

НОРМАЛЬНАЯ МСКТ- И ФМСКТ-АНАТОМИЯ СЛУХОВОЙ ТРУБЫ

Бодрова И.В., Олсуфьева А.В.

Цель исследования. Изучить нормальную МСКТ- и фМСКТ-анатомию слуховой трубы.

Материалы и методы. Было исследовано 15 здоровых добровольцев (30 слуховых труб). Средний возраст составил $32,4 \pm 1,14$ года. Всем добровольцам провели МСКТ и функциональную МСКТ. МСКТ проводили в спиральном режиме по программе костной реконструкции с толщиной среза 0,5-0,625 мм. фМСКТ проводили в динамическом режиме по программе мягкотканной реконструкции с толщиной среза 0,5 мм. Были применены расчеты средних значений показателей по группе и их стандартных отклонений, сравнение средних величин.

Результаты. Костную часть слуховой трубы визуализировали в аксиальной проекции при проведении МСКТ. Получены средние значения ширины костной части перед перешейком и на уровне места прикрепления мышцы, напрягающей барабанную перепонку, которые составили $1,1 \pm 0,21$ мм и $3,82 \pm 0,4$ мм соответственно. Также получили среднее значение толщины медиальной стенки костной части слуховой трубы, которая составила $1,1 \pm 0,15$ мм. Хрящевую часть слуховой трубы на всем протяжении визуализировали в аксиальной и косой проекциях при проведении фМСКТ с помощью пробы Вальсальвы. Получены средние значения подвижности хрящевой части слуховой трубы: средняя амплитуда подвижности просвета в области перешейка составила $2,02 \pm 0,12$ мм, средняя амплитуда подвижности просвета в области хрящевой части $3,31 \pm 0,35$ мм, средняя амплитуда подвижности просвета в области глоточного устья $7,94 \pm 0,55$ мм.

Выводы. Полученные данные можно использовать для детальной оценки состояния каждой конкретной структуры слуховой трубы.

Ключевые слова: МСКТ, фМСКТ, слуховая труба.

Контактный автор: Бодрова И.В., e-mail: iv-bodrova@mail.ru

Для цитирования: Бодрова И.В., Олсуфьева А.В. Нормальная МСКТ- и фМСКТ-анатомия слуховой трубы.. REJR 2019; 9(1):8-15. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-1-8-15.

Статья получена: 22.01.19

Статья принята: 06.02.19

NORMAL MSCT- AND FMSCT-ANATOMY OF EUSTACHIAN TUBE

Bodrova I.V., Olsufjeva A.V.

Purpose. To estimate the normal MSCT- and f MSCT-anatomy of the eustachian tube.

Materials and methods. 15 healthy volunteers (30 eustachian tubes) were examined. Average age was 32.4 ± 1.14 years. All volunteers have been examined MSCT and functional MSCT (fMSCT). The CT study was performed using a bone reconstruction filter without table movement and with slice thickness of 0.5–0.625 mm. The fMSCT study was performed using a soft-tissue reconstruction filter and with slice thickness of 0.5 mm, with dynamic scan mode with simultaneous exposure of the Valsalva test. The calculations of the average values of the parameters for the group and their standard deviations were applied.

Results. The bony portion of the eustachian tube was visualized in the axial scan using MSCT. Were obtained the mean values of the width of the bony portion in front of the isthmus and at the level of the attachment site of the tensor tympani muscle, which amounted to 1.1 ± 0.21 mm and 3.82 ± 0.4 mm respectively. Also, the mean thickness of the

ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). г. Москва, Россия.

¹I.M. Sechenov First Moscow State Medical University Moscow, Russia

medial wall of the bony portion of the eustachian tube was obtained, which was 1.1 ± 0.15 mm. The cartilaginous portion of the eustachian tube was visualized in the axial scan and oblique scan using fMSCT with simultaneous exposure of the Valsalva test. Were obtained mean values of mobility of the cartilaginous portion of the eustachian tube: the average amplitude of the mobility of the lumen in the region of the isthmus was 2.02 ± 0.12 mm, the average amplitude of the lumen mobility in the cartilaginous portion is 3.31 ± 0.35 mm, the average amplitude of lumen mobility in the region of the pharyngeal end is 7.94 ± 0.55 mm.

Conclusion. The obtained data can be used for a detailed assessment of each part of the eustachian tube.

Keywords: MSCT, fMSCT, eustachian tube.

Corresponding author: Bodrova I.V., e-mail: iv-bodrova@mail.ru

For citation: Bodrova I.V., Olsufjeva A.V. Normal MSCT- and fMSCT-anatomy of eustachian tube. REJR 2019; 9(1):8-15. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-1-8-15.

