



Каримова З.Х.¹ ✉, Маткулиев Х.М.², Шайхова Х.Э.²

¹ ООО «INVIVO», Ташкент, Узбекистан

² Ташкентский государственный медицинский университет, Ташкент, Узбекистан

Кохлеарная имплантация при тотальной оссификации улитки: описание двух клинических случаев

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Каримова З.Х. – сбор клинического материала, описание случаев, подготовка основной части статьи; Маткулиев Х.М. – научное руководство, редактирование текста; Шайхова Х.Э. – окончательное редактирование статьи и подготовка к публикации.

Информированное согласие: авторы получили подписанные информированные согласия пациентов и/или их законных представителей на анонимное опубликование их данных в медицинском издании.

Подана: 05.12.2025

Принята: 09.03.2026

Контакты: invivoclinic@gmail.com

Резюме

Оссификация улитки после перенесенного менингита является самым главным препятствием в проведении кохлеарной имплантации. Так как нет строгой корреляции между степенью оссификации и временным промежутком, кохлеарную имплантацию рекомендуется проводить в наикратчайшие сроки. К сожалению, не всегда удается выполнить операцию своевременно, и при уже развившейся оссификации появляются трудности при введении электродной решетки в просвет барабанной лестницы, а при ее тотальной оссификации это сделать практически невозможно. Для достижения хорошего результата требуется введение как минимум 7 электродов, при этом особое внимание необходимо уделить стратегии кодирования во время настроечных сессий.

В данной работе приведены 2 клинических случая с тотальной оссификацией улитки, в обоих из которых удалось ввести электродную решетку на глубину около 13 мм. Послеоперационное программирование в этих случаях существенно различалось и проводилось с учетом индивидуальных сенсорных ощущений пациентов. Оба случая подтверждают возможность успешной имплантации даже при тотальной оссификации при условии точной предоперационной подготовки, максимальном количестве введенных электродов в улитку и индивидуальном выборе стратегии кодирования. Представленные наблюдения подчеркивают важность персонализированного подхода при планировании операции и последующей настройке речевого процессора.

Ключевые слова: кохлеарная имплантация, тотальная оссификация улитки, постменингитная глухота, перимодиолярный электрод, drill-out-техника

Karimova Z.¹✉, Matkuliev Kh.², Shaikhova Kh.²

¹ INVIVO LLC, Tashkent, Uzbekistan

² Tashkent State Medical University, Tashkent, Uzbekistan

Cochlear Implantation in Total Cochlear Ossification: Two Case Reports

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Karimova Z. – clinical data collection of, case description, preparation of the main manuscript; Matkuliev Kh. – scientific supervision, text editing; Shaikhova Kh. – final editing and preparation of the article for publication.

Informed consent: the authors obtained signed informed consent from patients and/or their legal representatives for anonymous publication of their data in a medical journal.

Submitted: 05.12.2025

Accepted: 09.03.2026

Contacts: invivoclinic@gmail.com

Abstract

The ossification of the cochlea following bacterial meningitis represents one of the major challenges in performing cochlear implantation. Since there is no strict correlation between the degree of ossification and the time interval after meningitis, cochlear implantation is recommended as early as possible. Unfortunately, timely surgery is not always feasible, and once ossification occurs, introducing the electrode array into the scala tympani becomes difficult, while with total ossification it becomes almost impossible. To achieve a favorable outcome, the insertion of at least seven electrodes is required, and special attention must be given to the choice of coding strategy during programming sessions.

In this article, we present two clinical cases of total cochlear ossification, in both of which the electrode array was successfully inserted to a depth of approximately 13 mm. Postoperative programming in these cases differed substantially and was adjusted according to the patients' individual sensory responses. Both cases confirm that successful implantation is possible even in the presence of total ossification, provided that a thorough preoperative assessment is performed, the maximum feasible number of electrodes is inserted into the cochlea, and an individualized coding strategy is selected. These observations highlight the importance of a personalized approach in surgical planning as well as in the subsequent programming of the speech processor.

