

## РОЛЬ 3D КТ В ОЦЕНКЕ АНОМАЛИЙ СРЕДНЕГО УХА

Диаб Х.М.<sup>1,2</sup>, Гулямов Ш.Б.<sup>1</sup>, Коробкин А.С.<sup>1</sup>, Куян Ю.С.<sup>1</sup>,  
Пащенина О.А.<sup>1</sup>, Кондратчиков Д.С.<sup>1</sup>

**Цель исследования.** Усовершенствование диагностики и лечения изолированных аномалий развития среднего уха.

**Материалы и методы.** Было исследовано 40 пациентов с различными видами аномалий развития среднего уха. Средний возраст составил 30,5 лет. В качестве основного метода исследования применялась спиральная компьютерная томография височных костей (компьютерный томограф Siemens Somatom Sensation 40), затем исходные наборы данных были реконструированы с интервалом 0,1 мм. Были получены трехмерные изображения с объемной визуализацией (ОВ) из оригинальных 2D-данных. Применялись различные протоколы полипроекционных отображений костных структур, включая косточки и структуры внутреннего уха (например, улитка, преддверие, полукружные каналы) с последующей 3D-реформацией.

При анализе КТ височных костей особое внимание обращалось на оссикальную цепь, интерпозицию лицевого нерва, отсутствие окна преддверия.

**Результаты.** С помощью данного метода были диагностированы аномалии среднего уха и лицевого нерва. Были созданы и отображены трехмерные модели отдельных анатомических структур в разных цветах. Отображение соответствующих анатомических и патологических структур было оценено в 2D-срезах серой шкалы, 3D-изображениях и 2D-срезах, показывающих сегментированную 2D-анатомию разными цветами для каждой структуры.

**Заключение.** 3D КТ позволяет более детально оценить анатомию височной кости, в том числе ее микроанатомические структуры, и использовать для оценки аномалий развития височной кости и выбора тактики лечения.

Ключевые слова: височная кость, КТ, 3D-моделирование.

Контактный автор: Диаб Х.М., e-mail: Hasandiab@mail.ru

Для цитирования: Диаб Х.М., Гулямов Ш.Б., Коробкин А.С., Куян Ю.С., Пащенина О.А., Кондратчиков Д.С. Роль 3D КТ в оценке аномалий среднего уха. REJR 2019; 9(3):8-17. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-3-8-17.

Статья получена: 22.05.19

Статья принята: 14.06.19

## THE ROLE OF 3D CT IN THE EVALUATION OF MIDDLE EAR ANOMALIES

Diab Kh.M.<sup>1,2</sup>, Gulyamov Sh.B.<sup>1</sup>, Korobkin A.S.<sup>1</sup>, Kuyan Yu.S.<sup>1</sup>,  
Pashinina O.A.<sup>1</sup>, Kondratchikov D. S.<sup>1,2</sup>

**Purpose.** Improve the diagnostic and treatment of isolated malformation of the middle ear

**Materials and methods.** 40 patients with various types of middle ear abnormalities were examined. The average age was 30.5 years. As the main research method was used Spiral computed tomography of the temporal bones (Siemens Somatom Sensation 40 computer tomograph) than the initial data sets were then reconstructed at 0.1-mm intervals. Three-dimensional images with VI were obtained from the original 2D data.

Various protocols of multi-projection display of bony structures were used, including bones and structures of the inner ear (for example, the cochlea, vestibule, semicircular canals), to the 3D reformation.

In the analysis of CT of the temporal bones, special attention was paid attention to the ossicular chain, the interposition of the facial nerve, the absence of the vestibule win-

1 - ФГБУ «Научно-клинический центр оториноларингологии» ФМБА. г. Москва, Россия.

2 - ГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н. И. Пирогова». г. Москва, Россия.

1 - Clinical Research Centre for Otorhinolaryngology to the Federal Medico-Biological Agency of the Russian Federation.

Moscow, Russia.  
2 - Pirogov Russian National Research Medical University. Moscow, Russia

dow.

**Results.** Using this method were diagnosed anomalies of the middle ear and the facial nerve. Three-dimensional models of individual anatomical structures were created and displayed in different colors. The display of the relevant anatomical and pathological structures was evaluated in 2D grayscale slices, 3D images and 2D slices showing the segmented 2D anatomy in different colors for each structure.

**Conclusion.** 3D CT allows a more detailed assessment of the anatomy of the temporal bone, including its microanatomical structures, and used to evaluate the anomalies of the temporal bone and the choice of treatment tactics.

Keywords: temporal bone, CT, 3D images.

Corresponding author: Diab Kh.M., e-mail: Hasandiab@mail.ru.

*For citation: Diab Kh.M., Gulyamov Sh.B., Korobkin A.S., Kuyan Yu.S., Pashinina O.A., Kondratchikov D.S. The role of 3D CT in the evaluation of middle ear anomalies. REJR 2019; 9(3):8-17. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-3-8-17.*

Received: 22.05.19

Accepted: 14.06.19

**В** этой статье мы представляем роль 3D КТ-моделирования в оценке диагностики и хирургического лечения изолированных аномалий развития среднего уха.