Received: 22.01.19

Accepted: 06.02.19

Возобновление интереса к лечению дисфункции евстахиевой трубы привело к появлению спроса на методы визуализации евстахиевой трубы и неинвазивной оценки открытия трубы. Динамическая визуализация открытия слуховых труб играет важную роль в оценке пациентов с дисфункцией слуховой трубы. Предоперационная оценка костной части слуховой трубы может предоставить полезную информацию для хирургов.

С помощью изображений с высоким разрешением можно детально оценить мягкотканую и костную анатомию евстахиевой трубы. КТ и МРТ лучше всего подходят для выявления особенностей, связанных с обструктивной или зияющей дисфункцией евстахиевой трубы, хотя истинные оценки функции были достигнуты только с помощью рентгенограмм с контрастированием и сцинтиграфии [1].

Современные компьютерные томографы обладают высочайшей разрешающей способностью, но позволяют получать изображения только в статическом режиме. С появлением динамического сканирования стало возможным оценить функциональное состояние органов и суставов [2, 3].

Существует метод контрастной МСКТ слуховых труб у пациентов после санирующей операции или с перфорацией барабанной перепонки [4]. Данный способ диагностики позволяет визуализировать лишь костную часть трубы до ее перешейка. О проходимости слуховой трубы можно судить по наличию следов контрастного препарата по ходу хрящевой части и попаданию его в глоточное отверстие трубы и носоглотку.

Существует и последовательная контрастная МСКТ [5]. Однако данная методика имеет существенные недостатки: не позволяет одно-

моментно и четко визуализировать на всем протяжении слуховую трубу, требует введения контрастного препарата, что противопоказано при аллергии на йод, и является инвазивным методом диагностики.

McDonald M.H. et al. (2012) предложили гипотезу, что для вентиляции среднего уха слуховая труба не должна открываться полностью, а достаточно для прохождения изолированного пузырька воздуха [6]. Анализ серии снимков показал, что прохождение воздушного пузырька зарегистрировано у всех пациентов с нормальной евстахиевой трубой. Оказалось, что степень раскрытия трубы повышается при сокращении медиальной и латеральной крыловидных мышц. Движение челюстью одним пациентом привело к натяжению медиальной и латеральной крыловидных мышц и расширению слуховой трубы. Проба Вальсальвы способствовала наибольшему раскрытию слуховой трубы в области глоточного отверстия.

Yoshioka S. et al. (2013) провели исследование движений евстахиевой трубы с помощью 320-спирального компьютерного томографа (Aquilion ONE, Toshiba) с возможностью получения 4D-изображений в результате непрерывного сканирования [7]. Результаты работы показали, что в начале исследования хрящевой отдел слуховой трубы закрыт от перешейка до уровня глотки, при этом начальная точка у пациентов варьировала.

Tarabichi M. и Najmi M. (2014) провели проспективное исследование 38 пациентов без патологии слуховой трубы [8]. Результаты работы показали, что МСКТ с пробой Вальсальвы позволяет визуализировать просвет дистальной 1/3 евстахиевой трубы у большинства пациентов (94%), не предъявляющих жалобы со стороны слуховой трубы.

Дискутабельным остается вопрос необхо-

димости проведения МСКТ перед проведением баллонной дилатации слуховой трубы. Так, Abdel-Aziz T. et al. (2014) изучили предоперационные МСКТ 284 пациентов (510 евстахиевых труб) и выявили дегисценции канала сонной артерии в 6,3% [9].

Ikeda R. et al. (2017) изучают костный сегмент евстахиевой трубы с помощью конусно-лучевой компьютерной томографии у 73 пациентов (73 евстахиевы трубы) и приходят к выводу, что костная часть не влияет на патологию синдрома зияния евстахиевой трубы [10]. У пациентов с выраженными перитубарными клетками ширина барабанного отверстия слуховой трубы значительно меньше, чем у других типов.

группе и их стандартных отклонений, сравнение средних величин.

МСКТ-исследования проводили на 64-спиральном компьютерном томографе General Electric «High Speed VCT» и 320-спиральном компьютерном томографе Toshiba «Aquillion ONE» в спиральном режиме по программе костной реконструкции с толщиной среза 0,5-0,625 мм.

МСКТ слуховых труб провели во всех 30 наблюдениях без специальной подготовки при стандартной укладке в рамках протокола для височной кости. Голову помещали в подголовную подставку и фиксировали для предупреждения изменения положения. Протоколы ис-

Таблица №1. Протокол МСКТ височной кости.