Keywords: cochlear implantation, total cochlear ossification, post-meningitic deafness, perimodiolar electrode, drill-out technique

■ ВВЕДЕНИЕ

Кохлеарная имплантация является признанным и широко применяемым методом слуховой реабилитации у пациентов с тяжелой и глубокой сенсоневральной тугоухостью, когда традиционные слуховые аппараты оказываются неэффективными. С момента внедрения технологии кохлеарных имплантов в клиническую практику произошел значительный прогресс в области хирургических техник, разработке электродных систем и совершенствовании методов предоперационной

диагностики. Однако определенные анатомические и патологические состояния, такие как оссификация улитки, до сих пор представляют серьезную проблему в применении данного метода.

Оссификация улитки – это патологический процесс, при котором полости улитки частично или полностью заполняются костной тканью. Чаще всего данный процесс развивается как осложнение после перенесенного бактериального менингита, но также может быть результатом травм, аутоиммунных заболеваний или хронических воспалительных процессов в среднем ухе. В зависимости от степени оссификации различают частичную, субтотальную и тотальную оссификацию улитки, каждая из которых требует индивидуального хирургического подхода.

Тотальная оссификация улитки считается одной из самых тяжелых форм патологии, поскольку нормальный спиральный канал улитки полностью облитерирован костной тканью. Это значительно затрудняет или делает практически невозможной стандартную установку электродного массива внутрь улитки. В таких случаях хирургу необходимо прибегать к альтернативным техникам, таким как создание ложного канала (drill-out-техника) или установка модифицированных коротких электродов в проксимальные отделы улитки или в области скальной части височной кости [1]. Успех таких операций зависит от детальной предоперационной оценки, точности хирургического вмешательства и индивидуального выбора технического решения.

Ранняя диагностика степени оссификации играет ключевую роль в планировании кохлеарной имплантации. Для этого используются методы мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) височных костей, позволяющие определить объем оссификации, а также магнитно-резонансная томография (МРТ) для оценки состояния улиткового нерва и мягкотканевых структур внутреннего уха. Эти методы дают возможность прогнозировать потенциальные трудности при введении электродной решетки и заранее определять необходимую тактику хирургического вмешательства. Сложность хирургической работы при тотальной оссификации улитки заключается не только в техническом доступе и создании ложного канала, но и в риске повреждения близлежащих анатомических структур, таких как лицевой нерв и внутренняя сонная артерия. Не менее важным фактором является выбор подходящего типа электродной решетки, в таких ситуациях предпочтение отдается прямой электродной решетке [2]. Анализируя размеры улитки и возможную глубину введения электродной решетки, необходимо учитывать размеры самого импланта. Как известно, для обеспечения качественного слуха, достаточного для общения с людьми, необходимо интракохлеарно разместить как минимум 8–10 электродов. Исследования показывают [3–5], что при введении менее 8 электродов значительно снижается качество восприятия речи, особенно в шумной обстановке. Если введено хотя бы 8–10 электродов (обычно это ~35–45% активной длины), то пациент может различать базовые звуки и речь, воспринимать частоты, охватывающие хотя бы часть речевого диапазона (базальный и начальный средний завитки) [6]. В табл. 1 приведены точные размеры электрода, которые необходимо учитывать в предоперационном анализе КТ-снимков.

Сопоставляя данные приведенной таблицы с данными КТ, можно сказать, что при введении электродной решетки от ниши круглого окна до восходящего отдела улитки удастся ввести 10 электродов, при этом ориентиром может служить белая

Таблица 1
Размеры импланта CI512 и CI612 (официальные данные компании COCHLEAR) [7]
Table 1
Dimensions of CI512 and CI612 implants (official data from Cochlear) [7]

Параметр	Значение
Количество электродов	22 электрода
Расстояние между центрами контактов электрода	0,8 мм в проксимальной части электродной решетки и постепенно уменьшается до 0,4 мм в дистальной части (в скрученном состоянии)
Диаметр электродов (в поперечном сечении)	0,8 мм в проксимальной части; постепенно уменьшается до 0,5 мм к дистальной части
Контактная поверхность	от 0,21 до 0,23 мм ²
Длина активного участка электродной решетки в выпрямленном состоянии	14,25 мм
Номинальная длина электрода в выпрямленном состоянии	15 мм от кончика до базального электрода 19 мм от кончика до проксимального ободка
Длина электрода с электродной решеткой	99 мм от приемника/стимулятора до кончика электродной решетки
Метка для указания глубины введения	Белая метка в середине активной части электродной решетки (сбоку) указывает, когда кончик находится вблизи боковой стенки ушного лабиринта в задней части базального завитка

отметка на обратной стороне электродной решетки, которая помечена напротив 10-го электрода.

