

ПНЕВМОЛАБИРИНТ КАК ОСЛОЖНЕНИЕ ПОСЛЕ СТАПЕДОПЛАСТИКИ

Х. М. А. Диаб^{1,2}✉, Н. А. Дайхес¹, О. А. Пашчина¹, А. Г. Зухба¹, С. В. Коханюк¹, Н. Е. Пирогова²¹ Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия² Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова, Москва, Россия

Пневмолабиринт характеризуется наличием воздуха во внутреннем ухе вследствие его проникновения из барабанной полости. Он является редким осложнением стапедопластики. В настоящее время нет четкого алгоритма лечения этого состояния. В статье рассмотрены два случая пневмолабиринта, возникшего как раннее и позднее осложнения после операции. В первом случае у пациентки, перенесшей стапедопластику на левом ухе, через три недели после физической нагрузки внезапно развились резкое снижение слуха на левом ухе, шум в левом ухе и головокружение. При физикальном осмотре не было обнаружено никаких признаков дефекта барабанной перепонки. На аудиометрии диагностирована левосторонняя сенсоневральная тугоухость IV степени. По данным компьютерной томографии (КТ) височной кости выявлен пневмолабиринт. Во втором случае развитие вестибулокохлеарной симптоматики имело место спустя три дня после стапедопластики на правом ухе. На аудиометрии обнаружена правосторонняя смешанная тугоухость IV степени. Данные КТ височной кости подтвердили диагноз пневмолабиринта. В обоих случаях во время ревизионной тимпанотомии был обнаружен стапедальный протез, установленный проксимальным концом в преддверие и дистальным концом закрепленный на длинном отростке наковальни, а также перилимфатический свищ. В ходе операции протез удалили, в преддверие ввели раствор дексаметазона, выполнили стапедопластику по методике «аутохрящ на надхрящницу». После операции вестибулярные симптомы исчезли, слух несколько улучшился.

Ключевые слова: пневмолабиринт, стапедопластика, перилимфатический свищ, вестибулокохлеарные симптомы, пневматизация, сенсоневральная тугоухость

Вклад авторов: Х. М. А. Диаб — разработка дизайна исследования, выполнение хирургического лечения пациента, редактирование текста статьи; Н. А. Дайхес — редактирование текста статьи; О. А. Пашчина, А. Г. Зухба — написание текста рукописи; С. В. Коханюк, Н. Е. Пирогова — обзор литературы.

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено этическим комитетом ФГБУ НМИЦО ФМБА (протокол № 03/22 от 20 июня 2022 г.). Пациенты подписали добровольное информированное согласие на хирургическое лечение и обработку персональных данных.

✉ **Для корреспонденции:** Хассан Мохамед Али Диаб
Волоколамское шоссе, д. 30, стр. 2, г. Москва, 123182; hasandiab@mail.ru

Статья получена: 14.06.2022 **Статья принята к печати:** 05.07.2022 **Опубликована онлайн:** 16.08.2022

DOI: 10.47183/mes.2022.028

PNEUMOLABYRINTH AS A POSTOPERATIVE COMPLICATION OF STAPEDOPLASTY

Diab KhMA^{1,2}✉, Daikhes NA¹, Pashchinina OA¹, Zukhba AG¹, Kokhanyuk SV¹, Pirogova NE²¹ National Medical Research Center for Otorhinolaryngology of the Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia² Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Pneumolabyrinth is characterized by the presence of air in the inner ear due to intrusion from the tympanic cavity. It is a rare complication of stapedoplasty. Currently, there is no clear algorithm for treatment of this complication. The paper reports two cases of pneumolabyrinth being the short-term and long-term postoperative complications. In the first case, the patient, who had undergone stapedoplasty in the left ear, suddenly developed rapid hearing loss and tinnitus in the left ear with dizziness three weeks after physical activity. Physical examination revealed no evidence of the tympanic membrane defect. Audiometry revealed left-sided IV degree of sensorineural hearing loss. Pneumolabyrinth was detected on the temporal bone CT scans. In the second case, vestibulocochlear symptoms developed three days after stapedoplasty in the right ear. Pure tone audiometry revealed right-sided IV degree of mixed hearing loss. CT scan of the temporal bone confirmed the diagnosis of pneumolabyrinth. In both cases the correct position of the stapelial prosthesis, "empty" vestibule and perilymphatic fistula were found during revision tympanotomy. The prostheses were removed during surgery, Dexamethasone solution was introduced into the vestibule; stapedoplasty with autocartilage on the perichondrium was performed. After surgery, vestibular symptoms disappeared, and hearing improved.

Keywords: pneumolabyrinth, stapedoplasty, perilymphatic fistula, vestibulocochlear symptoms, pneumatization, sensorineural hearing loss

Author contribution: Diab KhMA — research design, surgical treatment of patients, manuscript editing; Daikhes NA — manuscript editing; Pashchinina OA, Zukhba AG — manuscript writing; Kokhanyuk SV, Pirogova NE — literature review.

Compliance with ethical standards: the study was approved by the Ethics Committee of the National Medical Research Center for Otorhinolaryngology of FMBA (protocol № 03/22 dated June 20, 2022). The patients submitted the informed consent to surgery and personal data processing.