Получение трехмерных КТ-изображений, с объемной визуализацией (ОВ), является одной из важных вспомогательных методик для оценки сложной анатомии височной кости. Поперечные срезы часто позволяют более точно оценить анатомические структуры, поскольку некоторые детали могут быть потеряны в результате постобработки. Чтобы продемонстрировать преимущества комбинирования обоих подходов, мы выполнили компьютерную томографию (КТ) при различных аномалиях среднего уха и 3D-модели были соотнесены с поперечными срезами КТ. Реконструированные наборы данных КТ были получены с помощью мультиспиральной КТ. Во всех случаях были использованы программы RadiAnt DICOM Viewer и Vidar Dicom Viewer, для создания 3D-моделирования среднего уха. Трехмерные модели отдельных анатомических структур были отображены в различных цветах.

Височная кость – сложная комплексная структура, в ней располагаются такие органы и структуры, как орган слуха и равновесия, внутренняя сонная артерия, сигмовидный синус, а также проходит ряд черепно-мозговых нервов (преддверно-улитковый и лицевой нервы, узел тройничного нерва, ветви блуждающего и языкоглоточного нервов). Понимание 3D-визуализации анатомических взаимодействий ее компонентов относится к важным диагностическим задачам.

Некоторое время назад КТ височных костей из альтернативного превратился в метод выбора. Основное преимущество КТ – возможность получения одновременного изображения

костных и мягкотканых структур височной области и их взаиморасположение.

С появлением в конце 1980-х гг. компьютерной томографии высокого разрешения данный метод стал широко применяться для диагностики и определения показаний к лечению патологии височной кости. КТ височных костей высокого разрешения не только предопределяет тактику лечения, возможность проведения и объем хирургического вмешательства, но и является основным методом диагностики аномалий развития височной кости [1 - 8].

Анатомию среднего уха и прилегающих структур сложно оценить только на 2D-изображениях в поперечных срезах. Тем не менее, обычные двухмерные (2D) изображения широко используются для визуализации отдельных структур височной кости.

В последние годы для лучшей демонстрации анатомии и патологических состояний различных систем органов на основании данных КТ используют трехмерные (3D) мультипланарные реформированные изображения. [15 - 17].

Сложная, многопространственная ориентация структур височной кости и их взаимоотношение затрудняет оценку трехмерного (3D) изображения данной области [9 - 12]. Стандартные тонкосрезовые (не более 0,6 мм) КТ изображения не дают четкой картины микроанатомических структур, однако в дополнение с трехмерной реконструкцией позволяют отображать микроанатомические структуры такие, как костная спиральная пластинка и модиолус улитки. Данные изображения можно вращать в пространстве и анализировать в любой плоскости, что позволяет оценить морфологические особенности височной кости, в том числе слуховые косточки и структуры внутреннего уха [13,

**Таблица №1. Аномалии среднего уха и лицевого нерва, диагностированные с помощью КТ.**

<b>Аномалии среднего уха и лицевого нерва по данным КТ</b>	<b>N=40</b>	<b>%</b>
Гипоплазия и фиксация головки молоточка к костным стенкам барабанной полости в области аттика	2	5±1,41
Гиперплазия молоточка	1	2,5±1,0
Отсутствие или гипоплазия длинного отростка наковальни	4	10±2,0
Отсутствие наковальни	1	2,5±1,0
Слияние гипоплазированных наковальни с молоточком и фиксация их в аттике	7	17,5±2,64
Удлиненная задняя ножка стремени	5	12,5±2,23
Отсутствие передней ножки стремени	2	5±1,41
Гипоплазия стремени	7	17,5±2,64
Отсутствие передней ножки стремени и длинной ножки наковальни	1	2,5±1,0
Отсутствие суперструктур стремени и длинного отростка наковальни	5	12,5±2,23
Отсутствие головки стремени	1	2,5±1,0
Слияние передней и задней ножки стремени	3	7,5±1,73
Отсутствие стремени, окна преддверия и длинной ножки наковальни	1	2,5±1,0
<b>Аномалия расположение лицевого нерва</b>		
Субтотальное нависание лицевого нерва над окном преддверия	2	5±1,41
Раздвоение тимпанального сегмента лицевого нерва	1	2,5±1,0
Тотальное нависание лицевого нерва над окном преддверия	1	2,5±1,0

14]. Кроме того, 3D-визуализация КТ-изображений может использоваться для оценки различных состояний височной кости, а именно: врожденные пороки развития, сосудистые аномалии, воспалительные заболевания, неопластические состояния и травмы. Объемные изображения в дополнение к стандартным тонкосрезовым КТ-изображениям позволяют лучше понять анатомию височной кости и дают возможность оценить ее состояние, тем самым помогая в выборе тактики и объема хирургического лечения [9 - 12, 18, 19, 20].

В последние годы были проведены исследования с использованием различных алгоритмов сбора и последующей обработки данных в зависимости от диагностического направления [26 - 31].

Немногие из этих алгоритмов используются в качестве обычного клинического рутинного обследования, так как процедура занимает много времени. Кроме того, было несколько по-

пыток представить стандартизированные алгоритмы обследования, которые могли бы быть приняты учреждениями, не имеющими опыта в трехмерной визуализации височной кости.

Все исследования, опубликованные по трехмерной визуализации височной кости, предполагают ее использование в качестве дополнительного обследования, что указывает на то, что двухмерные изображения все еще имеют свои преимущества. Среди этих преимуществ, безусловно, более высокое качество отображения деталей анатомии, поскольку некоторые из них теряются в результате последующей обработки исходных наборов данных [20, 32].

**Цель исследования.**

Усовершенствование диагностики и лечения изолированных аномалий развития среднего уха.