Несмотря на высокий уровень хирургической сложности, исследования и клинические наблюдения последних лет подтверждают, что даже при тотальной оссификации улитки возможна частичная или полная слуховая реабилитация, особенно при условии ранней диагностики и правильно выбранной тактики операции. Восстановление восприятия звуков, пусть и в ограниченном диапазоне, значительно улучшает качество жизни пациента, способствует социальной адаптации и коммуникации.

Настоящая статья посвящена описанию 2 клинических случаев успешной кохлеарной имплантации у пациентов с подтвержденной тотальной оссификацией улитки. В работе подробно рассматриваются этапы предоперационного обследования, особенности хирургического доступа, выбор и установка импланта, а также оценка функциональных результатов в послеоперационном периоде. Представленные клинические наблюдения подчеркивают, что даже в крайне сложных анатомических условиях кохлеарная имплантация остается возможным и перспективным методом слуховой реабилитации.

■ КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ 1

Пациент А.А., мужчина, 24 года, с двусторонней глубокой сенсоневральной тугоухостью, речь на момент осмотра не развитая, выговаривает смазанно 5–6 односложных слов. Со слов родителей, снижение слуха носило внезапный характер и развилось на второй день болезни, на момент развития глухоты речь соответствовала физическому возрасту. Слуховые аппараты не носил из-за неприятного шума при их использовании. Результаты аудиологического исследования: двусторонняя глухота.

По данным КТ и МРТ (рис. 1, 2) у пациента отмечается полная оссификация базального завитка улитки и вершины с 2 сторон.

Необходимо отметить и тот факт, что просвет горизонтального, заднего и верхнего полукружного канала также облитерирован полностью. Анализ КТ- и МРТ-снимков до и после операции проводился с помощью программы Radiant.

