

Е. В. Кулякин¹, П. А. Затолока³, С. А. Семёнов¹, М. Л. Пивоваров²,
М. А. Криштопова²

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПОСТНАЗАЛЬНОГО СИНДРОМА, ОБУСЛОВЛЕННОГО ВАЗОМОТОРНЫМ РИНИТОМ

Витебская городская клиническая больница скорой медицинской помощи¹,
УО «Витебский государственный медицинский университет»²,
УО «Белорусский государственный медицинский университет»³

Метод лазерной фотокоагуляции периферических ветвей Видиева нерва осуществляется эндоскопически с помощью эндоназального доступа. Однако эндоскопические ориентиры для локализации периферических ветвей Видиева нерва недостаточно хорошо описаны. Представленное исследование было направлено на создание и анализ трехмерных моделей полости носа для изучения анатомии периферических ветвей Видиева нерва и определения эндоскопического эндоназального доступа при лазерной фотокоагуляции периферических ветвей Видиева нерва с использованием трехмерной реконструкции сканированных изображений компьютерной томографии (РКТ). Целью данного исследования было создание и анализ трехмерных моделей полости носа для определения эндоскопического эндоназального доступа при лазерной фотокоагуляции дистальных ветвей Видиева нерва.

Материалы и методы. Проспективно оценивали рентгеновские компьютерные томограммы носа и околоносовых синусов у 12 пациентов. Морфология клиновидно-небного отверстия, задних отделов среднего носового хода, место прикрепления нижних носовых раковин к латеральной стенке полости носа, область решетчатого гребня (*crista ethmoidalis*) перпендикулярной пластинки небной кости, а также пространственные отношения между ними были измерены на трехмерной модели и определён эндоскопический эндоназальный доступ при лазерной фотокоагуляции периферических ветвей Видиева нерва.

Результаты. Среднее расстояние между решетчатым гребнем (*crista ethmoidalis*) и задним концом нижней носовой раковины составило $0,5 \pm 0,2$ см – условная горизонтальная линия. Среднее расстояние от клиновидно-небного отверстия до заднего конца нижней носовой раковины составило $0,7 \pm 0,1$ см – условная диагональная линия. Точка пересечения этих линий соответствовала месту выхода дистальных ветвей Видиева нерва. Диаметр клиновидно-небного отверстия $0,3 \pm 0,1$ см.

Выводы. Эндоскопический эндоназальный доступ при лазерной фотокоагуляции периферических ветвей Видиева нерва будет выполняться с большей точностью и безопасностью благодаря пониманию пространственных отношений между решетчатым гребнем перпендикулярной пластинки небной кости и задним концом нижней носовой раковины, а также клиновидно-небным отверстием и задним концом нижней носовой раковины.

Ключевые слова: планирование операции, 3D-печать, лазерный аппарат, вазомоторный ринит, постназальный синдром.

E. V. Kuliakin, P. A. Zatoloka, S. A. Semenov, M. L. Pivovarov, M. A. Kryshchtopava

3D MODELING IN PLANNING SURGICAL TREATMENT OF POSTNASAL DRIP BY VASOMOTOR RHINITIS

The method of laser photocoagulation of the peripheral branches of the Vidian nerve is carried out endoscopically using an endonasal approach. However, endoscopic landmarks for localizing the peripheral branches of the vidian nerve are not well described. This study was aimed at creating and analyzing three-dimensional models of the nasal cavity to study the anatomy of the peripheral branches of the Vidian nerve and to determine the endoscopic endonasal approach during laser photocoagulation of the peripheral branches of the Vidian nerve using three-dimensional reconstruction of scanned images of computed tomography.

The aim of this study was to create and analyze three-dimensional models of the nasal cavity to determine endoscopic endonasal access during laser photocoagulation of the distal branches of the vidian nerve.