✉ **Correspondence should be addressed:** Khassan M. A. Diab
Volokolamskoe shosse, 30, str. 2, Moscow, 123182, Russia; hasandiab@mail.ru

Received: 14.06.2022 **Accepted:** 05.07.2022 **Published online:** 16.08.2022

DOI: 10.47183/mes.2022.028

Пневмолабиринт — это редкое патологическое состояние, характеризующееся замещением перилимфы лабиринта на воздух, которое возникает из-за аномальной связи между средним и внутренним ухом. Иными словами, пневмолабиринт — это присутствие воздуха во внутреннем ухе из-за сообщения между внутренним ухом и заполненным воздухом средним ухом. Клинические проявления данного состояния связаны с кохлеовестибулярными нарушениями, среди которых сенсоневральная тугоухость, шум в ушах и/или голове, чувство распирания в ушах, а

также головокружение и тошнота [1, 2]. Окончательный клинический диагноз заболевания устанавливают на основании данных компьютерной томографии (КТ) височных костей высокого разрешения по наличию воздуха во внутреннем ухе.

Термин «пневмолабиринт» был введен в научную литературу М. Ф. Мафее с соавторами [3]. Этиологические факторы, приводящие к возникновению пневмолабиринта, условно можно подразделить на травматические, ятрогенные и воспалительные (инфекционные).

Согласно статистическому анализу данных, взятых из электронных баз данных (PubMed, MEDLINE, EMBASE, Cochrane Library, Scopus), наиболее частыми причинами пневмолабиринта являются переломы височных костей (31,8%), хирургия стремени (18,2%), проникающая травма (15,9%) и баротравмы (11,4%). По данным КТ височных костей пневмолабиринт, как в виде самостоятельного патологического состояния, так и в составе комбинаций, чаще всего выявляют в преддверии (95,3%), за ним следуют улитка (40,2%) и полукружные каналы (23,4%) [4].

Отсроченный пневмолабиринт — это редкое осложнение стапедэктомии, связанное со смещением или вывихом протеза. Его следует учитывать у пациентов с вестибулокохлеарными симптомами даже спустя много лет после операции. Следует отметить, что пневмолабиринт, развившийся в течение первой недели после стапедопластики, позволяет предположить наличие перилимфатического свища. Большинство описанных в научной литературе случаев возникновения пневмолабиринта после операции на стремени в основном имели место в течение нескольких недель или месяцев после хирургического лечения.

В статье представлены два клинических случая пневмолабиринта.

Описание клинических случаев

Пневмолабиринт как отсроченное осложнение стапедопластики

Пациентка К., 32 года, госпитализирована в отдел патологии уха и основания черепа ФГБУ «Национальный исследовательский центр оториноларингологии ФМБА России» с жалобами на головокружение вращательного характера при изменении положения тела и ходьбе, шум в левом ухе, снижение слуха на левое ухо. Из анамнеза заболевания известно, что 2 сентября 2020 г. ей была выполнена стапедопластика по поршневой методике на левом ухе с использованием протеза SPL 03.44S (Audio Technologies; Италия) (длина протеза — 4,5 мм), диаметр перфорации — 0,6 мм. Пациентка была выписана из стационара с улучшением слуха на оперированном ухе 7 сентября 2020 г. В отсроченном послеоперационном

периоде (октябрь 2020 г.) после физической нагрузки отметила резкое ухудшение слуха слева, шум в левом ухе, головокружение вращательного характера при перемене положения тела и ходьбе. Пациентке была назначена консервативная терапия по месту жительства. В связи с сохранением жалоб ее направили в поликлинику НМИЦО ФМБА, откуда она была госпитализирована в отделение патологии уха и основания черепа.

При физикальном осмотре обе барабанные перепонки были жемчужно-серыми, полупрозрачными, с четкими контурами, подвижными, без дефектов. На момент осмотра спонтанного нистагма не было. Камертоновые пробы показали отрицательный опыт Ринне слева и латерализацию звука в правое ухо в тесте Вебера. При проведении тональной пороговой аудиометрии (ТПА) выявлена правосторонняя смешанная тугоухость I степени, левосторонняя сенсоневральная тугоухость IV степени (рис. 1).

По данным КТ височных костей, выполненной при поступлении, выявлены КТ-признаки отосклероза, фенестральной формы с обеих сторон, состояние после стапедопластики на левом ухе. Антрум, клетки сосцевидного отростка, а также барабанная полость пневматизированы. В улитковом канале и преддверии левого лабиринта определялось наличие воздуха (рис. 2).

На основании предъявляемых жалоб, анамнеза заболевания, а также данных ТПА и КТ височных костей был поставлен следующий клинический диагноз: отосклероз, фенестральная форма; состояние после хирургического лечения (стапедопластики) на левом ухе, выполненного 2 сентября 2020 г.; пневмолабиринт; левосторонняя сенсоневральная тугоухость IV степени.

Консилиумом врачей принято решение о ревизионной тимпанотомии на левом ухе в условиях местной анестезии (sol. Lidocaini 2% — 12 мл). Под контролем операционного микроскопа с помощью микрохирургической техники выполнен интрамеатальный разрез по Rosen, меатотимпанальный лоскут отсепарован до уровня фиброзного кольца, выполнена тимпанотомия. При ревизии барабанной полости определялись длинный отросток наковальни и молоточек, структуры стремени отсутствовали. Протез Audio Technologies SPL 03.44S (4,5 мм) установлен проксимальным концом в преддверие,

