистом интерстиции [34].

Данные о гистологических возрастных изменениях в каротидном гломусе малочисленны. Отмечается, что у лиц детского возраста дольки гломуса одинакового размера, расположены близко друг к

другу, в то время как с возрастом становится тяжелее дифференцировать стромальную оболочку органа от окружающей его соединительной ткани. Также отмечается увеличение объема соединительной ткани в теле сонного клубочка. Чем старше человек, тем более широкими становятся коллагеновые бесклеточные пучки между дольками, отдаляя их друг от друга, дольки приобретают неправильные очертания, их разница по величине и форме увеличивается, появляется большая размерная вариабельность. Это объясняется процессом компенсаторной гипертрофии одних долек в ответ на атрофию других [4, 22].

Заключение. Несмотря на то, что впервые каротидный гломус был описан Hartvig Taube в 1743 году, его гистологическое строение остается актуальной темой для дальнейших исследований и требует большего внимания со стороны научного биомедицинского сообщества. Необходимо отметить, что среди отечественных исследователей каротидный гломус вызывает больший интерес лишь у клиницистов, а публикации о гистологическом строении были написаны уже много лет назад и преимущественно иностранными авторами.

Анализ литературных данных о строении сонного гломуса на макроскопическом уровне предоставил возможность описать вариабельность числа, симметричность расположения, а также формы данного органа. Световая микроскопия позволяет отнести его к органам паренхиматозного типа строения с наличием структурно-функциональной единицы - гломерулы. Описание иммуногистохимических исследований помогло верифицировать клетки паренхимы и классифицировать их на два типа, а данные ультра-

структурного анализа помогли сформировать представление о содержимом этих клеток и их межклеточных взаимодействиях. На основе этих данных базируется актуальность дальнейшего изучения возрастных и реактивных изменений каротидного гломуса, а также его роли в развитии артериальной гипертензии, бронхиальной астмы, хронической обструктивной болезни легких, опухолей головы и шеи и других, связанных с его функцией, патологических процессов. Кроме того, оценка реактивных изменений тканей сонного клубочка на острую и хроническую гипоксию может стать важным маркером в судебной медицине при установлении причин смерти. Исследования в этой области могут предложить новые перспективы для развития медицины и повысить эффективность терапии пациентов с заболеваниями сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной систем, а для этого необходимо уточнить некоторые ключевые моменты его строения: морфологию поддерживающих клеток второго типа, более детально рассмотреть типы межклеточных контактов в гломеруле, решить классификационные проблемы в описании главных клеток. Во всем этом можно разобраться с помощью современной электронной микроскопии и иммуногистохимии. Особо хотелось отметить отсутствие сравнительного морфологического анализа реактивных и возрастных изменений структур гломуса. Дальнейшее изучение особенностей кровоснабжения и связи сосудов с клетками гломуса, в будущем, возможно, позволит отнести данный орган к нейрогемальным. Гистологическое строение каротидного гломуса является актуальной темой для дальнейших исследований и требует большего внимания со стороны морфологов.

Литература References

1. De Castro F. Über die Struktur und Innervation des Glomus caroticum beim Menschen und bei den Säugetieren. *Z. Anat. Entwicklungsgesch.* 1929;89:250-265. <https://doi.org/10.1007/BF02117960>
2. De Castro F. Towards the sensory nature of the carotid body: Hering, De Castro and Heymans. *Front. Neuroanat.* 2009;3:23. <https://doi.org/10.3389/neuro.05.023.2009>
3. Heymans C, Bouckaert JJ. Les Chémo-récepteurs du Sinus Carotidien. *Ergebnisse der Physiologie und exper. Pharmakologie* 41. 1939;28-55. <https://doi.org/10.1007/BF02322410>
4. Heath D. *Diseases of the human carotid body*. London: Springer-Verlag, 1992. – P.: 7-43
5. Chernyavsky MA, Komakha BB, Zherdev NN et al. Annual results of carotid angioplasty with stenting and carotid endarterectomy. *Russ. Jour. of Card. and Cardiovasc. Surg.* 2021;14(6):518-524. <https://doi.org/10.17116/kardio202114061518>