Materials and methods. X-ray computed tomograms of the nose and paranasal sinuses of 12 patients were prospectively evaluated. The morphology of the wedge-palatine foramen, posterior parts of the middle nasal passage, the place of attachment of the inferior turbinates to the lateral wall of the nasal cavity, the region of the ethmoidal crest (crista ethmoidalis) of the perpendicular plate of the palatine bone, as well as the spatial relationships between them were measured on a three-dimensional model and the endoscopic endonasal access with laser photocoagulation of the peripheral branches of the vidian nerve.

Results. The average distance between the ethmoidal crest (crista ethmoidalis) and the posterior end of the inferior turbinate was 0.5 ± 0.2 cm – a conditional horizontal line. The average distance from the wedge-palatine foramen to the posterior end of the inferior turbinate was 0.7 ± 0.1 cm – a conditional diagonal line. The point of intersection of these lines corresponded to the exit point of the distal branches of the Vidian nerve. The diameter of the wedge-palatine opening is 0.3 ± 0.1 cm.

Conclusions. Endoscopic endonasal access with laser photocoagulation of the peripheral branches of the vidian nerve will be performed with greater accuracy and safety by understanding the spatial relationship between the ethmoid crest of the perpendicular plate of the palatine bone and the posterior end of the inferior turbinate, as well as the wedge-palatine foramen and the posterior end of the inferior turbinate.

Key words: surgery planning, 3D printing, laser apparatus, vasomotor rhinitis, postnasal drip.

Информация о соблюдении этических норм при проведении исследований и подготовке рукописи: Исследование одобрено этическим комитетом УЗ «Витебская городская клиническая больница скорой медицинской помощи».

Видиев нерв образован слиянием глубокого каменистого нерва, берущего свое начало от симпатического сонного сплетения, и большого каменистого нерва, парасимпатической ветви лицевого нерва. Видиев нерв проходит через крылонебный канал до крыловидно-нёбной ямки, где его парасимпатическая часть соединяется с синапсами в крылонебном ганглии. Дистальные (постганглионарные) ветви Видиева нерва выходят в полость носа через клиновидно-нёбное отверстие, обеспечивая иннервацию слизистой оболочки носа, неба, а также слезной железы.

Хронический вазомоторный ринит характеризуется ринореей, заложенностью носа, и постназальным синдромом. Ощущение скопления слизи в задних отделах полости носа и стекания ее по задней стенке глотки – постназальный синдром, существенно снижает качество жизни большого числа людей [1]. В последние годы отмечен значительный рост распространенности данной патологии [1]. Клиническая картина постназального синдрома (кашель, одышка, хрипы в легких при аускультации) обусловлена стеканием назального секрета в глотку и гортань. Для лечения

постназального синдрома традиционно применяют орошение полости носа и глотки солевыми растворами, что в большей степени является симптоматическим, а не патогенетическим методом лечения. Основным методом медикаментозного лечения постназального синдрома является применение интраназальных глюкокортикостероидов. Консервативное лечение, включающее терапию интраназальными глюкокортикостероидами, проводится при первичном постназальном синдроме с длительностью проявлений менее 4 месяцев. При отсутствии улучшения, а также пациентам с более длительным анамнезом заболевания, рекомендовано хирургическое лечение, направленное на изменение маршрутов мукоцилиарного транспорта в задних отделах полости носа и носоглотке [2, 3]. С одинаковой степенью эффективности проводятся биполярная коагуляция или шейверная резекция задних концов нижних носовых раковин [2, 3].

