

Эффективность использования сверхэластичных нитиноловых стапедиальных протезов в сравнении с титановыми при хирургическом лечении пациентов с отосклерозом

Х.М. Диаб^{1,2}, Н.А. Дайхес^{1,2}, О.А. Пашнина¹, С.В. Коханюк^{✉1}, А.В. Смирнова¹, А.Г. Зухба¹

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии» ФМБА России, Москва, Россия;

²ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия

Аннотация

В статье представлены результаты сравнительной оценки хирургического лечения пациентов, страдающих кондуктивной и смешанной тугоухостью, при различных клинических формах отосклероза с применением титановых и нитиноловых стапедиальных протезов.

Материалы и методы. В отделе хирургического лечения заболеваний уха и основания черепа ФГБУ НМИЦО с 2017 по 2020 г. проводилось сравнение функциональных результатов стапедопластики с применением титановых и нитиноловых протезов в ближайшем (до 3 мес) и отдаленном (более 6 мес) послеоперационном периоде. В группы сравнения вошли 50 пациентов, которые разделены на две равнозначные по всем основным показателям группы и различаются между собой исключительно по виду используемого протеза (SE NiTiNOL/PTFE и Ti/PTFE). В послеоперационном периоде (усредненный период наблюдения составил 3 года) оценивали значения костно-воздушного интервала (КВИ) у оперированных пациентов; также проводилось клиническое и экспериментальное сравнение данных компьютерной томографии, полученных при установке титановых и нитиноловых протезов.

Результаты. Функциональные результаты оценивались в ближайшие (1–3 мес) и отдаленные (6 мес – 3 года) сроки после хирургического вмешательства. Средний послеоперационный КВИ составил 12,29 дБ (стандартное отклонение ± 5 дБ) у пациентов в группе с установкой нитиноловых протезов и 11,93 дБ (стандартное отклонение ± 5 дБ) – титановых. У 88 и 80% пациентов в обеих группах отмечен «отличный» или «хороший» результат улучшения слуха. На кадаверном материале проведено сравнение данных КТ, полученных при установке стапедиальных протезов: в 4 случаях при установке нитинолового протеза отсутствовали артефакты, что позволяло визуализировать кольцо крепления протеза; в других 4 случаях с титановым протезом этого выявить не представлялось возможным.

Заключение. Установка нитинолового протеза имеет ряд преимуществ: не требует дополнительной фиксации его головки на длинной ножке наковальни в виде «обжатия», что минимизирует риски травматизации структур внутреннего уха и, соответственно, развитие сенсоневральной тугоухости в послеоперационном периоде, также применение протезов SE NiTiNOL снижает вероятность развития асептического некроза длинной ножки наковальни благодаря свойствам металла и уменьшению его толщины. Анализируя данные компьютерных томограмм пациентов после стапедопластики, только у группы с установленными нитиноловыми протезами удалось визуализировать положение протеза на длинной ножке наковальни, в области преддверия, его длину, целостность длинной ножки наковальни.

Ключевые слова: отосклероз, стапедиальные протезы, стапедопластика, результаты лечения

Для цитирования: Диаб Х.М., Дайхес Н.А., Пашнина О.А., Коханюк С.В., Смирнова А.В., Зухба А.Г. Эффективность использования сверхэластичных нитиноловых стапедиальных протезов в сравнении с титановыми при хирургическом лечении пациентов с отосклерозом. Consilium Medicum. 2022;24(9):603–608. DOI: 10.26442/20751753.2022.9.201870

© ООО «КОНСИЛИУМ МЕДИКУМ», 2022 г.

Введение

Отосклероз – это первичное очаговое заболевание эндохдрального слоя костной капсулы лабиринта, поражающее только людей, клинически проявляющееся как прогрессирующее снижение слуха кондуктивного, сме-

шанного или сенсоневрального характера [1, 2]. Этиология отосклероза остается не до конца изученной. На сегодняшний день предполагают множество причин, приводящих к развитию заболевания: генетические, иммунологические, вирусная теория, отосклероз как результат биохимических

Информация об авторах / Information about the authors

[✉]**Коханюк Светлана Витальевна** – соотр. научно-клинического отд. патологии уха и основания черепа ФГБУ НМИЦО. E-mail: skokhanyuk94@gmail.com; ORCID: 0000-0001-7171-9619

Диаб Хассан Мохаммад Али – д-р мед. наук, зам. дир. по международной деятельности, гл. науч. соотр. ФГБУ НМИЦО, проф. каф. оториноларингологии ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова». E-mail: Hasandiab@mail.ru; ORCID: 0000-0001-5337-3239