**Материалы и методы.**

В качестве основного метода исследова-

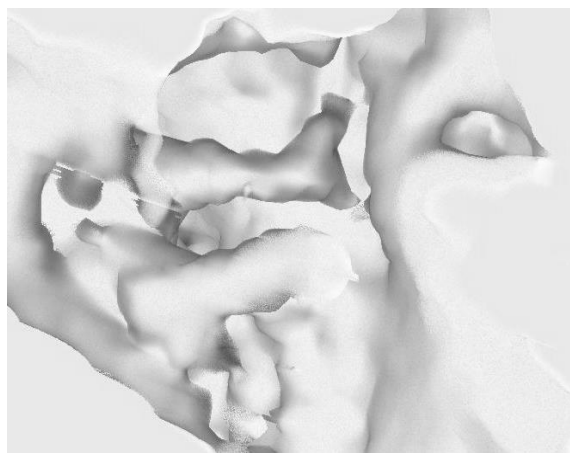


Рис. 1 (Fig. 1)

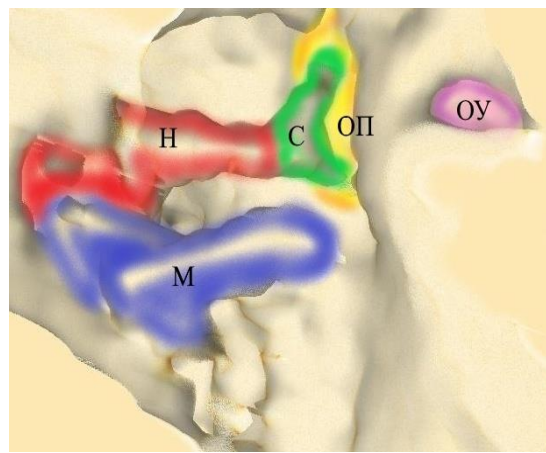


Рис. 2 (Fig. 2)

**Рис. 1,2. 3D-моделирование среднего уха.**

Нормальное анатомическое расположение слуховых косточек. М – молоточек, Н – наковальня, С – стремя, ОП – окно преддверия, ОУ – окно улитки.

**Fig. 1,2. 3D modeling of the middle ear.**

Normal anatomical position of the auditory ossicles. M-malleus, I- incus, S-stape, WV- window vestibule, CW-cochlear window

ния применялась спиральная компьютерная томография височных костей (компьютерный томограф Siemens Somatom Sensation 40) со следующими параметрами: коллимация – 0,6 мм, толщина сечения – 0,6 мм, 120 кВп, 200 мАс, шаг – 0,8, поле зрения – 15 см, матрица – 512. Затем исходные наборы данных были реконструированы с интервалом 0,1 мм.

Исследование проводили в отделении лучевой диагностики ФГБУ НКЦО ФМБА России. За период с 2015 по 2018 гг. в исследование вошли 40 пациентов в возрасте от 4 до 57 лет (средний возраст 30,5 лет) с различными видами аномалий развития среднего уха.

2D-изображения были получены с плоскостью сканирования параллельно нижней орбитомеатальной линии. Кроме того, для получения 3D-реформированных изображений была выполнена реконструкция «сырых» данных. Были получены трехмерные изображения ОВ из оригинальных 2D-данных. Применялись различные протоколы полипроекционных отображений костных структур, включая косточки и структуры внутреннего уха (например, улитка, преддверие, полукружные каналы) с последующей 3D-реформацией.

При анализе КТ височных костей особое внимание обращалось на оссикулярную цепь, интерпозицию лицевого нерва, отсутствие окна преддверия.

Реконструированные данные были получены с помощью мультисрезовой КТ. Последующая обработка выполнялась с использованием программного обеспечения «3D Slicer» с приме-

нением пороговой обработки и ручной сегментации. Трехмерные модели отдельных анатомических структур были созданы и отображены в разных цветах. Отображение соответствующих анатомических и патологических структур было оценено в 2D-срезах серой шкалы, 3D-изображениях и 2D-срезах, показывающих сегментированную 2D-анатомию разными цветами для каждой структуры. Соотношение 2D-срезов с 3D-моделями и виртуальная эндоскопия помогают объединить преимущества каждой методики.

**Результаты.**

Из рис. 3, 4, 5 видно, что отсутствует длинная ножка наковальни, не развито стремечко, отсутствует окно преддверия (аплазия). Тимпанальная часть лицевого нерва проходит атипично, в области processus cochleariformis лицевой нерв разделяется на 2 части, первая из них проходит в нормальной топографии, вторая проходит под молоточком, отсутствует костная стенка.

Из рис. 6, 7, 8 видно, что отсутствует длинная ножка наковальни, не развит лентикулярный отросток. Тимпанальная часть лицевого нерва проходит типично, в кости.