У пациентов с постназальным синдромом, обусловленным вазомоторным ринитом, наблюдается дисфункция вегетативной (автономной) нервной системы [4]. Основное внимание при хирургическом лечении постназального синдрома должно уделяться воздействию на вегетативную иннервацию полости носа – Видиев нерв (видианотомию). Нейрэктомия Видиева нерва выполняется при хроническом рините, клиновидно-нёбной невралгии

и синдроме «крокодиловых слез» (синдром Богорада) [2, 5]. Экспериментально-физиологические и клинические исследования последствий раздражения или перерезки большого каменистого и Видиева нервов [5] выявили существенные изменения слизистой оболочки полости носа и околоносовых пазух: при перерезке большого каменистого нерва она становилась красной, сухой и блестящей, а при его стимуляции появлялись отечность и выраженное выделение носового секрета; при стимуляции Видиева нерва увеличивалась секреторная активность желез, происходила дилатация вен и дегрануляция тучных клеток с высвобождением гистамина – все это было расценено авторами как доказательство парасимпатической природы обоих нервов и послужило обоснованием для видианомии при полипозных риносинуситах [5].

Хирургический доступ при нейрэктомии Видиева нерва затруднен из-за анатомической варибельности расположения крыловидного канала. Так положение Видиева канала зависит от пневматизации клиновидных пазух: когда они широкие, Видиев нерв может выступать в клиновидные пазухи частично (на дне клиновидных пазух, разделенных тонким слоем кости) или полностью [6, 7]. В этих случаях наиболее адекватным является трансфеноидальный доступ, так как он позволяет хирургу напрямую добраться до Видиевого нерва или легко определить его положение. В случае, если Видиев нерв не выступает в пазухи клиновидной кости, предлагается антероградный доступ через крыло-небно-небную ямку на выходе из Видиева канала; однако этот тип вмешательства труднее выполнить и повышает риск повреждения клиновидно-небной артерии с последующим кровотечением [6, 7]. Следовательно, особенности анатомического расположения Видиевого канала представляют особый интерес в хирургической практике. В различных исследованиях изучали особенности анатомического расположения Видиевого канала [6, 7]. Были предложены различные доступы для нейрэктомии Видиева нерва, из которых

наиболее частым является трансназальный [7]. Канал Видиева нерва может быть достигнут двумя разными путями: через клиновидные пазухи [6] или в крыловидно-небную ямку через верхнечелюстной доступ [7]. Эти два доступа имеют как преимущества, так и недостатки, и их выбор строго связан с анатомическими характеристиками канала Видиева нерва. Методы хирургического воздействия на Видиев нерв инвазивны и сопровождаются развитием послеоперационных осложнений таких как развитие «сухого ринита», «сухого» глаза и в настоящее время применение данных методик ограничено.

Нами предложен малоинвазивный метод хирургического лечения постназального синдрома, обусловленного вазомоторным ринитом: лазерная фотокоагуляция нижних носовых раковин и дистальных ветвей Видиева нерва [3]. Однако эндоскопические ориентиры для локализации периферических ветвей Видиева нерва недостаточно хорошо описаны.

Современные методы визуализации – важный компонент предоперационного планирования, в том числе в ЛОР-хирургии. Используя персонализированную 3D-модель в качестве шаблона, есть возможность отработать оптимальный доступ, изучить анатомические особенности строения органа. В основу 3D-печати заложены принципы создания объемного изделия путем его послойного наращивания. Эффективность операции на 3D-модели достигается за счет полной идентичности зоны хирургического интереса с органами пациента в масштабе 1:1. Среди недостатков метода следует отметить относительную дороговизну и достаточное длительное время, необходимое для создания 3D-модели.

Цель исследования

Создание и анализ трехмерных моделей полости носа для определения эндоскопического эндоназального доступа при лазерной фотокоагуляции дистальных ветвей Видиева нерва.