Дайхес Николай Аркадьевич – чл.-кор. РАН, д-р мед. наук, проф., дир. ФГБУ НМИЦО, зав. каф. оториноларингологии ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова». E-mail: admin@otolar.ru; ORCID: 0000-0001-5636-5082

Пашнина Ольга Александровна – канд. мед. наук, рук. научно-клинического отд. патологии уха и основания черепа ФГБУ НМИЦО. E-mail: Olga83@mail.ru; ORCID: 0000-0002-7188-3280

Смирнова Анастасия Вячеславовна – соотр. научно-клинического отд. патологии уха и основания черепа ФГБУ НМИЦО. E-mail: NastyaSmirnova92@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-1404-5643

Зухба Амина Гарриевна – соотр. научно-клинического отд. патологии уха и основания черепа ФГБУ НМИЦО. E-mail: amina_zuhba@mail.ru; ORCID: 0000-0002-7343-9642

[✉]**Svetlana V. Kokhanyuk** – Researcher, National Medical Research Center for Otorhinolaryngology. E-mail: skokhanyuk94@gmail.com; ORCID: 0000-0001-7171-9619

Khassan M.A. Diab – D. Sci. (Med.), National Medical Research Center for Otorhinolaryngology, Pirogov Russian National Research Medical University. E-mail: Hasandiab@mail.ru; ORCID: 0000-0001-5337-3239

Nikolai A. Daikhes – D. Sci. (Med.), Prof., Corr. Memb. RAS, National Medical Research Center for Otorhinolaryngology, Pirogov Russian National Research Medical University. E-mail: admin@otolar.ru; ORCID: 0000-0001-5636-5082

Olga A. Pashchinina – Cand. Sci. (Med.), National Medical Research Center for Otorhinolaryngology. E-mail: Olga83@mail.ru; ORCID: 0000-0002-7188-3280

Anastasiya V. Smirnova – Researcher, National Medical Research Center for Otorhinolaryngology. E-mail: NastyaSmirnova92@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-1404-5643

Amina G. Zuhba – Researcher, National Medical Research Center for Otorhinolaryngology. E-mail: amina_zuhba@mail.ru; ORCID: 0000-0002-7343-9642

The effectiveness of the use of superelastic nitinol stapedial prostheses in comparison with titanium ones in the surgical treatment of patients with otosclerosis

Khassan M.A. Diab^{1,2}, Nikolai A. Daikhes^{1,2}, Olga A. Pashchinina¹, Svetlana V. Kokhanyuk^{✉1}, Anastasiya V. Smirnova¹, Amina G. Zukhba¹

¹National Medical Research Center for Otorhinolaryngology, Moscow, Russia;

²Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Abstract

This article presents the results of a comparative evaluation of surgical treatment of patients suffering from conductive and mixed hearing loss in various clinical forms of otosclerosis using titanium and nitinol stapedial prostheses.

Materials and methods. In the department of surgical treatment of diseases of the ear and the base of the skull of the NMICO from 2017 to 2020, the functional results of stapedoplasty using titanium and nitinol prostheses were compared in the near (up to 3 months) and long-term (more than 6 months) postoperative period. The comparison groups included 50 patients who were divided into two equal in all major indicators groups that differ only in the type of prosthesis used (SE NiTiNOL/PTFE and Ti/PTFE). In the postoperative period (the average follow-up period was 3 years), the values of the bone-air interval in operated patients were evaluated; clinical and experimental comparison of computed tomography data obtained during the installation of titanium and nitinol prostheses was also carried out.

Results. Functional results were assessed in the immediate (1–3 months) and long-term (6 months–3 years) periods after surgery. The average postoperative CVI was 12.29 dB (SD ± 5 dB) in patients in the group with nitinol prostheses and 11.93 dB (SD ± 5 dB) in titanium. 88% and 80% of patients in both groups had an "excellent" or "good" result in hearing improvement.

The cadaveric material was used to compare the CT data obtained during the installation of stapedial prostheses: in 4 cases, when installing a nitinol prosthesis, there were no artifacts, which made it possible to visualize the prosthesis attachment ring; in the other 4 cases with a titanium prosthesis, this was not possible to detect.

Conclusions. The installation of a nitinol prosthesis has a number of advantages: it does not require additional fixation of its head on the long stem of the anvil in the form of a "compression", which minimizes the risks of traumatizing the structures of the inner ear and, accordingly, the development of sensorineural hearing loss in the postoperative period, as well as the use of SENiTiNOL prostheses reduces the likelihood of developing aseptic necrosis of the long leg of the anvil due to the properties of the metal and a decrease in its thickness. Analyzing the data of computed tomograms of patients after stapedoplasty, only in the group with installed nitinol prostheses, it was possible to visualize the position of the prosthesis on the long stem of the incus, in the area of the vestibule, its length, the integrity of the long stem of the incus.