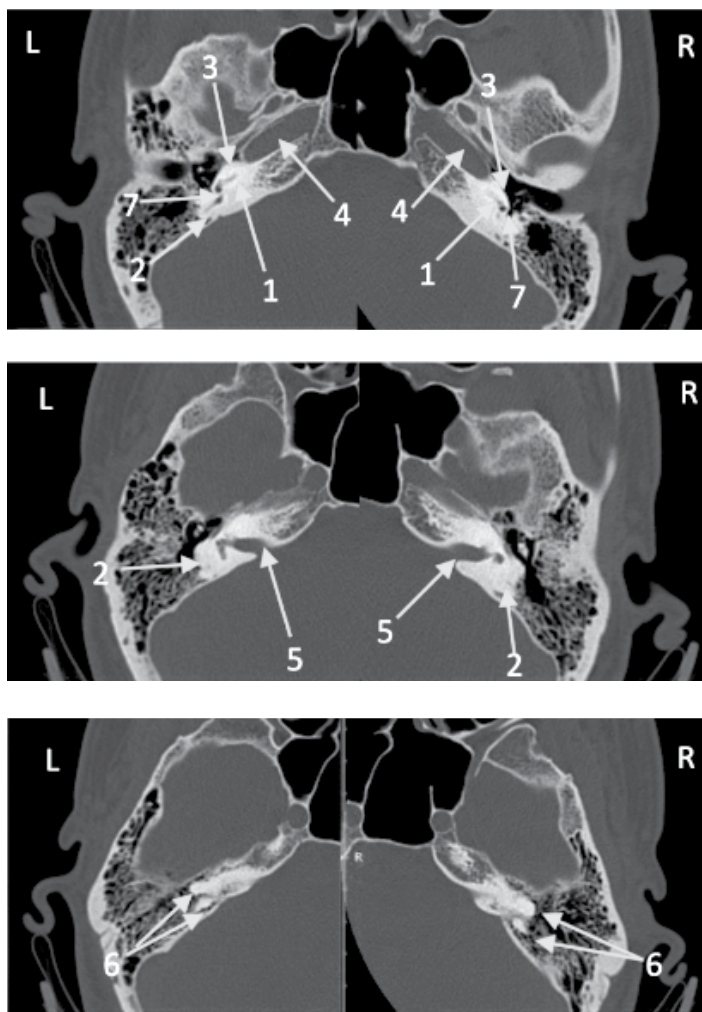


Рис. 1. Пациент А.А., белая улитка справа: полная оссификация базального, второго завитков и вершины улитки. Слева на протяжении 6 мм имеется участок фиброза, наблюдается небольшой просвет в горизонтальном полукружном канале: 1 – базальный завиток улитки; 2 – горизонтальный полукружный канал; 3 – второй завиток улитки и вершина; 4 – внутренняя сонная артерия; 5 – внутренний слуховой проход; 6 – верхний полукружный канал; 7 – круглое окно

Fig. 1. Patient A.A. "White cochlea" on the right: complete ossification of the basal, second turns, and apex of the cochlea. On the left, a 6-mm segment of fibrosis is visualized, with a small residual lumen in the horizontal semicircular canal: 1 – basal turn of the cochlea; 2 – lateral semicircular canal; 3 – second turn of the cochlea and apex; 4 – internal carotid artery; 5 – internal auditory canal; 6 – superior semicircular canal; 7 – round window

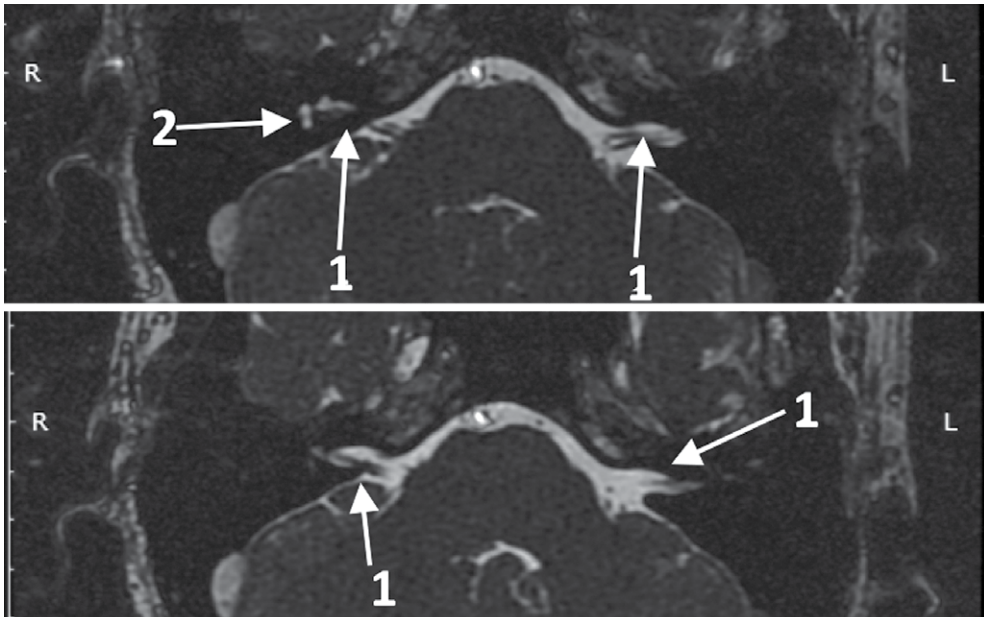


Рис. 2. Пациент А.А., на МРТ-снимках визуализируется слуховой нерв (1) справа и слева на всем протяжении, справа имеется частичный просвет в области базального (3) и небольшой просвет в области второго завитка (2) улитки

Fig. 2. Patient A.A. MRI demonstrates the cochlear nerve (1) bilaterally along its entire course. A partial lumen of the basal turn (3) and a small lumen of the second turn (2) are visible on the right

Во время операции из-за полной облитерации улиткового канала при помощи алмазной фрезы диаметром 0,8 мм через нишу круглого окна на маленьком обороте проведено формирование туннеля в просвете базального завитка до восходящей ее части вдоль модиюлюса, из-за сильной оксификации просвет улиткового хода в апикальной части улитки и восходящий отдел базального завитка открыть не удалось.