Материалы и методы

Перспективно оценивали результаты рентгеновской компьютерной томографии (РКТ) лицевого черепа 12 пациентов, которым в последующем выполнялась лазерная фотокоагуляция нижних носовых раковин и дистальных ветвей Видиева нерва. Критериями включения в исследование были: хронический вазомоторный ринит с постназальным синдромом рефрактерный к стандартной медикаментозной терапии; пол – мужчин 7 (58 %) и женщин 5 (42 %); возраст – от 18 до 66 лет, в среднем $49 \pm 4,7$ лет; отсутствие каких-либо жалоб на состояние здоровья (кроме соответствующих хроническому вазомоторному риниту с постназальным синдромом), острых или хронических заболеваний других органов, что подтверждалось регулярными комплексными профилактическими медицинскими осмотрами; добровольное информированное согласие на участие в исследовании. Критериями исключения были: отказ от участия в исследовании; наличие жалоб на состояние здоровья (кроме соответствующих хроническому вазомоторному риниту с постназальным синдромом); острые или хронические заболевания; периодический или постоянный прием каких-либо лекарственных средств; злоупотребление алкогольными напитками; курение. Существенной разницы в возрасте между полами не было ($p < 0,05$). Это исследование было одобрено этическим комитетом УЗ «Витебская городская клиническая больница скорой медицинской помощи».

Сканирование РКТ лицевого черепа выполняли в срезах с шагом 1,25 мм с помощью компьютерного томографа (GE Lightspeed Pro 32, Чикаго, США). Процесс изготовления медицинской 3D-модели для планирования операции состоял из нескольких этапов. На первом этапе формировали набор медицинских изображений, которые получили при РКТ лицевого черепа и сохраняли в виде 2D-срезов в формате данных DICOM. Вторым этапом полученные 2D-изображения в DICOM-форма-

те подвергали обработке. Осевые виды были изучены одним наблюдателем, слой за слоем, и аксиальные реконструкции были модифицированы и созданы анатомически точные компьютерные 3D-модели с помощью программного обеспечения InVesalius 3.1 (Tridimensional Technology Division, Brazil) и Meshmixer (Autodesk Inc, США). Третьим этапом создавалась трехмерная реконструкция и компьютерная 3D-модель печаталась на принтере (рис. 1, 2, 3). Четвертым этапом на готовой трехмерной модели изучалась морфология основно-небного отверстия, дистальных ветвей Видиева нерва, нижней и средней носовой раковины, а также изучались пространственные отношения между ними и определялся эндоскопический эндоназальный доступ при лазерной фотокоагуляции дистальных ветвей Видиева нерва (рис. 4).

Метод лазерной фотокоагуляции дистальных ветвей Видиева нерва осуществляется эндоскопически с помощью эндоназального доступа. Лазерная фотокоагуляция проводилась импульсным лазером на основе полупроводниковых излучателей с длиной волны 1560 нм (аппарат «Медиола-компакт», Беларусь). Под контролем эндоскопа выполняли точечную внутрислизистую коагуляцию дистальных ветвей Видиева нерва (выходная мощность 10 Вт). Эндоскопические ориентиры для локализации места выхода дистальных ветвей Видиева нерва определяли по области задних отделов среднего носового хода в месте прикрепления нижней носовой раковины к латеральной стенке полости носа по направлению кзади до области решетчатого гребня (*crista ethmoidalis*) перпендикулярной пластинки небной кости.

Статистические сравнения проводились с использованием t-критерия. Корреляции Пирсона применялись для определения взаимосвязи расстояний между клиновидно-небным отверстием, задними отделами среднего носового хода, местом прикрепления нижних носовых раковин к латеральной стенке поло-

сти носа, области решетчатого гребня (*crista ethmoidalis*) перпендикулярной пластинки небной кости. Значение p равное или менее 0,05 считалось значимым.

Результаты и обсуждение

Было создано двенадцать 3D-моделей структур полости носа, и каждая структура (клиновидно-небное отверстие, задние отделы среднего носового хода, место прикрепления нижней носовой раковины к латеральной стенке полости носа, область решетчатого гребня (*crista ethmoidalis*) перпендикулярной пластинки небной кости) была оценена индивидуально. Среднее расстояние между решетчатым гребнем (*crista ethmoidalis*) и задним концом нижней носовой раковины составило $0,5 \pm 0,2$ см (горизонтальная линия). Среднее расстояние от клиновидно-небного отверстия до заднего конца нижней носовой раковины составило $0,7 \pm 0,1$ см (диагональная линия). Точка пересечения этих линий соответствует месту выхода дистальных ветвей Видиева нерва. Диаметр клиновидно-небного отверстия $0,3 \pm 0,1$ см. (табл. 1). Постганглионарные (дистальные) ветви Видиева нерва находятся в плоскости заднего отдела среднего носового хода в месте прикрепления нижней носовой раковины к латеральной стенке полости носа по направлению кзади до области *crista ethmoidalis* перпендикулярной пластинки небной кости.