Параметры исследования	Компьютерный томограф	
	64-спиральный	320-спиральный
Режим томографирования	Спиральный	Объемный
Поле исследования	6-8 см	
Толщина среза	0,625 мм	0,5 мм
Напряжение	120 кВ	
Сила тока	300 мА	
Тип реконструкции	Костный	
Лучевая нагрузка	1,3-1,5 мЗв	0,58-0,62 мЗв

Yoshida H et al. (2019) изучали с помощью МРТ возможные патологические состояния хрящевой части евстахиевой трубы и окружающих ее тканей [11]. Авторы измеряли ширину поперечного сечения хрящевой части по 4 точкам. Статистически значимое различие было обнаружено в толщине нижней головки боковой крыловидной мышцы между мужчиной и женщиной (толщина большая у мужчин), а жировая ткань Остманна была значительно меньше у пациентов с зияющей слуховой трубой.

Цель исследования.

Изучить нормальную МСКТ- и фМСКТ-анатомию слуховой трубы.

Материалы и методы.

В ходе работы было исследовано 15 здоровых добровольцев (30 слуховых труб). Из них: женщины – 8 (53,3%), мужчины – 7 (46,7%). Средний возраст составил 32,4±1,14 года. МСКТ и фМСКТ провели во всех 30 наблюдениях. Для удобства анализа данных в дальнейшем мы используем показатели количества «наблюдений» (слуховых труб), а не количество здоровых добровольцев.

Статистическая обработка полученных результатов выполнена при помощи программного обеспечения для ПК «Statistics MS-Excel» с соблюдением рекомендаций для медицинских и биологических исследований. Были применены расчеты средних значений показателей по

следования представлены в таблице №1.

Для разметки области исследования выполняли топограмму. Томографирование начинали от нижнего края сосцевидного отростка и заканчивали на уровне верхнего края сосцевидного отростка. После выполнения топограммы проводили первую серию срезов в аксиальной проекции в краниальном направлении. Поле исследования (6-8 см) зависело от анатомических особенностей пациента. После получения изображений в аксиальной проекции данные обрабатывали по программе мультипланарных реконструкций.

ФМСКТ слуховых труб проводили на 320-спиральном компьютерном томографе Toshiba «Aquillion ONE» в динамическом режиме по программе мягкотканной реконструкции с толщиной среза 0,5 мм.

Разработанная методика при пробе Вальсальвы зарегистрирована в Государственном реестре изобретений РФ (патент РФ на изобретение №2411908 «Способ динамической мультиспиральной компьютерно-томографической диагностики дисфункции слуховой трубы» от 03.09.2009 г.).

Голова пациента расположена в стандартной подставке и фиксирована для предупреждения изменения положения. Пациент зажимает рукой нос, дышит, рот при этом закрыт. Далее выполняют топограмму, начинают

от нижнего края тела нижней челюсти до уровня верхнего края сосцевидного отростка по

При использовании МСКТ в просвете костной части слуховой трубы мы различали

Таблица №2. Протокол фМСКТ слуховых труб.

Параметры исследования	320-спиральный компьютерный томограф
Режим томографирования	Динамический
Поле исследования	7-8 см
Толщина среза	0,5 мм
Напряжение	80 кВ
Сила тока	350 мА
Тип реконструкции	Мягкотканый
Время исследования	4-7 сек
Воздействие воздушной волной	Дозированное
Лучевая нагрузка	0,8-1,1 мЗв

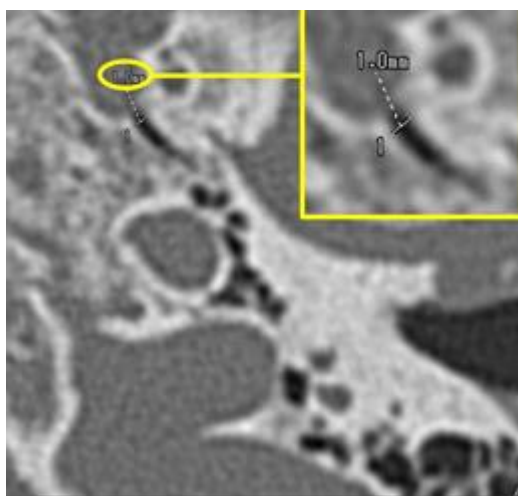


Рис. 1 а (Fig. 1 а)