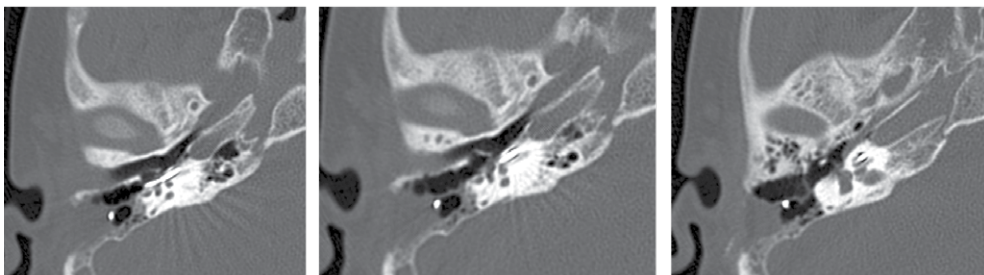


Рис. 3. Аксиальная проекция. Пациент А.А. через 1 месяц после операции: отмечается введение электродной решетки до 13 мм, с частичным переходом электродов во второй завиток улитки. Расположение электродов стабильное, без признаков экстракохлеарной миграции, что подтверждает корректность выбранной траектории при формировании канала

Fig. 3. Axial projection. Patient A.A., one month after surgery. The electrode array is inserted to a depth of approximately 13 mm with partial progression into the second cochlear turn. The position remains stable with no signs of extracochlear migration

Количество электродов, входящих в сформированный просвет, подсчитывали при помощи специальных пробных электродов и, убедившись в достаточном количестве, приступали к установке самого кохлеарного импланта.

Как видно на рис. 3, электродная решетка у пациента А.А. расположена в сформированном улитковом проходе и введена на глубину 13 мм. Электродная решетка была успешно размещена в сформированном просвете базального завитка близко к медиальной стенке, при этом успешно было введено 13 электродов, что предполагает эффективную стимуляцию волокон спирального ганглия при сохраненной архитектуре модиолярной области.

Приведенный клинический случай демонстрирует техническую возможность имплантации при выраженной оссификации и подчеркивает значение тщательного предоперационного планирования для максимального использования анатомически доступных участков улитки. Во время операции телеметрия нервного ответа или