Keywords: otosclerosis, stapedial prostheses, stapedoplasty, treatment results

For citation: Diab KhMA, Daikhes NA, Pashchinina OA, Kokhanyuk SV, Smirnova AV, Zukhba AG. The effectiveness of the use of superelastic nitinol stapedial prostheses in comparison with titanium ones in the surgical treatment of patients with otosclerosis. *Consilium Medicum*. 2022;24(9):603–608. DOI: 10.26442/20751753.2022.9.201870

и гормональных нарушений [3]. Наиболее частая локализация ремоделированной отосклеротической кости – впереди окна преддверия, ниша окна улитки, а также апикальная и медиальная стенки улитки соответственно [1, 4, 5]. Другие участки поражения предложены в следующем порядке убывания: позади окна преддверия, задней стенки внутреннего слухового прохода, его передней стенки, вокруг водопровода улитки, вокруг полукружных каналов и непосредственно в подножной пластинке стремени [5].

Диагноз отосклероза устанавливается на основании жалоб пациента: снижение слуха, шум в ушах, головокружение; данных анамнеза заболевания; анамнеза жизни; объективного осмотра: интактная барабанная перепонка с четкими анатомическими ориентирами; субъективных и объективных методов исследования слуха (исследование слуха шепотной и разговорной речью, камертональное исследование, аудиометрия и импедансометрия) и данных лучевых исследований (компьютерная томография – КТ височных костей) [6, 7].

Следует обратить внимание на то, что в последнее время, в том числе и в нашем Центре, все больше внимания уделяется изучению данных КТ височных костей у пациентов с отосклерозом, по результатам которых можно выявить локализацию очагов поражения, их распространенность, на основании чего определяются хирургическая тактика и прогноз операции. Также на основании этих данных можно провести дифференциальную диагностику отосклероза с изолированными аномалиями среднего уха: аномалии развития молоточка и/или наковальни при подвижном стремени, различные аномалии среднего уха при наличии неподвижной подножной пластинки стремени, аномалии

среднего уха при отсутствии подножной пластинки стремени, а также с адгезивным средним отитом, посттравматическим разрывом цепи слуховых косточек, тимпано-склерозом [8, 9].

Как известно, для поршневой методики стапедопластики характерны осложнения: аваскулярный некроз длинной ножки наковальни, смещение и даже экструзия протеза, которые встречаются у 10–13%, по данным разных авторов [10–12], а также образование перилимфатических фистул лабиринта, приводящих к сенсоневральной потере слуха.

Как и раньше, в настоящее время в отохирургии результат стапедопластики оценивается по данным тональной пороговой аудиометрии (ТПА) в раннем (до 3 мес) и позднем (более 6 мес) послеоперационном периоде в виде сокращения показателей костно-воздушного интервала (КВИ). Однако оценить причину возникшего неудовлетворительного результата стапедопластики только лишь на основании полученных данных ТПА не во всех случаях представляется возможным. Поэтому в последние годы уделяется большое значение методам визуализации протеза стремени. КТ височных костей в послеоперационном периоде позволяет определить смещение протеза, либо отсутствие контакта между подножной пластинкой стремени и проксимальным концом поршня, либо отрывом петли поршня от длинной ножки наковальни, полный вывих поршня, слишком короткий поршень, наличие фиброзной ткани, заполняющей нишу окна преддверия, асептический некроз длинной ножки наковальни, периферический и/или перипротезный фиброз, разрастание отоспонгиозного очага, заполняющего овальную ямку и блокирующего движение протеза [13]. F. Warren и соавт. (2008 г.) считают, что

при оценке протеза стремени с помощью КТ необходимо также учитывать, из какого материала сделан протез [14].