6. Sukhareva AV, Raikonen VA, Lenskaya SV et al. Carotid endarterectomy in Russia. What if current guidelines do not answer difficult questions? *Russian Journal of Cardiology*. 2023;28(1):5293. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2023-5293>
7. Setacci C, Sterpetti A, de Donato G. Introduction: Carotid endarterectomy versus carotid stenting-A never-ending story. *Semin Vasc Surg*. 2018;31(1):1-3. <https://doi.org/10.1053/j.semvascsurg.2018.03.001>
8. Noiphithak R, Liengudom A. Recent Update on Carotid Endarterectomy versus Carotid Artery Stenting. *Cerebrovasc Dis*. 2017;43(1-2):68-75. <https://doi.org/10.1159/000453282>
9. Pávai Z, Tőro K, Keller E et al. Morphometric investigation of carotid body in sudden infant death syndrome. *Rom J Morphol Embryol*. 2005;46(2):93-97. <https://doi.org/10.1007/s10517-020-04807-8>
10. Porzionato A, Macchi V, Parenti A et al. Peripheral chemoreceptors: Postnatal development and cytochemical findings in sudden infant death syndrome. *Histol. Histopathol*. 2008;23(3):351-365. <https://doi.org/10.14670/HH-23.351>
11. Porzionato A, Macchi V, Stecco C et al. The carotid body in Sudden Infant Death Syndrome. *Respir. Physiol. Neurobiol*. 2013;185(1):194-201. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2012.05.013>
12. Porzionato A, Macchi V, De Caro R. Central and peripheral chemoreceptors in sudden infant death syndrome. *J Physiol*. 2018;596(15):3007-3019. <https://doi.org/10.1113/JP274355>
13. Byers BW, Fuhr DP, Moore LE et al. The effect of pulmonary rehabilitation on carotid chemoreceptor activity and sensitivity in chronic obstructive pulmonary disease. *J Appl Physiol*. 2019;127(5):1278-1287. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00799.2018>
14. Reznikov LR. PKCε sensing in the carotid body - a new target for asthma? *J Physiol*. 2021;599(4):1007-1008. <https://doi.org/10.1113/JP281080>
15. Jendzjowsky NG, Roy A, Barioni NO et al. Preventing acute asthmatic symptoms by targeting a neuronal mechanism involving carotid body lysophosphatidic acid receptors. *Nat Commun*. 2018;9(1):4023-4030. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-06189-y>
16. Georgiadis GS, Lazarides MK, Tsalkidis A et al. Carotid body tumor in a 13-year-old child: Case report and review of the literature. *J Vasc Surg*. 2008;47(4):874-880. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2007.10.040>
17. Fan D, Luster S, Eid IG et al. A multidisciplinary approach to carotid body tumors surgical management. *J Surg Case Rep*. 2020;2020(3):rjaa030. <https://doi.org/10.1093/jscr/rjaa030>
18. Ikeda A, Shiga K, Katagiri K et al. Multi-institutional survey of carotid body tumors in Japan. *Oncol Lett*. 2018;15(4):5318-5324. <https://doi.org/10.3892/ol.2018.7925>
19. Moore MG, Netherville JL, Mendenhall WM et al. Head and Neck Paragangliomas: An Update on Evaluation and Management. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2016;154(4):597-605. <https://doi.org/10.1177/0194599815627667>
20. Otlýga DA, Yuneman OA, Tsvetkova EG, Savel'ev SV. Funktsional'naya morfologiya somnogo glomusa cheloveka. *Klinicheskaya i eksperimental'naya morfologiya*. 2019;8(3):13-20. In Russian. <https://doi.org/10.31088/CEM2019.8.3.13-20>
21. Heath D. The human carotid body. *Thorax*. 1983;38(8):561-564. <https://doi.org/10.1136/thx.38.8.561>
22. Ortega-Sáenz P, López-Barneo J. Physiology of the Carotid Body: From Molecules to Disease. *Annu Rev Physiol*. 2020;82:127-149. <https://doi.org/10.1146/annurev-physiol-020518-114427>
23. Di Giulio C. Ageing of the carotid body. *J Physiol*. 2018; 596(15):3021-3027. <https://doi.org/10.1113/JP275300>