**Обсуждение.**

На сегодняшний день 2D-изображения и 3D-визуализация в основном рассматриваются как независимые методики исследования. Лучшая корреляция этих модальностей может повысить ценность как 2D-изображений, так и 3D-визуализации для радиологической диагностики, хирургического планирования и обуче-

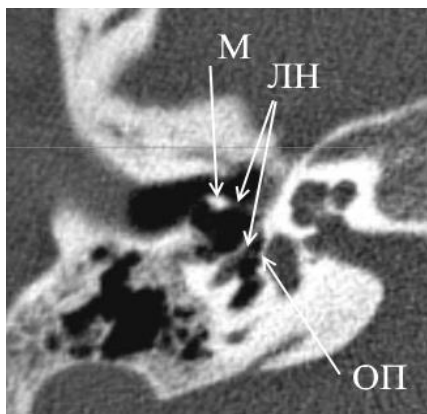


Рис. 3 (Fig. 3)

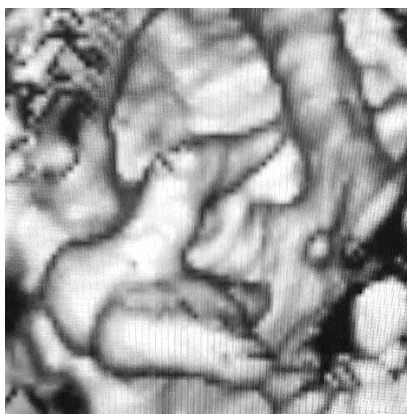


Рис. 4 (Fig. 4)

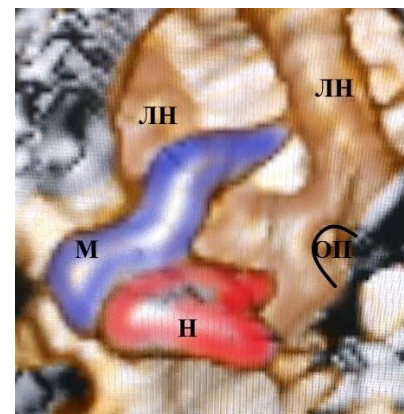


Рис. 5 (Fig. 5)

**Рис. 3, 4, 5. Аномалия развития наковальни, стремени и аплазия окна преддверия.**

Раздвоение тимпанального сегмента лицевого нерва. М – молоточек, Н – наковальня, ОП – окно преддверия, ЛН – лицевой нерв.

**Fig. 3, 4, 5. Malformation of the incus, stapes and aplasia of the vestibule window.**

Split tympanic segment of the facial nerve. M-malleus, I- incus, S-stape, WV- window vestibule, FN-facial nerve

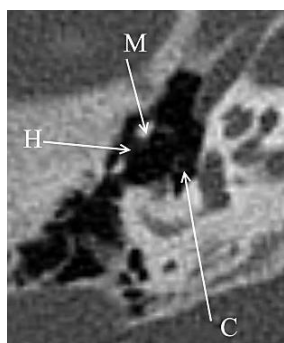


Рис. 6 (Fig. 6)

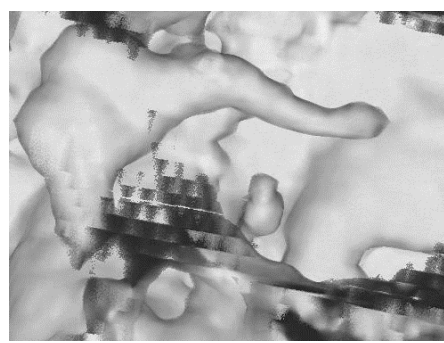


Рис. 7 (Fig. 7)

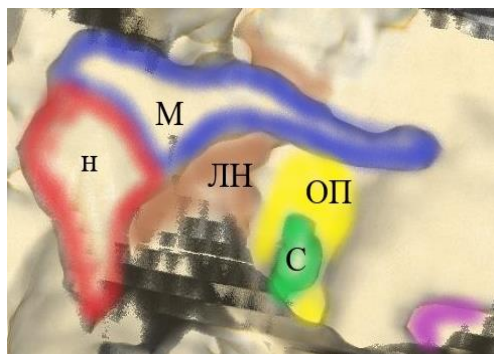


Рис. 8 (Fig. 8)



Рис. 9 (Fig. 9)

**Рис. 6,7,8. Аномалия развития наковальни (отсутствие длинного отростка наковальни), отсутствие наковально-стремени сочленения.**

**Fig. 6,7,8. Malformation of the incus (the absence of the long process of the incus), the absence of the articulation between the incus and stapes.**

**Рис. 9. Интраоперационная находка.**

**Fig. 9. Intraoperative find.**

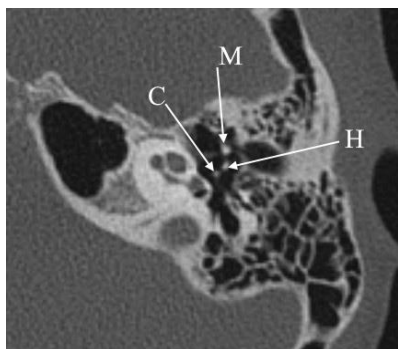


Рис. 10 (Fig. 10)

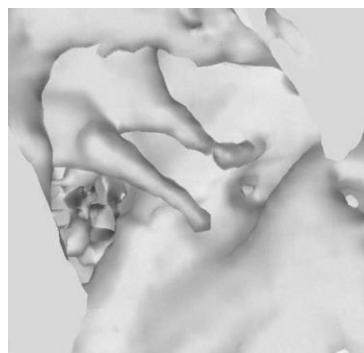


Рис. 11 (Fig. 11)

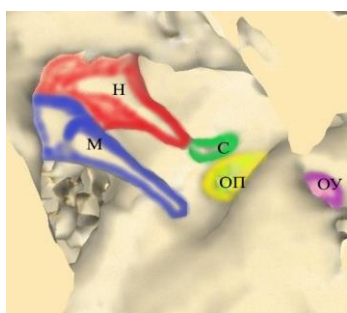


Рис. 12 (Fig. 12)



Рис. 13 (Fig. 13)