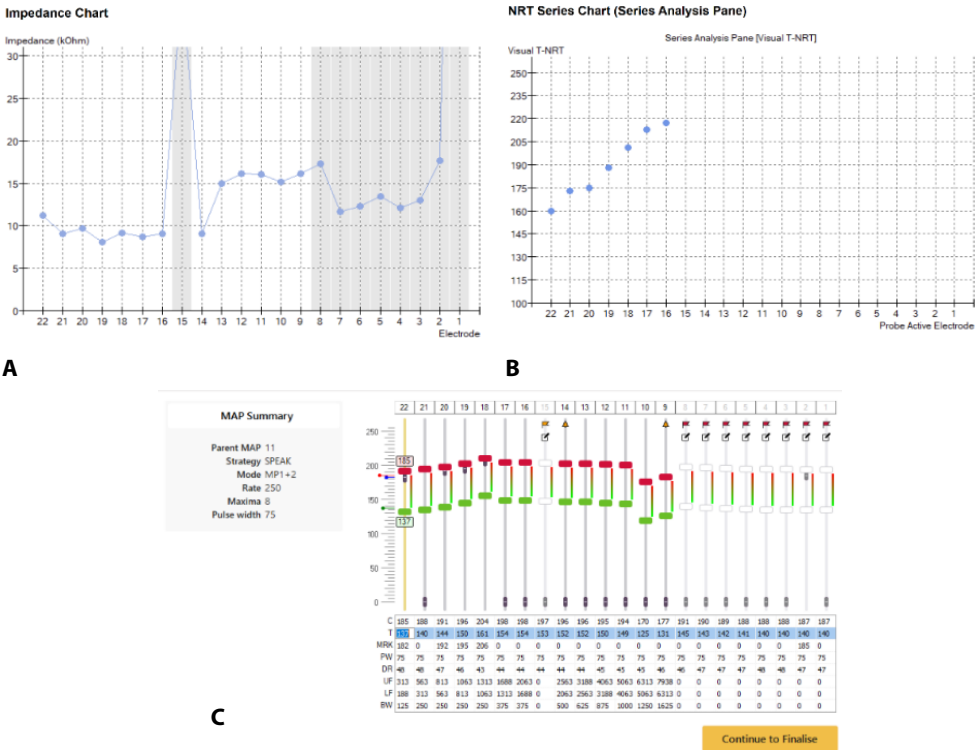


Рис. 4. Пациент А.А., интраоперационная AutoNRT (A) с импедансометрией (B) и стратегия кодирования (C) после подключения РП, так как в SPEAK (B) используется низкая частота стимуляции (около 250 Гц), электроды стимулируются реже и не одновременно, давая звуковой системе больше времени на восстановление. Это снижает вероятность интерференции, что позволяет использовать больше активных электродов без ухудшения восприятия
Fig. 4. Patient A.A. Intraoperative AutoNRT (A) with impedance measurements (B) and coding strategies (C) after activation of the speech processor. Since the SPEAK strategy (B) uses a low stimulation rate (around 250 Hz), the electrodes are stimulated less frequently and not simultaneously, allowing more recovery time for the auditory system. This reduces the likelihood of interference and enables the activation of a greater number of electrodes without compromising sound perception

Таблица 2
Основные характеристики стратегий кодирования
Table 2
Main characteristics of the coding strategies

Характеристика	SPEAK	ACE
Основной принцип	Выбор спектральных пиков	Комбинация SPEAK+CIS
Частота стимуляции	Низкая (до 250 Гц)	Высокая (до 1800 Гц и выше)
Количество активных каналов	6–10	8–12
Разборчивость в тишине	Хорошая	Очень хорошая
Разборчивость в шуме	Ограниченная	Отличная
Энергопотребление	Низкое	Умеренное/высокое
Клиническое применение	Чувствительная улитка, дети, начальный этап адаптации	Большинство пациентов, стандартный режим

AutoNRT зарегистрировалась на 16–22-м электродах (рис. 4А), а результаты импедансометрии зафиксированы на всех электродах (рис. 4В).

Через 1 месяц после операции проведено подключение, при этом первичная программа настраивалась по стандартной методике. Ощущение звука у пациента наблюдалось сразу. Повторная настройка проводилась через месяц после подключения. При программировании речевого процессора фирмы Cochlear по умолчанию используется стандартная стратегия кодирования ACE. При необходимости, ориентируясь на ощущения пациента, стратегию кодирования можно поменять. Учитывая частичное введение электродов в улитку, рекомендуется использовать стратегию SPEAK, которая отличается низкой частотой стимуляции (рис. 4С). Режим ACE (Advanced Combination Encoder), анализируя спектр сигнала, выбирает 8–12 наиболее интенсивных каналов из всех доступных, при этом используется высокая частота стимуляции (до 1800 импульсов/с и более), во время которой применяется межканальная интерполяция для более естественного восприятия.

Режим SPEAK (Spectral Peak) – это стратегия кодирования, основанная на выборе наиболее значимых спектральных пиков из звукового сигнала. Анализируя звуковой сигнал на частотные компоненты, выбирает 6–10 пиков, содержащих наибольшую энергию с низкой частотой стимуляции (до ~250 импульсов/с). В табл. 2 представлены основные отличительные характеристики этих программ.

Через 1 месяц после подключения выявлено, что пациент А.А. при использовании ACE не реагировал на звуки. При переключении на стратегию кодирования SPEAK отмечалась реакция на звуки, особенно в спокойной обстановке.

Стратегия кодирования SPEAK использует низкую частоту стимуляции и ограниченное число спектральных пиков, что снижает нагрузку на слуховую систему. Отсутствие реакции на звук при ACE-кодировании указывает на частичную дегенерацию спирального ганглия и повышенную чувствительность к электрической стимуляции.

■ КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ 2

Пациент Х.Б., мальчик, 13 лет, перенесший бактериальный менингит в возрасте 4 лет. Речь развитая, но смазанная. Со слов родителей, проблему со слухом отметили сразу после выхода ребенка из комы. При аудиологическом обследовании выявили двустороннюю глухоту. Ношения слуховых аппаратов не было.