24. Heath D, Edwards C, Harris P. Post-mortem size and structure of the human carotid body. *Thorax*. 1970;25(2):129-140. <https://doi.org/10.1136/thx.25.2.129>
25. Khan Q, Heath D, Smith P. Anatomical variations in human carotid bodies. *J Clin Pathol*. 1988;41(11):1196-1199. <https://doi.org/10.1136/jcp.41.11.1196>
26. Smith P, Jago R, Heath D. Anatomical variation and quantitative histology of the normal and enlarged carotid body. *J Pathol*. 1982;137(4):287-304. <https://doi.org/10.1002/path.1711370404>
27. Druzhinin DS, Pizova NV. Karotidnaya khemodektoma: differentsial'naya diagnostika po dannym ul'trazvukovogo issledovaniya. *Opukholi golovy i shchi*. 2012;(1):46-50. In Russian. <https://doi.org/10.17650/2222-1468-2012-0-1-46-50>
28. Frederick G, Zak MD, Lawson W. The paraganglionic chemoreceptor system: physiology, pathology and clinical medicine. New York: Springer-Verlag, 1982.- 583pp
29. Jago R, Heath D, Smith P. Structure of the glomic arteries. *J Pathol*. 1982;138(3):205-218. <https://doi.org/10.1002/path.1711380303>
30. Biscoe TJ. Carotid body: structure and function. *Physiol Rev*. 1971;51(3):437-495. <https://doi.org/10.1152/physrev.1971.51.3.437>
31. Karnachow Pn. The Carotid Body: A Pathologist's View. *Can Med Assoc J*. 1965;19:92(25):1298-1302
32. De Kock LL. Histology of the carotid body. *Nature*. 1951;167(4250):611-622. <https://doi.org/10.1038/167611b0>
33. Heath D, Edwards C, Harris P. Post-mortem size and structure of the human carotid body. *Thorax*. 1970;25(2):129-140. <https://doi.org/10.1136/thx.25.2.129>
34. De Kock LL. The intra-glomerular tissues of the carotid body. *Acta Anat (Basel)*. 1954;21(2):101-116. <https://doi.org/10.1159/000140922>
35. Heath D, Lowe P, Smith P. Mast cells in the human carotid body. *J Clin Pathol*. 1987;40(1):9-12. <https://doi.org/10.1136/jcp.40.1.9>
36. Grimley PM, Glenner GG. Ultrastructure of the human carotid body. A perspective on the mode of chemoreception. *Circulation*. 1968;37(4):648-665. <https://doi.org/10.1161/01.cir.37.4.648>
37. Biscoe TJ, Stehens WE. Ultrastructure of the carotid body. *J Cell Biol*. 1966;30(3):563-578. <https://doi.org/10.1083/jcb.30.3.563>
38. Ross LL. Electron microscopic observations of the carotid body of the cat. *J Biophys Biochem Cytol*. 1959;6(2):253-262. <https://doi.org/10.1083/jcb.6.2.253>
39. Lever JD, Lewis PR, Boyd JD. Observations on the fine structure and histochemistry of the carotid body in the cat and rabbit. *J Anat*. 1959;93(4):478-490
40. McDonald DM, Mitchell RA. The innervation of glomus cells, ganglion cells and blood vessels in the rat carotid body: a quantitative ultrastructural analysis. *Journal of Neurocytology*. 1975;(4):177-230. <https://doi.org/10.1007/BF01098781>
41. Abbott CP, De Burgh Daly M, Howe A. Early ultrastructural changes in the carotid body after degenerative section of the carotid sinus nerve in the cat. *Acta Anat (Basel)*. 1972;83(2):161-185. <https://doi.org/10.1159/000143857>
42. Pardal R, Ortega-Sáenz P, Durán R et al. Glia-like stem cells sustain physiologic neurogenesis in the adult mammalian carotid body. *Cell*. 2007;131(2):364-377. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2007.07.043>
43. Otlýga DA, Junemann OA, Tsvetkova EG et al. Immunohistochemical features of the human carotid body. *Clin. exp. morphology*. 2020;9(3):61-67 <https://doi.org/10.31088/CEM2020.9.3.61-67>
44. Otlýga D, Tsvetkova E, Junemann O et al. Immunohistochemical Characteristics of the Human Carotid Body in the Antenatal and Postnatal Periods of Development. *Int J Mol Sci*. 2021;22(15):8222. <https://doi.org/10.3390/ijms22158222>