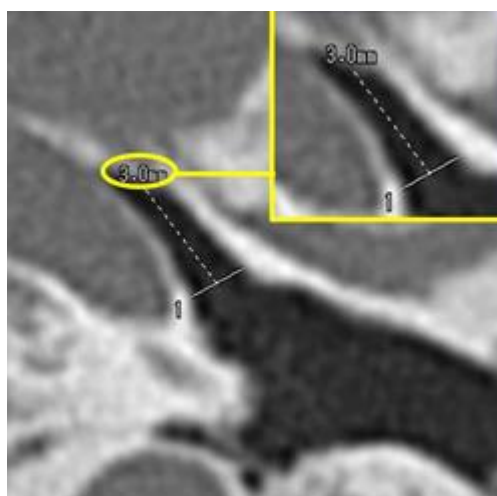


Рис. 1 б (Fig. 1 б)

Рис. 1. МСКТ левой слуховой трубы. Доброволец К., 32 года. Аксиальная плоскость.

а – Ширина костной части слуховой трубы перед перешейком.

б – Ширина костной части на уровне места прикрепления мышцы, напрягающей барабанную перепонку.

Fig. 1. MSCT of the left eustachian tube. Volunteer K., 32 y. Axial scans.

The width of the bony portion in front of the isthmus (a) and at the level of the attachment site of the tensor tympani muscle (b).

протоколу, представленному в таблице №2.

После выполнения топограммы проводят первую серию срезов в аксиальной проекции в краниальном направлении. Во время исследования пациент одновременно выдыхает при зажатых ноздрях и закрытом рте в течение 1 секунды с последующим вдохом с закрытым ртом в течение 1 секунды и повторяет 4 раза (4-6 секунд). Затем проводится реконструкция зоны интереса с увеличением и реконструкцией среза 0,25 мм. После получения срезов в аксиальной проекции всем выполняли мультипланарную реконструкцию (МПП) в косой проекции.

Результаты.

вертикальный (высота просвета) и поперечный (ширина просвета) размеры. Просвет костной части слуховой трубы измеряли в аксиальной проекции в двух точках: на уровне самой узкой части (перед перешейком) и на уровне места прикрепления мышцы, напрягающей барабанную перепонку (рис. 1). Ширина костной части перед перешейком составила $1,1 \pm 0,21$ мм; ширина костной части на уровне места прикрепления мышцы, напрягающей барабанную перепонку составила $3,82 \pm 0,4$ мм.

Также измерили толщину медиальной стенки костной части кпереди от места прикрепления мышцы, напрягающей барабанную перепонку (рис. 2). Толщина медиальной стенки

костной части слуховой трубы составила

1,1±0,15 мм.

Средние значения толщины медиальной стенки и ширины костной части слуховой трубы представлены в таблице №3.

Как видно из таблицы №3, стандартное отклонение по каждому из показателей находится в диапазоне от 10,4% до 19,1%, что свидетельствует о высокой достоверности полученных результатов. Относительно «широкий» диапазон стандартных отклонений можно объяснить наличием множества вариантов анатомической нормы. Так, например, ширина костной части перед перешейком в одном наблюдении составила 0,6 мм, а в другом – 1,6 мм.

Хрящевую часть слуховой трубы на всем протяжении визуализировали в аксиальной проекции при проведении фМСКТ с помощью пробы Вальсальвы (рис. 3).

В просвете трубы мы измеряли ширину просвета в косой проекции. При максимальном раскрытии среднее значение ширины составило: в области перешейка 2,83±0,07 мм, в области хрящевой части 4±0,09 мм, в области глоточного устья 8,8±0,08 мм. При смыкании слуховой трубы среднее значение ширины составило: в области перешейка 0,01±0,03 мм, в области хрящевой части 0,04±0,09 мм, в области глоточного устья 0,05±0,08 мм. Средние значения раскрытия и смыкания хрящевой части трубы на всех ее уровнях представлены в таблице №4.



Рис. 2 (Fig. 2)

Рис. 2. МСКТ левой слуховой трубы. Доброволец М., 47 лет. Аксиальная плоскость.

Толщина медиальной стенки костной части слуховой трубы.

Fig. 2. MSCT of the left eustachian tube. Volunteer M., 47 y. Axial scans.

The thickness of the medial wall of the bony portion of the eustachian tube.