**Рис. 10-13. Аномалия развития наковальни и стремени (недоразвитие лентикулярного отростка, отсутствие передней ножки стремени).**

**Fig. 10-13. Malformation of the incus and stape (hypoplasia of the lenticular process, the absence of the anterior crus of stape).**

**Рис. 13. Интраоперационная находка.**

**Fig. 13. Intraoperative find.**

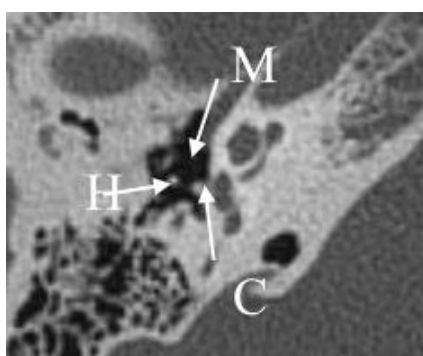


Рис. 14 (Fig. 14)

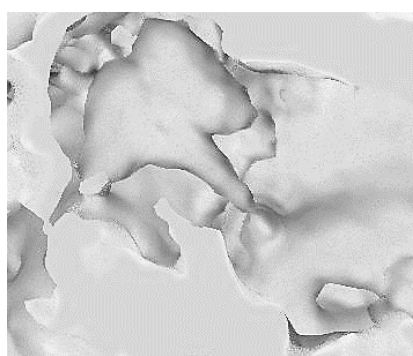


Рис. 15 (Fig. 15)

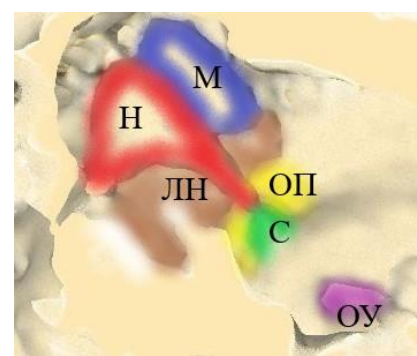


Рис. 16 (Fig. 16)

**Рис. 14,15,16. Аномалия развития молоточка (отсутствует короткий отросток молоточка).**

М – молоточек, Н – наковальня, С – стремя, ОП – окно преддверия, ОУ – окно улитки, ЛН – лицевой нерв. Показано отсутствие рукоятки и шейки молоточка, длинная ножка наковальни гипоплазирована. Тимпанальная часть лицевого нерва проходит атипично, субтотально нависает над окном преддверия, в кости.

**Fig. 14,15,16. Malformation of the malleus (the short process of the malleus is missing).**

M-malleus, I- incus, S-stape, WV- window vestibule, CW- cochlear window FN-facial nerve.

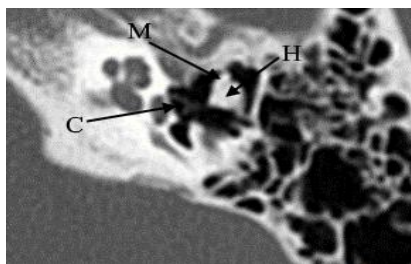


Рис. 17 (Fig. 17)



Рис. 18 (Fig. 18)

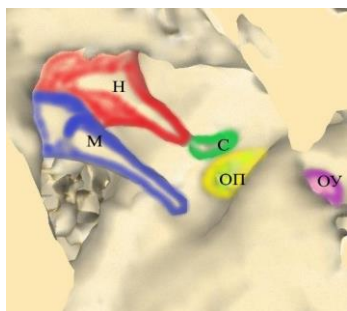


Рис. 19 (Fig. 19)



Рис. 20 (Fig. 20)

**Рис. 17-19. Аномалия развития молоточка и наковальни, в виде конгломерата.**

**Fig. 17-19. Malformation of the malleus and incus in the form of a conglomerate.**

**Рис. 20. Интраоперационная находка.**

**Fig. 20. Intraoperative find.**

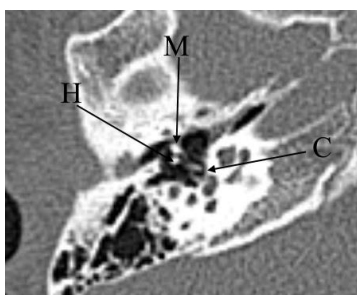


Рис. 21 (Fig. 21)



Рис. 22 (Fig. 22)

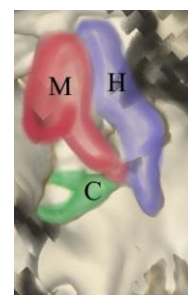


Рис. 23 (Fig. 23)



Рис. 24 (Fig. 24)

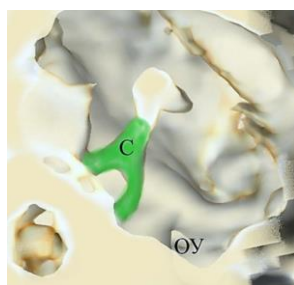


Рис. 25 (Fig. 25)



Рис. 26 (Fig. 26)

**Рис. 21-25. Молоточек и наковальня в виде конгломерата. Аномалия развития стремени.**

Показаны молоточек и наковальня в виде конгломерата. Тимпанальная часть лицевого нерва проходит атипично, субтотально нависает над окном преддверия, в кости.