Авторы заявляют об отсутствии каких-либо конфликтов интересов при планировании, выполнении, финансировании и использовании результатов настоящего исследования

The authors declare that they have no any conflicts of interest in the planning, implementation, financing and use of the results of this study

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ганина Елена Сергеевна, ведущий специалист учебно-исследовательской лаборатории «Морфология», аспирант кафедры гистологии и эмбриологии, Самарский государственный медицинский университет, Самара, Россия; **e-mail: e.s.ganina@samsmu.ru**

Григорьева Юлия Владимировна, доцент, доктор медицинских наук, профессор кафедры гистологии и эмбриологии, Самарский государственный медицинский университет, Самара, Россия; **e-mail: yu.v.grigoreva@samsmu.ru**

Суворова Галина Николаевна, профессор, доктор биологических наук, заведующая кафедрой гистологии и эмбриологии, Самарский государственный медицинский университет, Самара, Россия; **e-mail: g.n.suvorova@samsmu.ru**

Корнилов Вадим Дмитриевич, директор учебно-исследовательской лаборатории «Морфология», аспирант кафедры анатомии человека, Самарский государственный медицинский университет, Самара, Россия; **e-mail: v.d.kornilov@samsmu.ru**

Темников Владимир Игоревич, врач-патологоанатом, Тольяттинская городская клиническая больница №5, Тольятти, Россия; **e-mail: v.d.kornilov@samsmu.ru**

Севрюкова Виктория Николаевна, аспирант кафедры факультетской хирургии, Самарский государственный медицинский университет, Самара, Россия; **e-mail: vika_s24@mail.ru**

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Elena S. Ganina, Leading Specialist of the «Morphology» teaching and research Laboratory, Aspirantin of the Histology and Embryology Department, Samara State Medical University, Samara, Russia; **e-mail: e.s.ganina@samsmu.ru**

Yuliya V. Grigor'eva, Docent, Doctor of Medical Sciences, Professor of the Histology and Embryology Department, Samara State Medical University, Samara, Russia; **e-mail: yu.v.grigoreva@samsmu.ru**

Galina N. Suvorova, Professor, Doctor of Biological Sciences, Head of the Histology and Embryology Department, Samara State Medical University, Samara, Russia; **e-mail: g.n.suvorova@samsmu.ru**

Vadim D. Kornilov, Director of the «Morphology» teaching and research Laboratory, Aspirantin of the Human Anatomy Department, Samara State Medical University, Samara, Russia; **e-mail: v.d.kornilov@samsmu.ru**

Vladimir I. Temnikov, Pathologist, Tolyatti City Clinical Hospital № 5, Tolyatti, Russia; **e-mail: v.d.kornilov@samsmu.ru**

Victoria N. Sevryukova, Aspirantin of the Faculty Surgery Department, Samara State Medical University, Samara, Russia; **e-mail: vika_s24@mail.ru**