Для поршневой методики стапедопластики доступны и используются разные типы протезов, которые отличаются технологией соединения на длинной ножке наковальни, формой, шириной, длиной стержня, длиной поршня, материалом из которого они изготовлены. По технике сцепления с длинной ножкой наковальни протезы можно разделить на обжимные, термоактивируемые и клипсирующие [15]. По составу стапедальные протезы, применяемые в последние годы, могут состоять как из титана, который хорошо зарекомендовал себя своей биосовместимостью и своими механическими свойствами [16, 17], так и из суперэластичного нитинола. В последнем варианте головка протеза изготавливается из нитинола. Вал и поршневая часть, которая выступает во внутреннее ухо, состоят из тефлона. Нитинол – это никель-титановый сплав (55% никеля, 45% титана), который в зависимости от используемого метода приобретает различные механические свойства во время термообработки: металлическая пружина из нитинола полностью возвращается к своей первоначальной форме даже в случае сильных деформаций [18]. Одним из главных преимуществ нитиноловых протезов является мягкая и надежная его фиксация без необходимости сжатия кольца протеза; это связано, с одной стороны, со свойствами материала нитинола, с другой – с уменьшением толщины материала, что снижает вероятность развития осложнений в послеоперационном периоде. Также благодаря свойствам нитинола минимизируется возможность вывиха наковальни в ходе манипуляций с протезом во время его установки [15, 19, 20].

Мы провели сравнительную оценку полученных результатов хирургического лечения в группах больных с использованием протезов из нитинола (SE NiTiNOL/PTFE) – 1-я группа и титана (Ti/PTFE) – 2-я группа. Необходимую длину протеза определяли путем измерения (специальным инструментом) расстояния между опорой (нижняя поверхность длинной ножки наковальни) и барабанной поверхностью основания стремени в окне преддверия (которое составляло около 3,5–3,7 мм) с добавлением глубины погружения протеза в преддверие, приблизительно соответствующей толщине подножной пластинки (около 0,5–0,8 мм в зависимости от степени поражения ее отосклеротическим процессом). Путем несложных арифметических действий получали, что искомая длина протеза в среднем составляла 4,0–4,5 мм. Протез вводили в хирургическое поле с помощью вакуум-аспиратора, дистальный конец протеза надевался на длинный отросток наковальни, проксимальный устанавливался в сформированную перфорацию подножной пластинки стремени. Дополнительных манипуляций для фиксации дистальной части протеза на длинную ножку наковальни не требовалось. Аудиологический результат операции оценивался на частотах 0,5, 1, 2 и 4 кГц. КВИ оценивался как разница между костной и воздушной проводимостью на соответствующих частотах.

Несмотря на полученные положительные функциональные (аудиологические) результаты в обеих группах, необходимо учитывать, что установка титанового протеза требует дополнительной фиксации его головки на длинной ножке наковальни путем «обжатия», что может привести к дополнительной травматизации структур внутреннего уха, что в свою очередь может увеличить процент развития сенсоневральной тугоухости в послеоперационном периоде в отличие от установки сверхэластичного самообжимного нитинолового протеза.

Цель исследования – провести сравнительную оценку результатов применения нитиноловых и титановых протезов у пациентов с отосклерозом при стапедопластике в раннем и отдаленном послеоперационном периоде,

данных КТ пациентов на до- и послеоперационном этапе (срок наблюдения составил 1–3 года), а также результатов сравнения данных КТ титановых и нитиноловых протезов экспериментально.

Материалы и методы

В исследование включены 50 пациентов в возрасте от 17 до 61 года с диагнозом отосклероза, прооперированных в отделе патологии уха и основания черепа с 2017 по 2020 г. на базе ФГБУ НМИЦО. Проведен анализ данных ТПА в раннем и отдаленном послеоперационном периодах. На предоперационном этапе проводились общеклиническое, стандартное оториноларингологическое обследование, ТПА, импедансометрия, КТ височных костей с шагом не более 0,6 мм. Так, 44 (88%) пациента прооперированы под местной анестезией и 6 (12%) под эндотрахеальным наркозом, во всех случаях для тимпанотомии использовался эндауральный разрез с последующим использованием перфоратора и крючков для перфорации подножной пластинки под контролем микроскопа (Pentero Zeiss). Все 50 первичных операций с использованием поршневой методики стапедопластики у пациентов с фенестральной и фенестрально-кохлеарной формой отосклероза выполнены последовательно поочередно одним хирургом, следствием чего оказалось, что у 25 больных установлен титановый протез с тефлоном и у других 25 – нитиноловый протез.

Послеоперационное наблюдение включало в себя оценку функциональных результатов и фиксацию возможных осложнений. В ходе аудиологического исследования на предоперационном и постоперационном этапах оценивалась и фиксировалась разница костной и воздушной проводимости на уровне 500, 1000, 2000 и 4000 Гц. По данным ТПА на дооперационном этапе выявлена кондуктивная форма тугоухости (фенестральная форма отосклероза) у 20 (40%) больных, у 30 (60%) – смешанная тугоухость (фенестрально-кохлеарная форма); средние пороги костной проводимости на предоперационном этапе по данным ТПА составили 30,05 дБ, средние пороги воздушной проводимости – 58,15. Средний КВИ на предоперационных аудиограммах пациентов составил 27,65 дБ.