**Fig. 21-25. Malleus and incus in the form of a conglomerate. Malformation of stapes.**

**Рис. 26. Интраоперационная находка.**

**Fig. 26. Intraoperative find.**

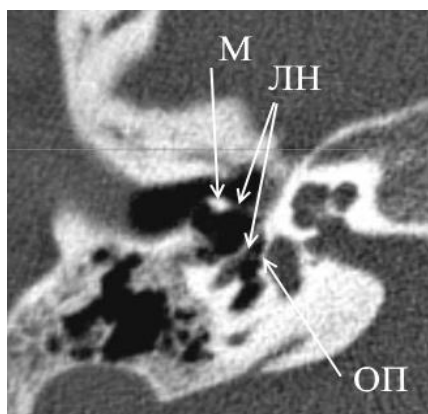


Рис. 27 (Fig. 27)



Рис. 28 (Fig. 28)

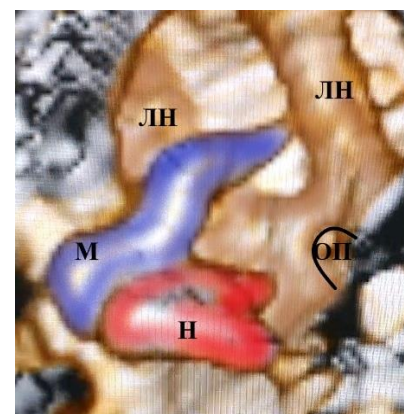


Рис. 29 (Fig. 29)

**Рис. 27-29.** Гипоплазия наковальни, суперструктура стремени отсутствует, подножная пластинка стремени аплазирована.

Лицевой нерв нависает над проекцией окна преддверия, в кости. Черная стрелка указывает на окно преддверия. М – молоточек, Н – наковальня, С –стремя, ОУ – окно улитки.

**Fig. 27-29.** Incus hypoplasia, the stapes superstructure is absent, the stapes footplate is aplased.

The facial nerve hangs over the projection of the vestibule window, into the bone. The black arrow points to the vestibule window. M -malleus, I- incus, S-stape, CW- cochlear window.

ния. [21 - 25].

Эта дополнительная информация имеет решающее значение для клинициста в формировании правильной тактики лечения [20].

С клинической точки зрения восстановление этих данных в 2D- и 3D-режиме осуществляется относительно быстро. Ограничением этого исследования является то, что у небольшого числа пациентов можно достичь относительно высокую точность обнаружения незначительных аномалий среднего уха и сделать определенные правильные выводы.

**Заключение.**

В нашей статье мы обсудили и проиллюстрировали роль 3D-визуализации в оценке как

нормальной анатомии, так и аномалий развития височной кости. Способность быстро преобразовывать эти изображения в нескольких проекциях и изменять их пространственную ориентацию позволяет более детально оценить анатомию височной кости, в том числе ее микроанатомические структуры и использовать для оценки аномалий развития височной кости и выбора тактики лечения.

**Источник финансирования и конфликт интересов.**

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

**Список литературы:**

1. Бояджан Г.Г., Фастыковская Е.Д. Рентгеновская компьютерная томография в диагностике заболеваний височной кости. Медицина на рубеже веков. 1999; 3:76-79
2. Brent V. The pediatrician's role in caring for patients with congenital microtia and atresia. *Pediatr. Ann.* 1999;28: 374
3. Yuen HY1, Ahuja AT, Wong KT, Yue V, van Hasselt AC. Computed tomography of common congenital lesions of the temporal bone. *Clin. Radiol.* 2003; 58( 9): 687-693
4. Kösling S1, Schneider-Möbius C, König E, Meister EF. Computer tomographie bei Kindern und Jugendlichen mit Verdacht auf eine Felsenbeinmissbildung. *Radiologe.* 1997; 7: 971-976
5. Зеликович Е.И. Предоперационная компьютерная томография височных костей и ее использование в отборе пациентов с сенсоневральной глухотой для проведения кохлеарной имплантации. *Вестн. Рентгенол.* 2001;6:10-15.
6. Ильин С.Н. Диагностические возможности компьютерной томографии структур внутреннего уха при операции кохлеарной имплантации: автореф. дис.. канд. мед. наук., 2006; 34.
7. Диаб Х.М., Гулямов Ш.Б. О классификации врожденных изолированных аномалий среднего уха. *Анналы хирургии.* 2018;23 (3):145-149.
8. Boone R, Dornhoffer J. Stapedotomy above the facial nerve in a congenitally malformed ear: a case report. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2002;127: 342-345
9. Howard J.D., Elster A.D., May J.S. Temporal bone: three-dimensional CT. Normal anatomy, techniques, and limitations. *Radiology.* 1990; 177:421-425.
10. Howard J.D., Elster A.D., May J.S. Temporal bone: three-dimensional CT. II. Pathologic alterations. *Radiology.* 1990; 177:427-430.
11. Boscolo-Rizzo P1, Muzzi E, Barillari MR, Trabalzini F. Non-



sutured fixation of the internal receiver-stimulator in cochlear implantation *Eur Arch. Otorhinolaryngol.* 2011; 268(7): 961 – 965.