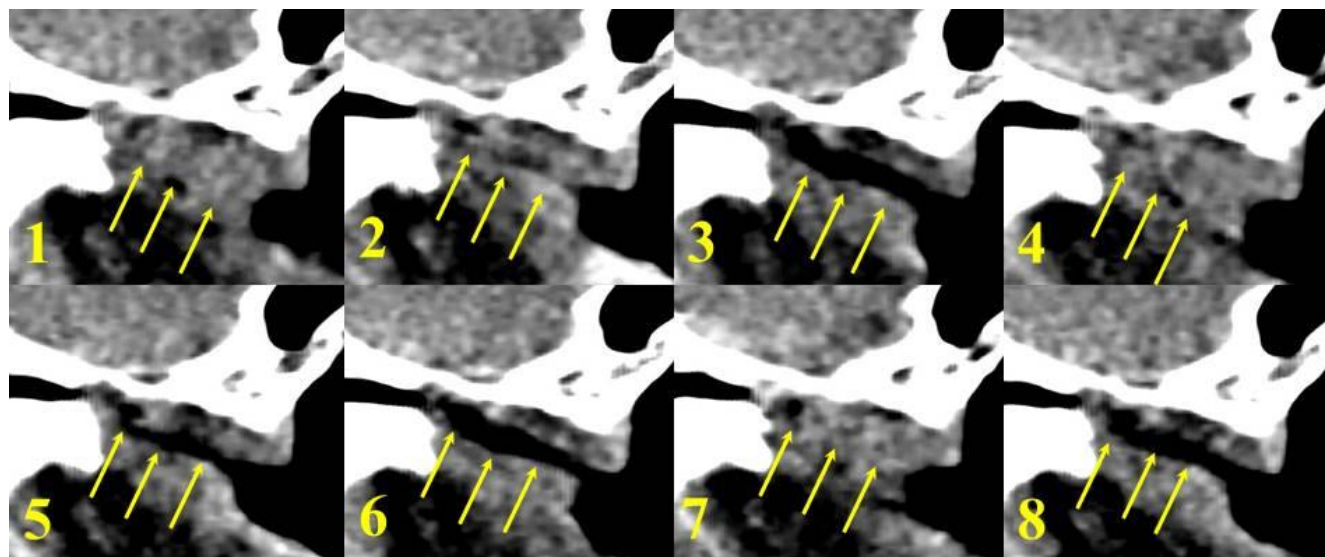


Рис. 3 (Fig. 3)

Рис. 3. фМСКТ левой слуховой трубы. Доброволец Б., 39 лет. 3D-реконструкции в аксиальной плоскости.

Последовательная серия (1-8) динамического исследования. На томограммах стрелками указана раскрытая и сомкнутая неизменная слуховая труба.

Fig. 3. FMSCT of the left eustachian tube. Volunteer B., 39 y. 3D-reconstruction in axial plan.

The series (1-8) of dynamic research. On the tomograms arrows indicate an open and closed healthy eustachian tube.

Как видно из таблицы №4, стандартное отклонение по каждому из показателей находится в диапазоне от 0,9% до 6%, что свидетельствует о высокой достоверности разработанной методики фМСКТ слуховых труб.

№2411908 «Способ динамической мультиспиральной компьютерно-томографической диагностики дисфункции слуховой трубы» от 03.09.2009 г.). Данная методика проведения фМСКТ слуховой трубы отличается от методи-

Таблица №3. Референсные значения ширины костной части слуховой трубы и толщины ее медиальной стенки (n = 30).

Структура	Значение	Среднее значение, М±м (мм)
Ширина костной части перед перешейком		1,1±0,21
Ширина костной части на уровне места прикрепления мышцы, натягивающей барабанную перепонку		3,82±0,4
Толщина медиальной стенки костной части		1,1±0,15

М – среднее значение, м – стандартное отклонение.

Таблица №4. Референсные значения подвижности хрящевой части слуховой трубы (n = 30).

Структура	Значение	Среднее значение максимального открытия, М±м (мм)	Среднее значение минимального открытия, М±м (мм)	Среднее значение амплитуды, М±м (мм)
Просвет в области перешейка		2,83±0,07	0,01±0,03	2,02±0,12
Просвет в хрящевой части		4±0,09	0,04±0,09	3,31±0,35
Просвет на уровне глоточного устья		8,8±0,08	0,05±0,08	7,94±0,55

М – среднее значение, м – стандартное отклонение.

Разработанная методика фМСКТ слуховых труб позволила неинвазивно оценить состояние хрящевой части слуховой трубы на всем протяжении. На основании вышеизложенного, нами предложен оптимальный протокол описания фМСКТ слуховых труб:

1. Пневматизация костного устья слуховой трубы.
2. Ширина просвета в области перешейка в фазы смыкания и открытия.
3. Ширина просвета в хрящевой части в фазы смыкания и открытия.
4. Смыкание и открытие глоточного устья.

Обсуждение.