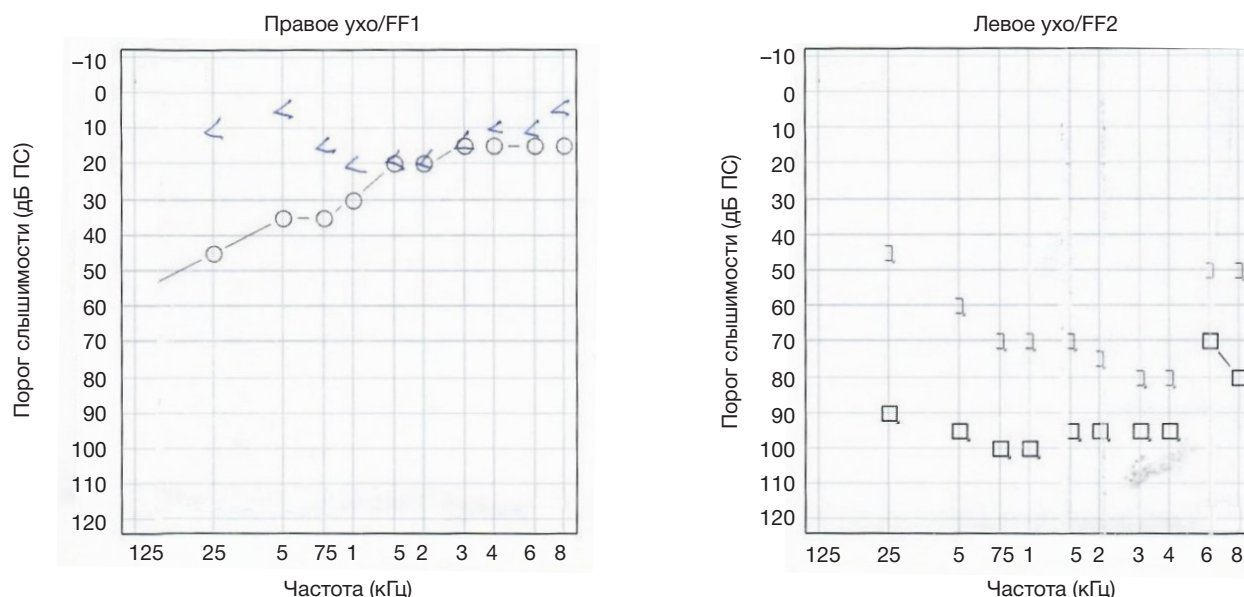


Рис. 1. Данные ТПА пациентки К., 32 года, при поступлении (до ревизионной тимпанотомии)

дистальным концом закреплён на длинном отростке наковальни. Выявлен перилимфатический свищ окна преддверия. Протез удален; выполнен забор аутохряща с надхрящницей из чаши ушной раковины. В преддверие введен раствор дексаметазона с физиологическим раствором. На область преддверия на уровне рамы окна преддверия уложен фрагмент надхрящницы, на последний проксимальным концом установлена колумелла из аутохряща; дистальным концом она установлена под лентикулярный отросток наковальни длиной 3,5 мм. Меатотимпанальный лоскут уложен на место. Выполнена тампонада наружного слухового прохода гемостатической губкой с антибиотиком цефтриаксон.

Пациентке был назначен и проведен курс консервативной терапии: глюкокортикостероид (дексаметазон 24–20–16–8–4 мг + NaCl 0,9% 200,0 мл в/в капельно один раз в сутки); бетастин (Бетасерк) 24 мг три раза в день; витаминотерапия (витамины B1, B6 1,0 мл в/м через день); сосудистая терапия (актовегин 10,0 мл + NaCl 0,9% 10,0 мл в/в капельно); холина альфосцерат (Ноохолин Ромфарм) 4,0 мл (250 мг/мл) + NaCl 0,9% 100,0 мл в/в капельно).

Проведенная в раннем послеоперационном периоде контрольная тональная аудиометрия выявила правостороннюю смешанную тугоухость I степени, левостороннюю сенсоневральную тугоухость IV степени (рис. 3).

Пациентке выполнено повторное КТ-исследование височных костей (4 декабря 2020 г.), выявившее КТ-признаки, характерные для состояния после стапедопластики на левом ухе (рис. 4).

Через четыре дня после повторной операции пациентка отметила отсутствие головокружения и улучшение слуха на левом ухе. Признаков пареза мимической мускулатуры, спонтанного нистагма не выявлено. Латерализация в опыте Вебера в левое ухо. Было решено выписать пациентку из стационара для дальнейшего динамического наблюдения ЛОР-врача по месту жительства.

Пневмолабиринт как раннее осложнение стапедопластики

Пациентка С., 37 лет, госпитализирована в отдел патологии уха и основания черепа ФГБУ «Национальный исследовательский центр оториноларингологии ФМБА

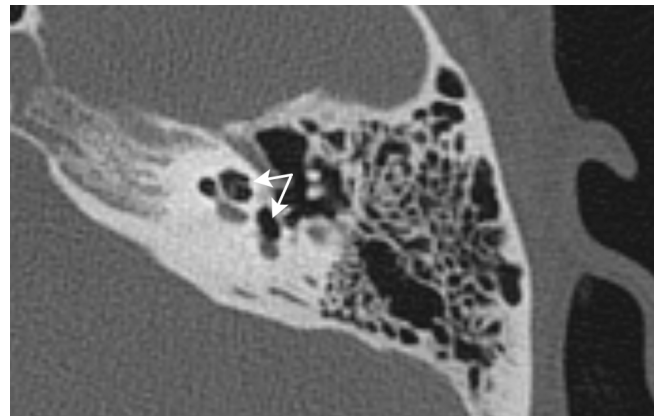


Рис. 2. КТ левой височной кости пациентки К., 32 года, при поступлении: стрелками показано наличие воздуха в улитке и преддверии

России» с жалобами на снижение слуха на правом ухе, шум в правом ухе, головокружение вращательного характера. При физикальном обследовании обе барабанные перепонки были жемчужно-серыми, полупрозрачными, с четкими контурами, подвижными, без дефектов. Спонтанного нистагма не было. Камертоновые пробы показали отрицательный опыт Ринне справа и латерализацию звука в правое ухо в тесте Вебера. ТПА выявила правостороннюю смешанную тугоухость III степени (рис. 5).