12. Schubert O, Sartor K, Forsting M, Reisser C. Three-dimensional computed display of otosurgical operation sites by spiral CT. *Neuroradiology.* 1996;38:663–668

13. Ильин С.Н., Ноздреватых О.В. Компьютерная томография в диагностике заболеваний височных костей: рук. для врачей. 2010; 115

14. Park K., Choung Y.H. Isolated congenital ossicular anomalies. *Acta Otolaryngol.* 2009; 129: 419-422

15. Reisser C, Schubert O, Forsting M, Sartor K. Anatomy of the temporal bone: detailed threedimensional display based on image data from high-resolution helical CT—a preliminary report. *Am J Otol.* 1996;17(3):473–479

16. Calhoun PS, Kuszyk BS, Heath DG, Carley JC, Fishman EK. Three-dimensional volume rendering of spiral CT data: theory and method. *Radio-Graphics* 1999;19(3):745–764

17. Jun BC, Song SW, Cho JE, et al. Three-dimensional reconstruction based on images from spiral high-resolution computed tomography of the temporal bone: anatomy and clinical application. *J Laryngol Otol* 2005;119(9):693–698

18. Chuang MT, Chiang IC, Liu GC, Lin WC. Multidetector row CT demonstration of inner and middle ear structures. *Clin Anat* 2006;19(4):337–344

19. Isono M, Murata K, Aiba K, Miyashita H, Tanaka H, Ishikawa M. Minute findings of inner ear anomalies by three-dimensional CT scanning. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 1997;42:41–53

20. Thomas Rodt, Peter Ratiu, Hartmut Becker, Sönke Bartling, Daniel S Kacher, Mark Anderson [et al.] 3D visualisation of the middle ear and adjacent structures using reconstructed multislice CT datasets, correlating 3D images and virtual endoscopy to the 2D cross-sectional images. *Neuroradiology* 2002;44(9):783-90

21. Ali QM, Ulrich C, Becker H. Three-dimensional CT of the middle ear and adjacent structures. *Neuroradiology.* 1993;35:238–241

22. Hermans R, Marchal G, Feenstra L, Baert AL. Spiral CT of the temporal bone: value of image reconstruction at submillimet-

ric table increments. *Neuroradiology.* 1995;37:150–154

23. Leuwer R, Schubert R, Siepmann. Three-dimensional reconstruction of a high-resolution MR-tomography of the inner ear. *Laryngorhinootologie.* 1993;72: 288–290

24. Himi T, Kataura A, Sakata M, Odawara Y, Satoh J, Sawaishi M. Three-dimensional imaging of the temporal-bone using a helical CT scan and its application in patients with cochlear implantation. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec.* 1996;5:298–300

25. Frankenthaler RP, Moharir V, Kikinis R, van Kipshagen P, Jolesz F, Umans C [et al.]. Virtual otoscopy. *Otolaryngol Clin North Am.* 1998; 3:383–39

26. Tomandl BF, Hastreiter P, Eberhardt KEW, Rezk-Salama C, Naraghi R, Greess H [et al.]. Virtual labyrinthoscopy: visualization of the inner ear with interactive direct volume rendering. *Radiographics.* 2000;20:547–558

27. Seemann MD, Seemann O, Bon tel H, Suckfuß ll M, Englmeier KH, Naumann A [et al.]. Evaluation of the middle and inner ear structures: comparison of hybrid rendering, virtual endoscopy and axial 2D source images. *Eur Radiol.* 1999; 9(9):1851-8.

28. Klingenbiel R, Bauknecht HC, Lehmann R, Rogalla P, Werbs M, Behrbohm H [et al.]. Virtual otoscopy – technique indications and initial experience with multi-slice spiral CT. *Fortschr Roentgenstr* 2000;172:872–878

29. Himi T, Sakata M, Shintani T, Mitsuzawa H, Kamagata M, Satoh J [et al.]. Middle ear imaging using virtual endoscopy and its application in patients with ossicular chain anomaly. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec.* 2000 Nov-Dec;62(6):316-20.

30. Boor S, Maurer J, Mann W, Stoeter P. Virtual endoscopy of the inner ear and the auditory canal. *Neuroradiology.* 2000;42:543–547

31. Гулямов Ш.Б., Диаб Х.М., Корвяков В.С., Терехина Л.И., Рахматуллаев М.Ш. Изолированные аномалии среднего уха. *Анналы хирургии.* 2018;23 (5): 265-270.

32. Lorensen W, Cline H Marching cubes: a high resolution 3D surface construction algorithm. *Comput Graph.* 1987; 21:163–169.

## References:

1. Boyadzhan G.G., Fastyskovskaya E.D. X-ray computed tomography in the diagnosis of diseases of the temporal bone. *Medicine at the turn of the century.* 1999; 3:76-79 (in Russian).

2. Brent B. The pediatrician's role in caring for patients with congenital microtia and atresia. *Pediatr. Ann.* 1999;28: 374

3. Yuen HY1, Ahuja AT, Wong KT, Yue V, van Hasselt AC. Computed tomography of common congenital lesions of the temporal bone. *Clin. Radiol.* 2003; 58( 9): 687-693

4. Kösling S1, Schneider-Möbius C, König E, Meister EF. Computer tomographie bei Kindern und Jugendlichen mit Verdacht auf eine Felsenbeinmissbildung. *Radiologe.* 1997; 7: 971-976

5. Zelikovich E.I. Preoperative computed tomography of the temporal bones and its use in the selection of patients with sensorineural deafness for cochlear implantation *Vestn. Rentgenol.* 2001;6:10-15 (in Russian).

6. Ilyin S.N. Diagnostic capabilities of computed tomography of the structures of the inner ear during the operation of cochlear

implantation: author. dis .. cand. honey. sciences. / S.N. Ilyin - SPb., 2006; 34 (in Russian).