Ширина костной части перед перешейком составила 1,1±0,21 мм; ширина костной части на уровне места прикрепления мышцы, натягивающей барабанную перепонку составила 3,82±0,4 мм. Толщина медиальной стенки костной части слуховой трубы составила 1,1±0,15 мм. Полученные данные сопоставимы с результатами, полученными Tisch M. et al. (2013), в работе которых средняя толщина стенки канала сонной артерии составила 1,02±0,29 мм [12].

Разработанную методику фМСКТ слуховых труб проводили в режиме динамического сканирования и с одновременным проведением пробы Вальсальвы (патент РФ на изобретение

ки, предложенной Yoshioka S. et al. (2013), при которой пациент сидел в кресле со спинкой, отклоненной на 45° и в течение динамического сканирования «шмыгал носом» [7]. Разработанная нами методика без использования специальных дополнительных средств (кресла со спинкой) и без подготовки пациента к исследованию является простой в использовании. Из недостатков разработанной нами методики можно отметить появление артефактов от движений головы пациента при «слишком усердном» проведении пробы Вальсальвы. Данный артефакт легко устраним, если перед проведением исследования объяснить пациенту его задачу и продемонстрировать пробу Вальсальвы без движений головы.

При расчете результатов подвижности хрящевой части слуховой трубы (по 3 точкам) стандартное отклонение по каждому из показателей находилось в диапазоне от 0,9% до 6%, что также свидетельствовало о высокой достоверности разработанной методики фМСКТ слуховых труб. Рассчитали референсные значения подвижности хрящевой части слуховой трубы, которые были использованы в дальнейшей работе.

Слуховая труба является одной из наиболее важных вспомогательных структур среднего

уха и имеет важное значение для проведения звука в среднем ухе [13, 14]. По мнению авторов ширина хрящевой части слуховой трубы на разных участках различна: наибольший диаметр в области глоточного устья, наименьший – в области перешейка [15, 16, 17]. Эти данные подтверждены средними значениями подвижности слуховой трубы, полученными с помощью фМСКТ по разработанной методике: средняя амплитуда подвижности просвета в области перешейка составила $2,02 \pm 0,12$ мм, средняя амплитуда подвижности просвета в области хрящевой части $3,31 \pm 0,35$ мм, средняя амплитуда подвижности просвета в области глоточного устья $7,94 \pm 0,55$ мм. При этом некоторые авторы отмечают, что при сравнении ширины хрящевого отдела справа и слева у одного и того же человека, слева максимальный диаметр хрящевого отдела в среднем несколько больше, чем справа [15, 18].

Для осуществления вентиляционной функции слуховой трубы недостаточно простой анатомической проходимости слуховой трубы для воздуха, важную роль играют процессы регуляции открытия и закрытия просвета трубы [4]. Наиболее важным фактором для защиты уха является физиологическое закрытие трубы в состоянии покоя, она выполняет роль воздуховода и клапана, регулирующего давление в среднем ухе [19, 20, 21, 22]. Процессы открытия и закрытия (смыкания) хрящевой части слухо-

вой трубы также нашли отображение при фМСКТ слуховой трубы по разработанной методике и были учтены в протоколе описания результатов фМСКТ.

Выводы.

На основании полученных результатов были изучены МСКТ- и фМСКТ-изображения различных вариантов анатомического строения слуховой трубы. Разработанная методика фМСКТ слуховых труб с пробой Вальсальвы является объективным и высокоэффективным методом оценки функционального состояния хрящевой части слуховой трубы. Определены референсные фМСКТ-значения подвижности хрящевой части слуховой трубы и референсные МСКТ-значения ширины костной части перед перешейком и на уровне места прикрепления мышцы, напрягающей барабанную перепонку, а также референсное значение толщины медиальной стенки костной части слуховой трубы. Полученные данные можно использовать для детальной оценки состояния каждой конкретной структуры слуховой трубы.

Источник финансирования и конфликт интересов.

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

Список литературы:

1. Smith M.E., Scoffings D.J., Tysome J.R. *Imaging of the Eustachian tube and its function: a systematic review. Neuroradiology.* 2016; 58(6): 543-556. doi: 10.1007/s00234-016-1663-4.
2. Чупова Н.А., Бодрова И.В., Терновой С.К., Груша Я.О., Данилов С.С. *Первые результаты функциональной мультиспиральной компьютерной томографии (фМСКТ) в определении сократимости экстраокулярных мышц глаза. Диагностическая и интервенционная радиология.* 2010; 4: 11-18.
3. Shores J.T., Demehri S., Chhabra A. *Kinematic "4 Dimensional" CT imaging in the assessment of wrist biomechanics before and after surgical repair. Eplasty.* 2013; 13: e9. Epub 2013 Feb 23.
4. Бобошко М.Ю., Лопотко А.И. *Слуховая труба. СПб: «СнецЛум», 2003. 132–137с.*
5. Niwa H., Takahachi M., Yanagita N., Naganawa S. *Evaluation of Clearance Function of the Eustachian Tube by Sequential Contrast CT. Acta Otolaringol (Stockh).* 1990; 471: 43–50.
6. McDonald M.H., Hoffman M.R., Gentry L.R., Jiang J.J. *New insights into mechanism of Eustachian tube ventilation based on cine computed tomography images. Eur Arch Otorhinolaryngology.* 2012; 269 (8): 1901–1907.
7. Yoshioka S., Naito K., Fujii N., Katada K. *Movement of the Eustachian tube during sniffing in patients with patulous Eustachian tube: evaluation using a 320—row area detector CT scanner. Otol Neurotol.* 2013; 34 (5): 877–883.
8. Tarabichi M., Najmi M. *Visualization of the eustachian tube lumen with Valsalva computed tomography. Laryngoscope.* 2015; 125 (3): 724–729.
9. Abdel-Aziz T., Schröder S., Lehmann M., Gehl H.B., Ebmeyer J., Sudhoff H. *Computed tomography before balloon Eustachian tuboplasty — a true necessity? Otol Neurotol.* 2014; 35 (4): 635–638.
10. Ikeda R.1,2, Kikuchi T.3, Oshima H.3, Miyazaki H.3,4, Hidaka H.3, Kawase T.3, Katori Y.3, Kobayashi T.3,4 *Computed tomography findings of the bony portion of the Eustachian tube with or without patulous Eustachian tube patients. Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2017; 274(2): 781-786. doi: 10.1007/s00405-016-4383-9.
11. Yoshida H.1,2, Takahashi H.1,3, Morikawa M.4. *Anatomy of the Surrounding Tissue of the Eustachian Tube in Patulous Eustachian Tube: 3 TeslaMagnetic Resonance Imaging Approach. Otol Neurotol.* 2019; 40(2): e107-e114. doi: 10.1097/MAO.0000000000002086.
12. Tisch M., Störrle P., Danz B., Maier H. *Role of imaging before Eustachian tube dilation using the Bielefeld balloon catheter. HNO.* 2013; 61 (6): 488–491.
13. Калина В.О. *Эмбриология и анатомия уха. Многотомное руководство по оториноларингологии. Т.1: Общая оториноларингология. М., 1960. 100–174с.*
14. Prades J.M., Dummolard J.M., Calloch F. et al. *Descriptive anatomy of the human auditory tube. Surg. Radiol. Anat.* 1998; 20 (5):335–340.

15. Богомилский М.Р., Орлова О.С. *Анатомия, физиология и патология органов слуха и речи*. М.: Авторская Академия, Товарищество научных изданий КМК, 2008. 3–95с.

16. Якуткина Н.А. *Слуховая труба человека в раннем детстве*. Журн. ушных, носовых и горловых болезней. 1961; 5: 66 — 69.

17. Leuwer R., Koch U. *Anatomie und Physiologie der Tuba auditiva. Therapeutische Möglichkeiten bei chronischen Tubenfunktionsstörungen*. HNO. 1999; 47 (5): 514–523.

18. Богомилский М.Р., Турусов Д.А., Кушель Ю.В., Зеликович Е.И., Поляев Ю. А. *Гломусные опухоли среднего уха у*

детей. Вестник оториноларингологии. 2007; 5: 4–7.

19. Бабьяк В.И., Говорун М.И., Накатис Я.А. *Оториноларингология: Руководство*. СПб.: Питер, 2009. Т.2: 266–755 с.

20. Бербом Х., Кашке О., Навка Т., Свифт Э. *Болезни уха, горла и носа*. Пер. с англ. М.: МЕДпресс-информ, 2012. 38–51 с.

21. Дайхес Н.А. *Руководство по аудиологии и слухопротезированию*. М.: МИА, 2009. 22–50 с.

22. Чесноков А.А. *Функциональная анатомия ЛОР-органов*. Монография. Surgut: Дефис, 2009. 8–85 с.