КТ височных костей от 17 августа 2020 г. выявила КТ-признаки отосклероза фенестральной формы.

На основании жалоб, анамнеза заболевания, а также данных ТПА и КТ височных костей был установлен следующий диагноз: отосклероз, фенестрально-кохлеарная форма, правосторонняя смешанная тугоухость III степени.

Пациентке 17 ноября 2020 г. под местной анестезией была выполнена стапедопластика по поршневой методике с использованием протеза Audio Technologies SPL 03.44S (длина протеза — 4,5 мм) на правом ухе. Интраоперационно пациентка отметила улучшение слуха на правом ухе. Через три дня после операции в связи с нарушением режима (выполнение физической нагрузки) больная отметила резкое ухудшение слуха и шум в правом ухе, головокружение при смене положения тела, тошноту, горизонтальный, крупноразмашистый нистагм вправо.

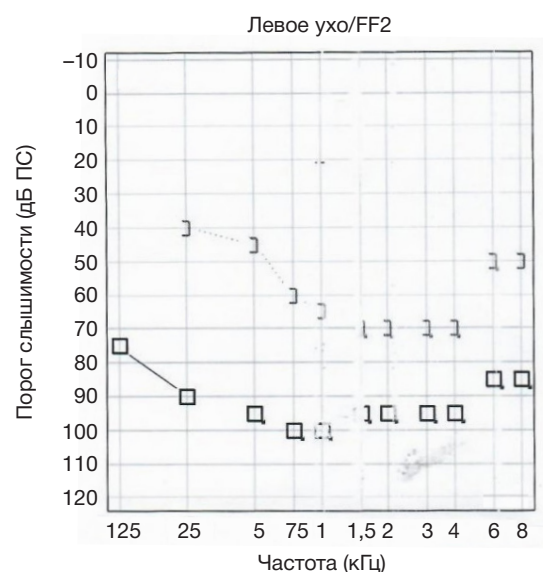
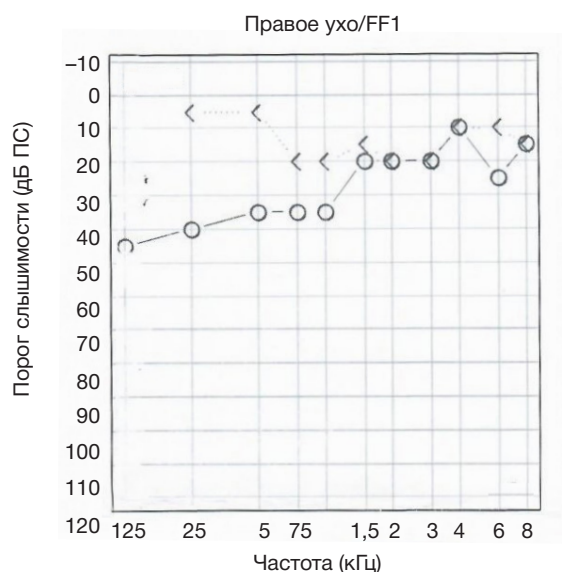


Рис. 3. Данные ТПА пациентки К., 32 года, в раннем послеоперационном периоде

Пациентка получила консультацию отоневролога. Ей была проведена ТПА в раннем послеоперационном периоде, которая выявила правостороннюю смешанную тугоухость IV степени. Проведена КТ височных костей. Заключение: КТ-признаки отосклероза фенестральной формы с обеих сторон, состояние после стапедопластики справа (в улитковом канале, в преддверии лабиринта, в латеральном полукружном канале определяются пузырьки воздуха) (рис. 6).

Консилиумом врачей принято решение о проведении ревизионной тимпанотомии. В условиях местной анестезии (sol. Lidocaini 2% — 12 мл) под контролем операционного микроскопа с использованием микрохирургической техники выполнен интрамеатальный разрез по Rosen, меатотимпанальный лоскут отсепарован до уровня фиброзного кольца, выполнена тимпанотомия. При ревизии барабанной полости структуры стремени отсутствовали. Протез Audio Technologies SPL 03.44S (4,5 мм) установлен проксимальным концом в преддверие, дистальным — закреплен на длинном отростке наковальни. Протез удален. Выполнен забор аутохряща с надхрящницей из чаши ушной раковины. В преддверие введен раствор дексаметазона с физиологическим раствором до уровня рамы окна преддверия. На область ниши окна преддверия разложен фрагмент надхрящницы, установлена колумелла из аутохряща длиной 3,5 мм (рис. 7). Меатотимпанальный лоскут уложен на место. Произведена тампонада наружного слухового прохода гемостатической губкой с антибиотиком Цефтриаксон. На ушную раковину наложена сухая асептическая повязка. По окончании операции головокружения и спонтанного нистагма не было.

Проведен курс консервативной терапии: дексаметазон 20–16–12–8–4 мг + NaCl 0,9% 200,0 мл в/в капельно; бетагистин (Бетасерк) 16 мг три раза в день; витамин В12 250 мг в/м один раз в день; холина альфосцерат (Ноохолин Ромфарм) 4,0 мл (250 мг) + NaCl 0,9% 100,0 мл в/в капельно; актовегин 10,0 мл + NaCl 0,9% 100,0 мл в/в капельно.