7. Diab Kh.M., Gulyamov Sh.B. Classification of congenital isolated anomalies of the middle ear. *Annaly Khirurgii .* 2018;23 (3):145-149 (in Russian).

8. Boone R, Dornhoffer J. Stapedotomy above the facial nerve in a congenitally malformed ear: a case report. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2002;127: 342-345

9. Howard J.D., Elster A.D., May J.S. Temporal bone: three-dimensional CT. Normal anatomy, techniques, and limitations. *Radiology.* 1990; 177:421–425.

10. Howard J.D., Elster A.D., May J.S. Temporal bone: three-dimensional CT. II. Pathologic alterations. *Radiology.* 1990;.177:427–430.

11. Boscolo-Rizzo P1, Muzzi E, Barillari MR, Trabalzini F. Nonsutured fixation of the internal receiver-stimulator in cochlear implantation *Eur Arch. Otorhinolaryngol.* 2011; 268(7): 961 –

965.

12. Schubert O, Sartor K, Forsting M, Reisser C. Three-dimensional computed display of otosurgical operation sites by spiral CT. *Neuroradiology*. 1996;38:663–668
13. Ilyin S.N. Computed tomography in the diagnosis of diseases of the temporal bones: hands. for doctors. 2010; 115 (in Russian).
14. Park K., Choung Y.H. Isolated congenital ossicular anomalies. *Acta Otolaryngol*. 2009; 129: 419-422
15. Reisser C, Schubert O, Forsting M, Sartor K. Anatomy of the temporal bone: detailed threedimensional display based on image data from high-resolution helical CT—a preliminary report. *Am J Otol*. 1996;17(3):473–479
16. Calhoun PS, Kuszyk BS, Heath DG, Carley JC, Fishman EK. Three-dimensional volume rendering of spiral CT data: theory and method. *Radio-Graphics* 1999;19(3):745–764
17. Jun BC, Song SW, Cho JE, et al. Three-dimensional reconstruction based on images from spiral high-resolution computed tomography of the temporal bone: anatomy and clinical application. *J Laryngol Otol* 2005;119(9):693–698
18. Chuang MT, Chiang IC, Liu GC, Lin WC. Multidetector row CT demonstration of inner and middle ear structures. *Clin Anat* 2006;19(4):337–344
19. Isono M, Murata K, Aiba K, Miyashita H, Tanaka H, Ishikawa M. Minute findings of inner ear anomalies by three-dimensional CT scanning. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 1997;42:41–53
20. Thomas Rodt, Peter Ratiu, Hartmut Becker, Sönke Bartling, Daniel S Kacher, Mark Anderson [et al.] 3D visualisation of the middle ear and adjacent structures using reconstructed multi-slice CT datasets, correlating 3D images and virtual endoscopy to the 2D cross-sectional images. *Neuroradiology* 2002;44(9):783-90
21. Ali QM, Ulrich C, Becker H. Three-dimensional CT of the middle ear and adjacent structures. *Neuroradiology*. 1993;35:238–241
22. Hermans R, Marchal G, Feenstra L, Baert AL. Spiral CT of the temporal bone: value of image reconstruction at submillimetric table increments. *Neuroradiology*. 1995;37:150–154
23. Leuwer R, Schubert R, Siepmann. Three-dimensional reconstruction of a high-resolution MR-tomography of the inner ear. *Laryngorhinootologie*. 1993;72: 288–290
24. Himi T, Kataura A, Sakata M, Odawara Y, Satoh J, Sawaiishi M. Three-dimensional imaging of the temporal-bone using a helical CT scan and its application in patients with cochlear implantation. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec*. 1996;5:298–300
25. Frankenthaler RP, Moharir V, Kikinis R, van Kipshagen P, Jolesz F, Umans C [et al.]. Virtual otoscopy. *Otolaryngol Clin North Am*. 1998; 3:383–39
26. Tomandl BF, Hastreiter P, Eberhardt KEW, Rezk-Salama C, Naraghi R, Greess H [et al.]. Virtual labyrinthoscopy: visualization of the inner ear with interactive direct volume rendering. *Radiographics*. 2000;20:547–558
27. Seemann MD, Seemann O, Bon tel H, Suckfuß ll M, Englmeier KH, Naumann A[et al.]. Evaluation of the middle and inner ear structures: comparison of hybrid rendering, virtual endoscopy and axial 2D source images. *Eur Radiol*. 1999; 9(9):1851-8.
28. Klingenbiel R, Bauknecht HC, Lehmann R, Rogalla P, Werbs M, Behrbohm H [et al.]. Virtual otoscopy – technique indications and initial experience with multi-slice spiral CT. *Fortschr Roentgenstr* 2000;172:872–878
29. Himi T, Sakata M, Shintani T, Mitsuzawa H, Kamagata M, Satoh J [et al.]. Middle ear imaging using virtual endoscopy and its application in patients with ossicular chain anomaly. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec*. 2000 Nov-Dec;62(6):316-20.
30. Boor S, Maurer J, Mann W, Stoeter P. Virtual endoscopy of the inner ear and the auditory canal. *Neuroradiology*. 2000;42:543–547
31. Gulyamov Sh.B., Diab Kh.M., Korvyakov V.S., Terekhina L.I., Rakhmatullaev M.Sh. Isolated anomaly of the middle ear. *Analy Khirurgii*. 2018;23(5): 265-270 (in Russian).
32. Lorenzen W, Cline H Marching cubes: a high resolution 3D surface construction algorithm. *Comput Graph*. 1987; 21:163–169.