Эндоскопический эндоназальный доступ при лазерной фотокоагуляции дистальных ветвей Видиева нерва обеспечивает хорошую визуализацию и облегчают идентификацию важных анатомических структур. Однако, в клинической практике может быть трудно четко идентифицировать сосудисто-нервные комплексы из-за окружающих структур, кровотечения или патологических изменений. Это исследование было направлено на создание и анализ трехмерных моделей полости носа для изучения анатомии дистальных ветвей Видиева нерва и определения эндоскопического эндоназального доступа при лазерной фотокоагуляции дисталь-

ных ветвей Видиева нерва с использованием трехмерной реконструкции сканированных изображений компьютерной томографии (КТ).

Использование 3D-печати для предоперационного планирования операций является перспективным направлением в медицине. Создание персонализированных моделей включает в себя сканирование органов на РКТ или магнитно-резонансной томографии, преобразование DICOM-файлов в STL-модель с последующей печатью на 3D-принтере.

Нейрэктомия Видиева нерва наиболее часто выполняется эндоскопически трансназальным доступом [6, 7]. Канал Видиева нерва может быть достигнут двумя разными путями: через клиновидные пазухи [7] или в крыловидно-небную ямку через верхнечелюстной доступ [6]. Выбор этих доступов строго связан с анатомическими особенностями расположения канала Видиева нерва. Однако данная методика не получила широкого признания из-за сложности точной идентификации нерва и сопровождается развитием послеоперационных осложнений (развитие «сухого ринита», «сухого» глаза) и в настоящее время применяется редко. Нами была предложена методика, позволяющая произвести декомпрессию дистальных ветвей Видиева нерва методом лазерной фотокоагуляции дистальных ветвей Видиева нерва с помощью эндоскопического эндоназального доступа. Предполагалось, что сложность идентификации сосудисто-нервных комплексов может быть связана с анатомической вариабельностью локализации костных структур, содержащих нейроваскулярные сплетения. Следовательно, целесообразно уточнить анатомические размеры и пространственные отношения костных ориентиров для эндоскопического эндоназального доступа, чтобы избежать повреждения важных анатомических структур.

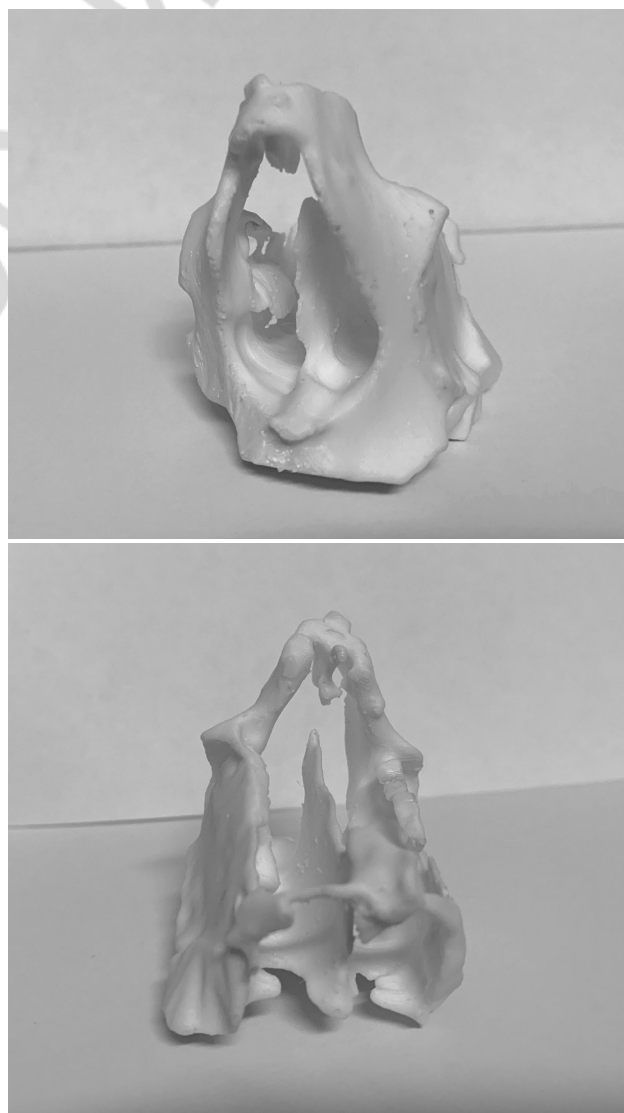
Поскольку совершенствование эндоскопической техники и широкое внедрение в практику эндоскопических методов лечения имеют важное значение, было проведено несколько исследований, включая эндоскопи-