Средний период послеоперационного наблюдения составил до 3 лет (но не менее 12 мес, а у части больных – до 5 лет). Повторные аудиологические исследования проводились на 1–3, 6, 12–38-й месяцы после операции в зависимости от явки пациента. Все пациенты оперированы на второе ухо с разницей от 6 мес до 2 лет после первого хирургического вмешательства, в связи с чем им проведено повторное стационарное стандартное обследование, в том числе КТ височных костей, благодаря чему представилась возможность оценить положение поршня протеза в области подножной пластинки, его расположение на длинной ножке наковальни.

Результаты

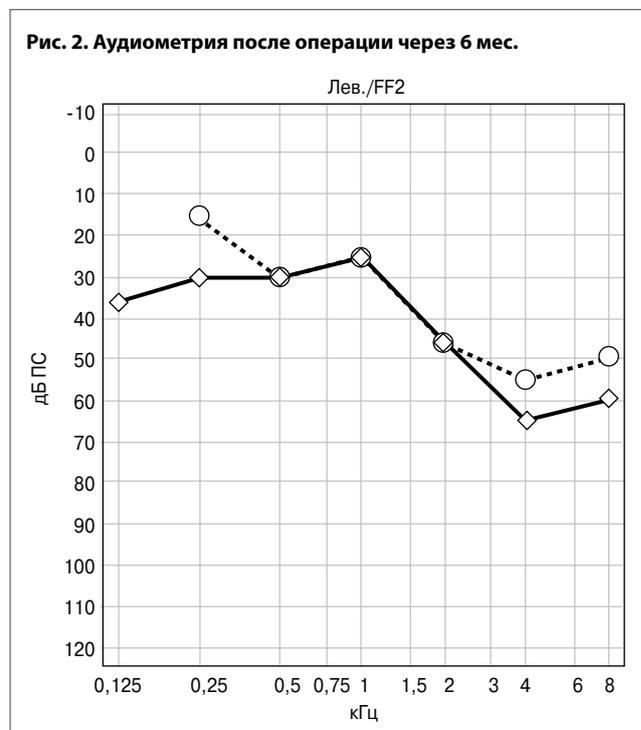
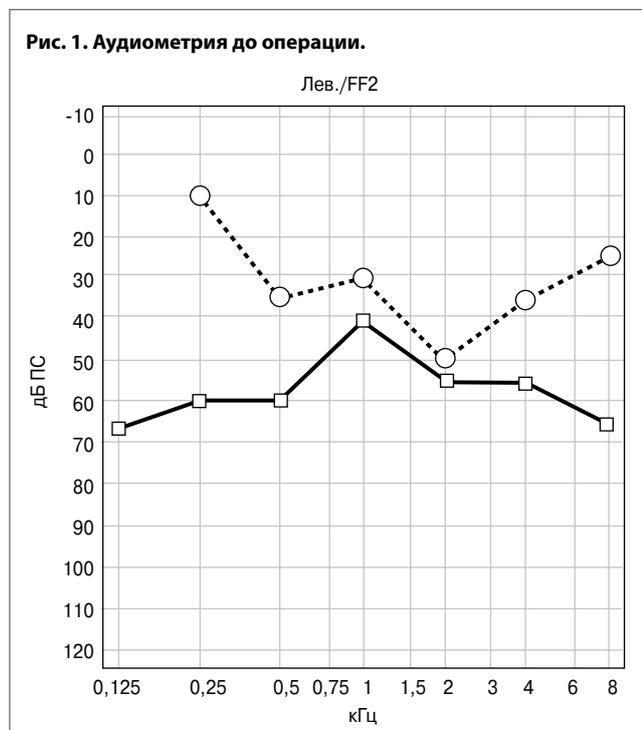
Функциональные результаты оценивались в ближайшие (1–3 мес) и отдаленные (6 мес – 3 года) сроки после хирургического вмешательства. Для оценки функциональных результатов рассчитывалось среднее арифметическое значение порогов воздушного и костного звукопроводения ТПА для частот 0,5–1–2–4 кГц и значение КВИ. Результат стапедопластики расценивался как «отличный», если усредненное значение послеоперационного КВИ не превышало 10 дБ, «хороший» – 10–15 дБ, «удовлетворительный» – до 20 дБ, «неудовлетворительный» – более 20 дБ при условии, что послеоперационные пороги костного звукопроводения оставались неизменными или у части больных улучшались на некоторые частоты (например, 2 кГц); табл. 1.