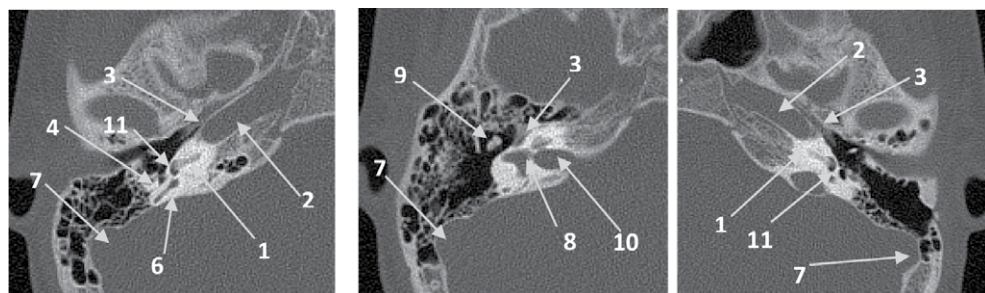


Рис. 5. Пациент Х.Б., КТ, аксиальная проекция. Оссификация базального завитка и вертушки справа и слева, имеется просвет преддверия улитки, просвет горизонтального полукружного канала полностью оссифицирован справа, и частично сохранный просвет слева: 1 – базальный завиток улитки; 2 – внутренняя сонная артерия; 3 – лицевой нерв; 4 – место отхождения барабанной струны; 5 – вертушка; 6 – горизонтальный полукружный канал; 7 – сигмовидный синус; 8 – преддверие улитки; 9 – наковальня; 10 – внутренний слуховой проход; 11 – ниша круглого окна

Fig. 5. Patient Kh.B., CT scan, axial view. Ossification of the basal turn and apex of the cochlea on both sides. A residual vestibular lumen is present; the lumen of the horizontal semicircular canal is completely ossified on the right and partially preserved on the left: 1 – basal turn of the cochlea; 2 – internal carotid artery; 3 – facial nerve; 4 – chorda tympani origin; 5 – apex; 6 – horizontal semicircular canal; 7 – sigmoid sinus; 8 – vestibule of the cochlea; 9 – incus; 10 – internal auditory canal; 11 – round window niche

Результаты аудиологического исследования перед операцией подтвердили диагноз: двусторонняя глухота. По данным КТ и МРТ у пациента Х.Б. при тотальной оссификации базального завитка улитки, вертушки, переднего, горизонтального и верхнего полукружного канала отмечается небольшой просвет в проекции преддверия улитки, который справа больше (рис. 5).

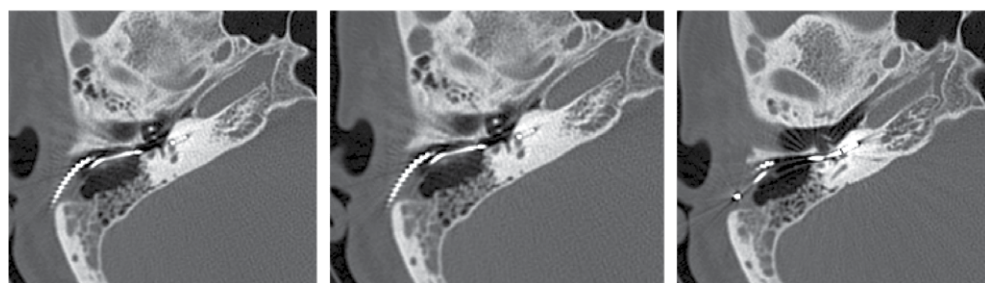
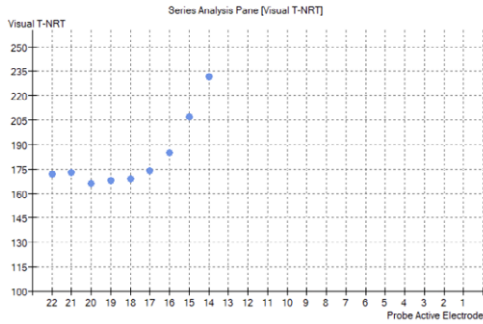