ческие и радиологически исследования по определению ориентиров для эндоскопического доступа при нейрэктомии Видиева нерва [6, 7]. Однако, данные исследования не изучали анатомические особенности расположения периферических ветвей Видиева нерва. В отношении взаимосвязи между каналом Видиева нерва и клиновидно-небного отверстия сообщалось, что отверстие канала Видиева нерва лежало в той же осевой плоскости, что и клиновидно-небное отверстие и располагался на 5–6 мм задне-латерально по отношению к заднему краю клиновидно-небного отверстия [7]. Тем не менее, может быть довольно сложно локализовать канал Видиева нерва внутри крыловидно-небной ямки, основываясь на той же плоскости оси, что и клиновидно-небное отверстие, и заднебоковом расстоянии от заднего края клиновидно-небного отверстия [6, 7]. Мы оценили индивидуально анатомические размеры и пространственные отношения клиновидно-небного отверстия, задних отделов среднего носового хода, место прикрепления нижней носовой раковины к латеральной стенке полости носа, область решетчатого гребня (*crista ethmoidalis*) перпендикулярной пластинки небной кости. Среднее расстояние между решетчатого гребня (*crista ethmoidalis*) и задним концом нижней носовой раковины составило $0,5 \pm 0,2$ см (горизонтальная линия). Среднее расстояние от клиновидно-небного отверстия до заднего конца нижней носовой раковины составило $0,7 \pm 0,1$ см (диагональная линия). Подробная оценка положения анатомических структур полости носа показала, что дистальные ветви Видиева нерва находятся в плоскости заднего отдела среднего носового хода в месте прикрепления нижней носовой раковины к латеральной стенке полости носа по направлению кзади до области решетчатого гребня (*crista ethmoidalis*) перпендикулярной пластинки небной кости в точке пересечения горизонтальной и диагональной линий.

Таким образом, эндоскопический эндо-назальный доступ при лазерной фотокоагуляции дистальных ветвей Видиева нерва будет выполняться с большей точностью и безопасностью благодаря пониманию пространственных отношений между каналом Видиева нерва, нижней и средней носовой раковинами.

Используя персонализированную 3D-модель структур полости носа в качестве шаблона, есть возможность отработать оптимальный доступ, изучить анатомические особенности строения, что позволит более корректно выполнить лазерной фотокоагуляции дистальных ветвей Видиева нерва.