Как представлено в табл. 1, у 88 и 80% пациентов в обеих группах отмечен «отличный» или «хороший» результат улучшения слуха. Ни у одного из пациентов не отмечено

Таблица 1. Функциональные результаты операции в отдаленные сроки (более 6 мес)

Тип протеза	«Отличный», абс. (%)	«Хороший», абс. (%)	«Удовлетворительный», абс. (%)	«Неудовлетворительный», абс. (%)
SE NiTiNOL (n=25)	13 (52)	9 (36)	3 (12)	0 (0)
Ti/PTFE (n=25)	12 (48)	8 (32)	4 (16)	1 (4)*
Всего (n=50)	25 (50)	17 (34)	7 (14)	1 (2)*

*В ходе наблюдения в течение 3 лет у 1 пациента с титановым протезом обнаружен асептический некроз длинной ножки наковальни в ходе повторной ревизионной операции, в группе с использованием нитинолового подобного осложнения не наблюдалось.



полной потери слуха. В одном случае не отмечалось улучшения слуха ввиду асептического некроза длинной ножки наковальни. Средний послеоперационный КВИ составил 12,29 дБ (стандартное отклонение ± 5 дБ) у пациентов в группе с установкой нитиноловых протезов и 11,93 дБ (стандартное отклонение ± 5 дБ) – титановых.

Предоперационные и послеоперационные пороги костной проводимости у всех пациентов находились на одном уровне как в группе с титановыми, так и с нитиноловыми протезами, в то время как пороги по воздушной проводимости снизились (улучшились) в обеих группах.

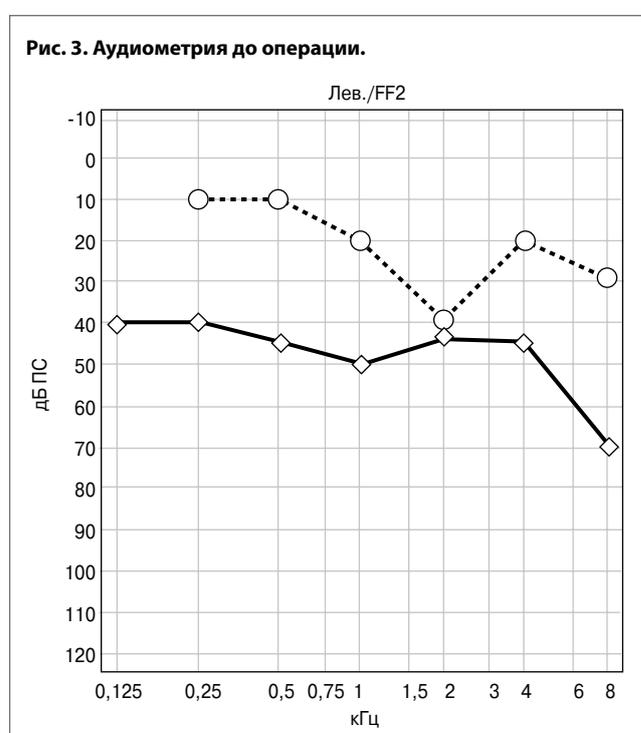
В качестве примеров приводим данные ТПА пациентов до и после операции с установкой титанового или нитинолового протеза (рис. 1–4).

Пациент №1: во время стапедопластики установлен Ti/PTFE протез.

Пациент №2, которому установлен SE NiTiNOL протез.

На КТ височных костей после хирургического лечения с разницей в 1–3 года визуализировался установленный стапедиальный протез. Проведено сравнение данных КТ у пациентов с титановыми и нитиноловыми протезами. Только в группе с установленными нитиноловыми протезами удалось оценить положение его на длинной ножке наковальни, в области преддверия, целостность длинной ножки наковальни (что указывало на отсутствие ее асептического некроза) в связи с отсутствием артефактов (рис. 5, 6).