На шестые сутки после операции пациентка отметила улучшение слуха на правом ухе, уменьшение головокружения, шума в правом ухе (рис. 8).

Повторная КТ височных костей выявила КТ-признаки отосклероза фенестральной формы с обеих сторон, состояние после стапедопластики справа (рис. 9).

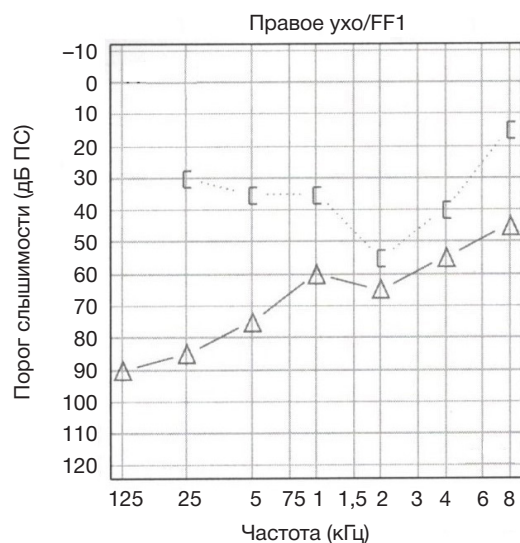


Рис. 5. Данные ТПА пациентки С., 37 лет, при поступлении



Рис. 4. КТ левой височной кости пациентки К., 32 года, в раннем послеоперационном периоде: стрелками отмечены улитка и преддверие, заполненные жидкостным содержимым

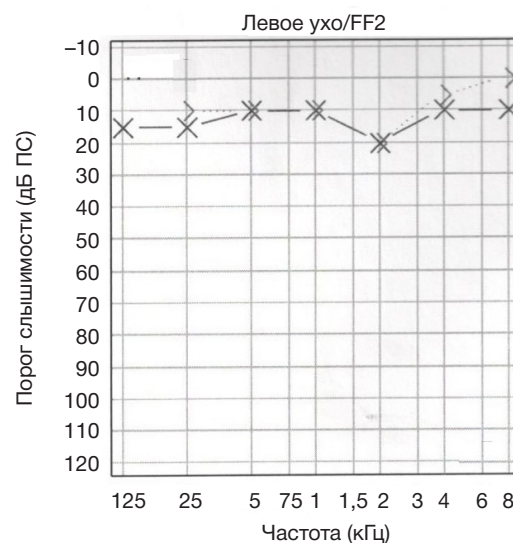
Решено было выписать пациентку с признаками явного улучшения из стационара под наблюдение ЛОР-врача по месту жительства с последующими консультациями в Центре.

Обсуждение клинических случаев

Пневмолабиринт — это патологическое состояние, связанное с присутствием воздуха во внутреннем ухе, обычно спровоцированное травмой височной кости или сформировавшееся после стапедопластики. В некоторых случаях оно осложняется возникновением фистулы (свища) окна преддверия [5]. В литературе опубликованы несколько случаев пневмолабиринта: большинство из них диагностировано у пациентов, перенесших первичную стапедопластику. Другие причины — перелом или вывих подножной пластинки стремени, проникающая травма, переломы височной кости, баротравма и кохлеарная имплантация [6].

В большинстве известных случаев пневмолабиринт возник через несколько недель или месяцев после стапедэктомии. Как правило, это осложнение проявляется сочетанием жалоб на вестибулярные (головокружение, приступы тошноты) и кохлеарные нарушения (внезапное снижение слуха по сенсоневральному типу, а также чувство распирания и шума в ухе).

КТ с высоким разрешением (КТВР) обязательна для диагностики данного состояния. При этом на развитие



пневмолабиринта указывают наличие воздуха в структурах внутреннего уха, а также возможное смещение стапедального протеза [7].

Из-за небольшого количества описанных в литературе случаев пневмолабиринта в настоящее время нет четкого алгоритма лечения этого состояния. Пациентам, у которых развились внезапная потеря слуха и вестибулярные симптомы в раннем послеоперационном периоде (от нескольких дней до трех месяцев) после операции на стремени, тактику лечения (консервативная терапия или ревизионная тимпанотомия с обязательным устранением причины) выбирают в зависимости от диагностированного типа и характера повреждения [8]. В случаях, когда пневмолабиринт возникает как позднее осложнение стапедопластики (спустя несколько месяцев или даже лет после операции), решение о выборе тактики лечения не так однозначно [9, 10]. В опубликованных случаях, которые связаны с осложнением стапедопластики, преимущественно используется ревизионная тимпанотомия с герметизацией дефекта аутоотканями — надхрящницей аутохряща ушной раковины (как в представленных нами клинических случаях), жировой клетчаткой, взятой из мочки уха, аутофасцией височной мышцы [11]. Рассмотренные в статье клинические случаи подтверждают эффективность данной техники хирургического лечения пневмолабиринта с пластикой дефекта (фистулы преддверия) аутоотканями (аутонадхрящницей). Почти во всех представленных случаях после хирургического лечения вестибулярные симптомы исчезали — предположительно, из-за возникающей вестибулярной компенсации.

Таким образом, результат хирургической коррекции вестибулярных симптомов является однозначно положительным — независимо от характера поражения, его тяжести или проведенного ранее вмешательства. В отличие от вестибулярных симптомов, результаты, связанные с восстановлением слуха, не так однозначны. Так, в первом случае, демонстрирующем отсроченный пневмолабиринт, восстановить слух до социально значимого уровня так и не удалось, несмотря на то, что в результате лечения было отмечено улучшение слуха на оперированном ухе (на одну степень). Во втором случае, описывающем развитие раннего пневмолабиринта, восстановление слуха прошло более успешно.