References:

- Smith M.E., Scoffings D.J., Tysome J.R. *Imaging of the Eustachian tube and its function: a systematic review*. *Neuroradiology*. 2016; 58(6): 543-556. doi: 10.1007/s00234-016-1663-4.
- Chupova N.A., Bodrova I.V., Ternovoy S.K., Grusha Ia.O., Danilov S.S. *The first results of functional multispiral computed tomography (fMSCT) in determining the contractility of extraocular eye muscles*. *Radiology diagnostics and intervention*. 2010; 4: 11-18.
- Shores J.T., Demehri S., Chhabra A. *Kinematic “4 Dimensional” CT imaging in the assessment of wrist biomechanics before and after surgical repair*. *Eplasty*. 2013; 13: e9. Epub 2013 Feb 23.
- Boboshko M.Iu., Lopotko A.I. *Eustachian tube*. SPb., SpetsLit, 2003. 132–137 p. (in Russian).
- Niwa H., Takahachi M., Yanagita N., Naganawa S. *Evaluation of Clearance Function of the Eustachian Tube by Sequential Contrast CT*. *Acta Otolaringol (Stockh)*. 1990; 471: 43–50.
- McDonald M.H., Hoffman M.R., Gentry L.R., Jiang J.J. *New insights into mechanism of Eustachian tube ventilation based on cine computed tomography images*. *Eur Arch Otorhinolaryngology*. 2012; 269 (8): 1901–1907.
- Yoshioka S., Naito K., Fujii N., Katada K. *Movement of the Eustachian tube during sniffing in patients with patulous Eustachian tube: evaluation using a 320—row area detector CT scanner*. *Otol Neurotol*. 2013; 34 (5): 877–883.
- Tarabichi M., Najmi M. *Visualization of the eustachian tube lumen with Valsalva computed tomography*. *Laryngoscope*. 2015; 125 (3): 724–729.
- Abdel-Aziz T., Schröder S., Lehmann M., Gehl H.B., Ebmeyer J., Sudhoff H. *Computed tomography before balloon Eustachian tuboplasty — a true necessity?* *Otol Neurotol*. 2014; 35 (4): 635–638.
- Ikeda R.1,2, Kikuchi T.3, Oshima H.3, Miyazaki H.3,4, Hidaka H.3, Kawase T.3, Katori Y.3, Kobayashi T.3,4 *Computed tomography findings of the bony portion of the Eustachian tube with or without patulous Eustachian tube patients*. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2017; 274(2): 781-786. doi: 10.1007/s00405-016-4383-9.
- Yoshida H.1,2, Takahashi H.1,3, Morikawa M.4. *Anatomy of the Surrounding Tissue of the Eustachian Tube in Patulous Eustachian Tube: 3 TeslaMagnetic Resonance Imaging Approach*. *Otol Neurotol*. 2019; 40(2): e107-e114. doi: 10.1097/MAO.0000000000002086.
- Tisch M., Störrle P., Danz B., Maier H. *Role of imaging before Eustachian tube dilation using the Bielefeld balloon catheter*. *HNO*. 2013; 61 (6): 488–491.
- Kalina V.O. *Embryology and anatomy of the ear. A multivolume guide to otorhinolaryngology; V.1: General otorhinolaryngology*. M., 1960. 100-174 p. (in Russian).
- Prades J.M., Dummolard J.M., Calloc'h F. et al. *Descriptive anatomy of the human auditory tube*. *Surg. Radiol. Anat*. 1998; 20 (5):335–340.
- Bogomilsky M.R., Orlova O.S. *Anatomy, physiology and pathology of the hearing and speech*. М.: Author's Academy, Fellowship of Scientific Publications of KMC, 2008. 3–95 p. (in Russian).
- Yakutkina N.A. *Eustachian tube of the person in early childhood*. *The journal of ear, nose and throat diseases*. 1961; 5: 66-69 (in Russian).
- Leuwer R., Koch U. *Anatomie und Physiologie der Tuba auditiva. Therapeutische Möglichkeiten bei chronischen Tubenfunktionsstörungen*. HNO. 1999; 47 (5): 514–523.
- Bogomilsky MR, Turusov DA, Kushel Yu.V., Zelikovich EI, Polyayev Yu. A. *Glomus tumors of the middle ear in children*. *Vestnik Otorinolaringoly*. 2007; 5: 4-7. (in Russian).
- Babiak VI, Govorun MI, Nakatis Ya.A. *Otorhinolaryngology: Leadership*. – Sp.P.: Peter, 2009. 2:266-755.
- Berbom H., Kashka O., Navka T., Swift E. *Ear, nose and throat diseases. Trans. with English*. - Moscow: MEDpress-Inforn, 2012. 38-51 p.
- Daihes N.A. *Audiology and hearing aid guide*. — М.: МИА, 2009. 22–50 p. (in Russian).
- Chesnokov A.A. *Functional anatomy of ENT organs*. *Monograph*. Surgut: Hyphen, 2009. 8-85 p. (in Russian).