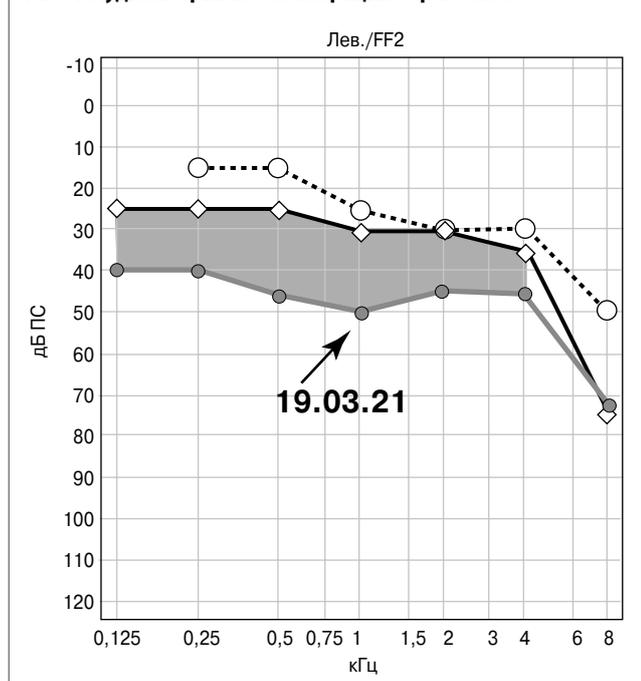
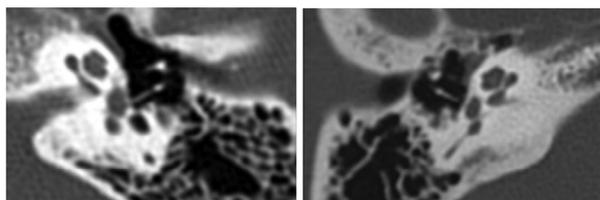
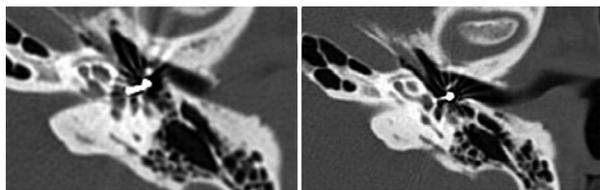
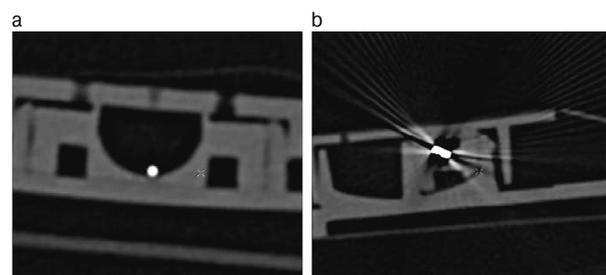
Помимо этого экспериментально на 8 кадаверных височных костях (по 4 в каждом из двух исследований) проведено сравнение данных КТ, полученных при установке титановых и нитиноловых протезов, и определена возможность визуализации области крепления кольца протеза. В результате оказалось, что в 4 случаях с установкой нитинолового протеза отсутствуют артефакты, что позволяет визуализировать кольцо крепления протеза; в других



4 случаях с титановым протезом этого выявить не представлялось возможным (рис. 7).

Заключение

Проведенный сравнительный анализ результатов поршневой методики стапедопластики показал, что в послеоперационном периоде у пациентов обеих групп с использо-

Рис. 4. Аудиометрия после операции через 6 мес.**Рис. 5. КТ височных костей у пациента с установленным SE NiTiNOL.****Рис. 6. КТ височных костей у пациента с установленным Ti/PtFE.****Рис. 7. КТ, на котором представлена визуализация кольца крепления протеза.**

ванием как титановых, так и нитиноловых протезов в 80 и 88% случаев соответственно отмечаются положительные («отличные» и «хорошие») функциональные результаты в виде сокращения КВИ до 10 и/или 15 дБ. Следствием того,

что установка нитинолового протеза не требует дополнительной фиксации его головки на длинной ножке наковальни в виде «обжатия», является практическое сведение: нет рисков травматизации структур внутреннего уха и, соответственно, развития сенсоневральной тугоухости в послеоперационном периоде. Также применение протезов SE NiTiNOL снижает вероятность развития асептического некроза длинной ножки наковальни благодаря свойствам металла и уменьшению его толщины.

КТ височных костей является одним из необходимых и обязательных методов исследования больных отосклерозом на дооперационном этапе для определения локализации и распространенности очагов, а также дифференциальной диагностики с другими заболеваниями уха. Анализируя данные компьютерных томограмм пациентов после стапедопластики, удалось визуализировать положение протеза на длинной ножке наковальни, в области преддверия, его длину, целостность длинной ножки наковальни у 1-й группы с SE NiTiNOL в связи с отсутствием артефактов. КТ-визуализация стапедиального протеза в послеоперационном периоде особенно важна при получении неудовлетворительных функциональных результатов операции и/или развитии послеоперационных осложнений с целью определения дальнейшей тактики ведения таких пациентов и необходимости проведения ревизионной тимпанотомии или повторной операции стапедопластики.

Раскрытие интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Disclosure of interest. The authors declare that they have no competing interests.