В недавно представленном обзоре [11] были предложены три прогностических фактора улучшения слуха после

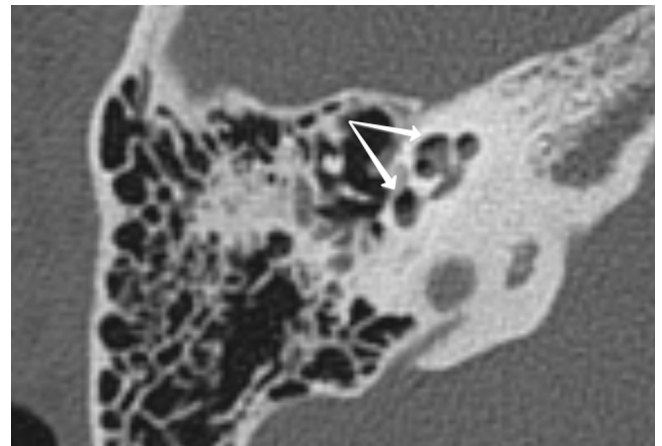


Рис. 6. КТ правой височной кости пациентки С., 37 лет, в раннем послеоперационном периоде: стрелками отмечены содержащие воздух преддверие и улитка

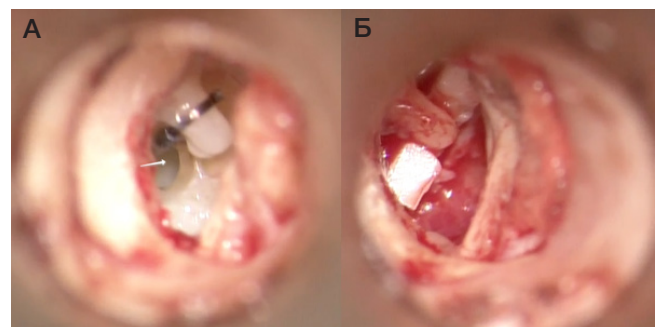


Рис. 7. А. На микрофотографии из операции визуализируется протез стремени в правильном положении, закрепленный на длинной ножке наковальни, стрелкой отмечена «открытая» фистула окна преддверия, преддверие не полностью заполнено перилимфой. Б. Микрофотография демонстрирует правильное положение аутохрящевой колумеллы (сесамовидная косточка располагается в вырезке дистального конца аутохряща) на завершающем этапе операции

коррекции пневмолабиринта: оценка уровня слуха по костной проводимости в начале заболевания, временной интервал между травмой и хирургическим вмешательством и наличие поражения стремени при травме.

В рассмотренных случаях решение о проведении хирургического лечения пациенткам К. и С. было принято из-за наличия пневмолабиринта (подтвержденного КТ височных костей), а также резкого снижения слуха и

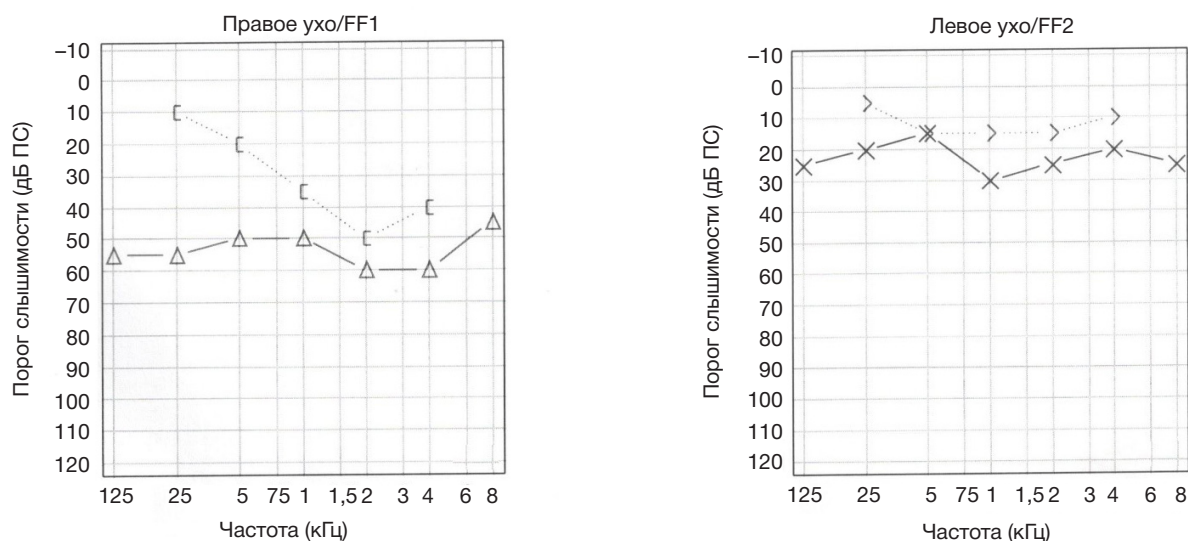


Рис. 8. Данные ТПА пациентки С., 37 лет, в раннем послеоперационном периоде

выраженных вестибулярных нарушений. Во время проведения ревизионных операций был выявлен перилимфатический свищ, за счет чего сообщение между средним и внутренним ухом позволяло воздуху проникать в преддверие.