Приложение



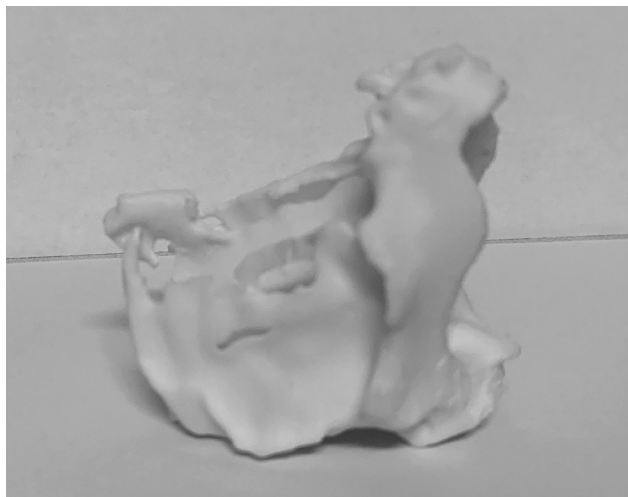


Рис. 1, 2, 3. 3D-модель полости носа

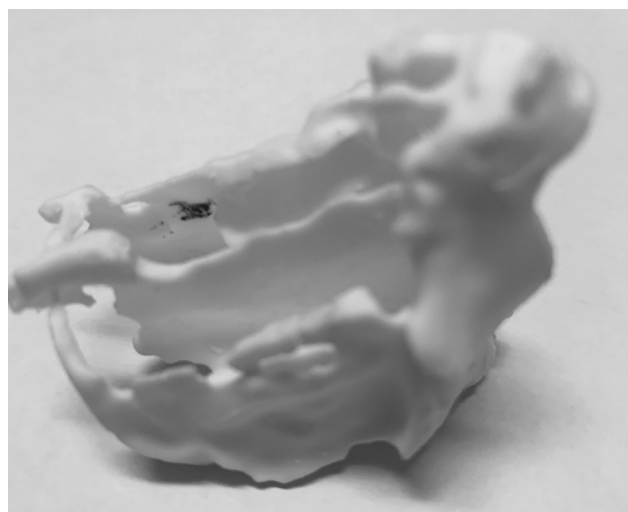


Рис. 4. Место воздействия на дистальные ветви Видиева нерва (заштриховано)

Таблица 1. Линейные средние размеры между структурами задних отделов среднего носового хода

Изучаемая область	Среднее значение, см	Диапазон, см
Горизонтальная линия (расстояние между решетчатым гребнем (crista ethmoidalis) и задним концом нижней носовой раковины)	0,5±0,2	0,2-0,9
Диагональная линия (расстояние от клиновидно-небного отверстия до заднего конца нижней носовой раковины)	0,7±0,1	0,4-1,1
Диаметр клиновидно-небного отверстия	0,3±0,1	0,2-0,5

$P < 0,05$.

Литература

1. Lopatin A. S. Postnasalnyj sindrom [Postnasal drip]. M.: «Media-Medica» MMA Limited liability company pp. – 2009. – 24–28. (in Russian).
2. Кулякин Е. В., Семенов С. А., Затолока П. А. Способ лечения постназального синдрома у пациентов с вазомоторным ринитом // Международный научно-практический журнал Оториноларингология: Восточная Европа. – 2018, том 8, № 4. – С. 355–360.
3. Лопатин А. С. Постназальный синдром: диагностика и возможности терапии // Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции оториноларингологов. Вестник оториноларингологии. – № 5, 2008. – С. 133–134.
4. Пухлик С. М. Вазомоторный ринит – роль вегетативной нервной системы в патогенезе. Методы диагностики и лечения // Российская ринология. – № 3, 1999. – С. 23–29.
5. Муминов А. И., Плужников М. С. Полипозные риносинуситы. – Ташкент Медицина: 1990. – С. 151.
6. Isaacs S. J. et al. Endoscopic anatomy of the pterygopalatine fossa // Am J Rhinol 21. – 2007. – P. 644–647.
7. Savard P. et al. An anatomical study of vidian neurectomy using an endoscopic approach: A potential new application // J Otolaryngol 22. – 1993 – P. 125–129.

Поступила 16.11.2020 г.