Вклад авторов. Авторы декларируют соответствие своего авторства международным критериям ICMJE. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработка концепции статьи, получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи, проверка и утверждение текста статьи.

Authors' contribution. The authors declare the compliance of their authorship according to the international ICMJE criteria. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Источник финансирования. Авторы декларируют отсутствие внешнего финансирования для проведения исследования и публикации статьи.

Funding source. The authors declare that there is no external funding for the exploration and analysis work.

Литература/References

1. Guild SR. Histologic otosclerosis. *Ann Otol.* 1944;53:246-67.
2. Schuknecht HF. Disorders of bone. In: Pathology of the ear. Ed HFSchuknecht. 2nd ed. Philadelphia Lea &Febiger, 1993; p. 365-414.
3. Ealy M, Smith RJ. Otosclerosis. *Adv Otorhinolaryngol.* 2011;70:122-9.
4. Hueb MM, Goycoolea MV, Paparella MM, et al. Otosclerosis: The University of Minnesota temporal bone collection. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 1991;105:396-405.
5. Schuknecht HF, Barber W. Histologic variants in otosclerosis. *Laryngoscope.* 1985;95:1307-17.
6. Преображенский Н.А., Патякина О.К. Стапедэктомия и стапедопластика при отосклерозе. М.: Медицина, 1973 [Preobrazhenskii NA, Patiakina OK. Stapedectomy and stapedoplasty in otosclerosis. Moscow: Meditsina, 1973 (in Russian)].
7. Солдатов И.Б., Стегунина Л.И., Храппо Н.С., и др. Функциональная диагностика и вопросы современной хирургии отосклероза. М.: Медицина, 1974 [Soldatov IB, Stegunina LI, Khrappo NS, et al. Funktsional'naya diagnostika i voprosy sovremennoi khirurgii otoskleroza. Moscow: Meditsina, 1974 (in Russian)].
8. Дяб Х.М., Гулямов Ш.Б. О классификации врожденных изолированных аномалий среднего уха. *Анналы хирургии.* 2018;23(3):145-9 [Diab KhM, Gulyamov ShB. Classification of congenital isolated anomalies of the middle ear. *Annaly Khirurgii.* 2018;23(3):145-9 (in Russian)].

9. Диаб Х.М. Хирургическое лечение пороков развития наружного, среднего и внутреннего уха дис. ... д-ра мед. наук. СПб, 2013, с. 108-21 [Diab KhM. Khirurgicheskoe lechenie porokov razvitiia naruzhnogo, srednego i vnutrennego ukha: dis. ... d-ra med. nauk. Saint Petersburg, 2013, p. 108-21 (in Russian)].
10. Mann WJ, Amedee RG, Fuerst G, Tabb HG. Hearing loss as a complication of stapes surgery. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 1996;115(4):324-8.
11. Kos MI, Montandon PB, Guyot JP. Short- and long-term results of stapedotomy and stapedectomy with a Teflon wire piston prosthesis. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2001;110(10):907-1.
12. Vincent R, Sperling NM, Oates J, Jindal M. Surgical findings and long-term hearing results in 3,050 stapedotomies for primary otosclerosis: a prospective study with the otology-neurotology database. *Otol Neurotol.* 2006;27(Suppl. 2):25-47.
13. Martin H, Martin C, Roulleau P. Otospongiose. Paris: Arnette, 1994, p. 3-13.
14. Warren FM, Riggs S, Wiggins RH. Computed tomographic imaging of stapes implants. *Otol Neurotol.* 2008;29:586-92.
15. Fritsch MH, Naumann IC. Phylogeny of the stapes prosthesis. *Otol Neurotol.* 2008;29(3):407-15.
16. Schwager K. Litanium as a material for ossicular replacement – basic aspects and clinical application. *Laryngorhinootologie.* 2002;81(3):178-83.
17. Dost P, Arweiler-Harbeck D, Jahnke K. A prospective evaluation of the Essen titanium stapes prosthesis. *Clin Otolaryngol.* 2005;30(1):21-4.
18. Zahnert T. Nitinol als Memory-Metall zur Ankopplung von Stapesprothesen. *HNO.* 2007;55:158-63.
19. Huettenbrink KB, Beutner D. A new crimping device for stapedectomy prostheses. *Laryngoscope.* 2005;115:2065-7.
20. Bast F, Schrom T. First experiences with the new self-clip piston as an alloplastic prosthesis during stapedotomy. *Laryngoscope.* 2009;88:304-8.

Статья поступила в редакцию / The article received: 27.07.2022

Статья принята к печати / The article approved for publication: 24.10.2022



OMNIDOCTOR.RU