Поступление воздуха в перилимфатическое пространство вследствие наличия перилимфатического свища является одним из механизмов, приводящих к потере слуха, так как переход сложной гидродинамической системы внутреннего уха из «закрытого» состояния в «открытое», к тому же с заменой части перелимфы на воздух, резко изменяет нормальные физиологические и физические показатели, присущие «закрытой» системе лабиринта, при переходе к патологическому («открытому») состоянию, что вызывает снижение улитковой микрофонии, комплексного потенциала действия и эндокохлеарного потенциала [12]. Удаление воздуха из лабиринта путем замены на жидкость с герметизацией дефекта возвращает систему внутреннего уха к нормальным физиологическим отношениям, что в некоторых случаях вызывает улучшение (или даже восстановление) амплитуды кохлеарной микрофонии и потенциала действия, а следовательно и слуха [6].

Представленные в данной статье клинические случаи подтверждают теорию авторов, ранее затрагивавших проблему развития и тактики лечения пневмолабиринта. У обеих пациенток действительно были вестибулярные нарушения, а также выраженная потеря слуха, который значительно улучшился после операции у пациентки С., и улучшился, хотя и не вернулся к исходному уровню у пациентки К. Следует помнить, что в случае возникновения пневмолабиринта в результате подвывиха стремени протеза пациент должен быть осведомлен о том, что удаление и дальнейшая установка протеза в правильное положение могут не улучшить слух, но значительно облегчить или полностью устранить вестибулярные симптомы [13, 14].

По нашему мнению, в представленных случаях целесообразно аккуратное удаление остатков подножной пластинки, удаление протеза для введения раствора дексаметазона и выполнение стапедопластики по методике «аутохрящ на вену». При том что в течение года в отделе проводят 400 операций (стапедопластика), в течение трех лет были

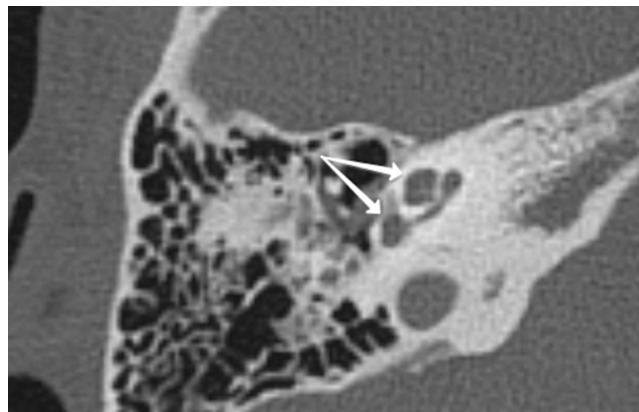


Рис. 9. КТ правой височной кости пациентки С., 37 лет: стрелками отмечены заполненные жидкостным содержимым улитка и преддверие

выявлены только два случая пневмолабиринта. В обоих случаях причиной пневмолабиринта послужило нарушение режима в послеоперационном периоде; смещения протеза не было, что можно увидеть на интраоперационной фотографии. По нашим наблюдениям, рассмотренные осложнения не связаны с типом протеза.

Представленные в статье случаи подчеркивают важность хирургического вмешательства при ведении пациентов с пневмолабиринтом и сенсоневральной тугоухостью, задокументированной на аудиограмме.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пневмолабиринт является редким осложнением операции на стремени. Его следует заподозрить у пациентов с вестибулокохлеарными симптомами, возникшими как через короткий промежуток времени, так и спустя много лет после перенесенной стапедопластики. При подозрении на пневмолабиринт необходимо провести обследование для уточнения наличия и распространения воздуха в пораженных структурах внутреннего уха. Компьютерная томография височных костей — лучший инструмент визуализации, применяемый для подтверждения диагноза. Ревизионную тимпанотомию рекомендуют пациентам с диагнозом «пневмолабиринт», сенсоневральной тугоухостью и/или постоянным головокружением.

Литература

1. Mandalà M, Colletti L, Carner M, Barillari M, Cerini R, Mucelli RP, Colletti V. Pneumolabyrinth and positional vertigo after stapedectomy. *Auris Nasus Larynx*. 2011; 38 (4): 547–50. DOI: 10.1016/j.anl.2010.12.010.
2. Scheid SC, Feehery JM, Wilcox TO, Lowry LD. Pneumolabyrinth: a late complication of stapes surgery. *Ear Nose Throat J*. 2001 Oct; 80 (10): 750–3.
3. Mafee MF, Valvassori GE, Kumar A, Yannias DA, Marcus RE. Pneumolabyrinth: a new radiologic sign for fracture of the stapes footplate. *Am J Otol*. 1984; 5 (5): 374–5.
4. Botti C, Castellucci A, Crocetta FM, Fornaciari M, Giordano D, Bassi C, Ghidini A. Pneumolabyrinth: a systematic review. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2021; 278 (12): 4619–32. DOI: 10.1007/s00405-021-06827-0.
5. Ziade G, Barake R, El Natout T, El Natout MA. Late pneumolabyrinth after stapedectomy. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis*. 2016; 133 (5): 361–3. DOI: 10.1016/j.anorl.2015.10.005.
6. Gomes PS, Caselhos S, Vide AT, Fonseca R. Pneumolabyrinth: a rare complication of stapes surgery. *BMJ Case Rep*. 2019; 12 (11): e232190. DOI: 10.1136/bcr-2019-232190.
7. Kösling S, Woldag K, Meister EF, Reschke I, Heywang-Köbrunner SH. Value of computed tomography in patients with persistent vertigo after stapes surgery. *Invest Radiol*. 1995; 30 (12): 712–5. DOI: 10.1097/00004424-199512000-00004.
8. Comacchio F, Guidetti G, Guidetti R, Mion M. Pneumolabyrinth and recurrent paroxysmal positional vertigo after traumatic stapes fracture. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2019; 128 (4): 352–6. DOI: 10.1177/0003489418819553.
9. Bajin MD, Mocan BÖ, Saraç S, Sennaroğlu L. Early computed tomography findings of the inner ear after stapes surgery and its clinical correlations. *Otol Neurotol*. 2013; 34 (4): 639–43. DOI: 10.1097/MAO.0b013e31828be1ab.
10. Covelli E, Attanasio G, Cagnoni L, Viccaro M, Filipo R. Pneumolabyrinth after intratympanic steroid injection in patient with prosthesis of the stapes: a case report. *Am J Otolaryngol*. 2013; 34 (6): 759–61. DOI: 10.1016/j.amjoto.2013.06.002.
11. Hidaka H, Miyazaki M, Kawase T, Kobayashi T. Traumatic pneumolabyrinth: air location and hearing outcome. *Otol Neurotol*.

- 2012; 33 (2): 123–31. DOI: 10.1097/MAO.0b013e318241bc91.
12. Kobayashi T, Sakurada T, Ohyama K, Takasaka M. Inner ear injury caused by air intrusion to the scala vestibuli of the cochlea. *Acta Otolaryngol.* 1993; 113 (6): 725–30. DOI: 10.3109/00016489309135892.
13. Scheid SC, Feehery JM, Willcox TO, Lowry LD. Pneumolabyrinth: a late complication of stapes surgery. *Ear Nose Throat J.* 2001; 80 (10): 750–3.
14. Ederies A, Yuen HW, Chen JM, Aviv RI, Symons SP. Traumatic stapes fracture with rotation and subluxation into the vestibule and pneumolabyrinth. *Laryngoscope.* 2009; 119 (6): 1195–7. DOI: 10.1002/lary.20234.

References

1. Mandalà M, Colletti L, Carner M, Barillari M, Cerini R, Mucelli RP, Colletti V. Pneumolabyrinth and positional vertigo after stapedectomy. *Auris Nasus Larynx.* 2011; 38 (4): 547–50. DOI: 10.1016/j.anl.2010.12.010.
2. Scheid SC, Feehery JM, Willcox TO, Lowry LD. Pneumolabyrinth: a late complication of stapes surgery. *Ear Nose Throat J.* 2001 Oct; 80 (10): 750–3.
3. Mafee MF, Valvassori GE, Kumar A, Yannias DA, Marcus RE. Pneumolabyrinth: a new radiologic sign for fracture of the stapes footplate. *Am J Otol.* 1984; 5 (5): 374–5.
4. Botti C, Castellucci A, Crocetta FM, Fornaciari M, Giordano D, Bassi C, Ghidini A. Pneumolabyrinth: a systematic review. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2021; 278 (12): 4619–32. DOI: 10.1007/s00405-021-06827-0.
5. Ziade G, Barake R, El Natout T, El Natout MA. Late pneumolabyrinth after stapedectomy. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis.* 2016; 133 (5): 361–3. DOI: 10.1016/j.anorl.2015.10.005.
6. Gomes PS, Caselhos S, Vide AT, Fonseca R. Pneumolabyrinth: a rare complication of stapes surgery. *BMJ Case Rep.* 2019; 12 (11): e232190. DOI: 10.1136/bcr-2019-232190.
7. Kösling S, Woldag K, Meister EF, Reschke I, Heywang-Köbrunner SH. Value of computed tomography in patients with persistent vertigo after stapes surgery. *Invest Radiol.* 1995; 30 (12): 712–5. DOI: 10.1097/00004424-199512000-00004.
8. Comacchio F, Guidetti G, Guidetti R, Mion M. Pneumolabyrinth and recurrent paroxysmal positional vertigo after traumatic stapes fracture. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2019; 128 (4): 352–6. DOI: 10.1177/0003489418819553.
9. Bajin MD, Mocan BÖ, Saraç S, Sennaroğlu L. Early computed tomography findings of the inner ear after stapes surgery and its clinical correlations. *Otol Neurotol.* 2013; 34 (4): 639–43. DOI: 10.1097/MAO.0b013e31828be1ab.
10. Covelli E, Attanasio G, Cagnoni L, Viccaro M, Filipo R. Pneumolabyrinth after intratympanic steroid injection in patient with prosthesis of the stapes: a case report. *Am J Otolaryngol.* 2013; 34 (6): 759–61. DOI: 10.1016/j.amjoto.2013.06.002.
11. Hidaka H, Miyazaki M, Kawase T, Kobayashi T. Traumatic pneumolabyrinth: air location and hearing outcome. *Otol Neurotol.* 2012; 33 (2): 123–31. DOI: 10.1097/MAO.0b013e318241bc91.
12. Kobayashi T, Sakurada T, Ohyama K, Takasaka M. Inner ear injury caused by air intrusion to the scala vestibuli of the cochlea. *Acta Otolaryngol.* 1993; 113 (6): 725–30. DOI: 10.3109/00016489309135892.
13. Scheid SC, Feehery JM, Willcox TO, Lowry LD. Pneumolabyrinth: a late complication of stapes surgery. *Ear Nose Throat J.* 2001; 80 (10): 750–3.
14. Ederies A, Yuen HW, Chen JM, Aviv RI, Symons SP. Traumatic stapes fracture with rotation and subluxation into the vestibule and pneumolabyrinth. *Laryngoscope.* 2009; 119 (6): 1195–7. DOI: 10.1002/lary.20234.