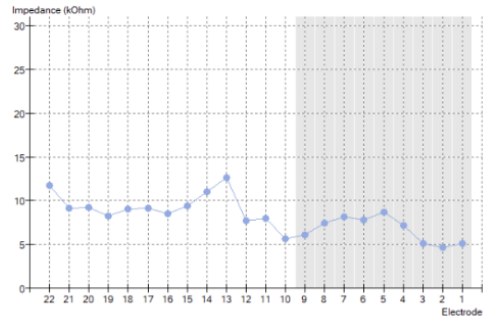
Рис. 6. Аксиальная проекция. Пациент Х.Б. через 1 месяц после операции. Визуализируется положение электродной решетки импланта в сформированном просвете базального завитка улитки справа. Глубина введения составляет около 9 мм, что соответствует размещению 13 активных электродов. Электродная решетка расположена близко к медиальной стенке улитки, что обеспечивает контакт с модиолярной областью

Fig. 6. Axial projection. Patient Kh.B., one month after surgery. The position of the electrode array within the surgically created lumen of the basal turn of the cochlea on the right side is visualized. The insertion depth is approximately 9 mm, corresponding to the placement of 13 active electrodes. The electrode array is positioned close to the medial cochlear wall, ensuring contact with the modiolary region

NRT Series Chart (Series Analysis Pane)

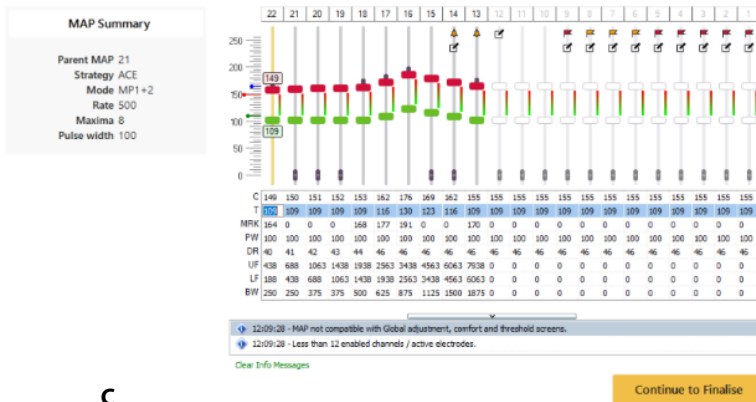


Impedance Chart



A

B



C

Рис. 7. Пациент Х.Б., интраоперационный AutoNRT (A) с импедансометрией (B) со стратегией кодирования (C): так как в ACE используется высокая частота стимуляции (до 1800 импульсов/с), электроды стимулируются чаще и в более быстром ритме, создавая высокую плотность стимуляции, и, чтобы избежать наложения электрических полей (inter-electrode interference) и перекрестной стимуляции соседних нервных волокон, приходится отключать крайние или «слишком близкие» электроды

Fig. 7. Patient Kh.B. Intraoperative AutoNRT (A) with impedance measurements (B), and the patient's coding strategy (C). Because the ACE strategy uses a high stimulation rate (up to 1800 pulses per second), electrodes are stimulated more frequently and in a faster rhythm, creating a high stimulation density. To prevent overlapping electrical fields (inter-electrode interference) and unintended stimulation of adjacent neural fibers, it is often necessary to deactivate peripheral or closely spaced electrodes

Пациенту в ходе операции в сформированный в толще базального завитка улитковый ход удалось ввести около 9 мм электродной решетки, что соответствует 13 активным электродам, глубина введения 180–240°, что соответствует восходящему отделу базального завитка (рис. 6).

Интраоперационная телеметрия нервного ответа (AutoNRT) регистрируется на 14, 16–22-м электродах (рис. 7A). Результаты импедансометрии зафиксированы на всех электродах (рис. 7B).

Подключение проводилось через 1 месяц после операции по стандартной методике с использованием стратегии ACE. Имелась явная реакция на окружающие

звуки. Повторная настройка проводилась через месяц после подключения. В течение месяца пациент хорошо адаптировался к режиму ACE, отмечается хорошая когнитивная функция и быстрая слуховая адаптация, несмотря на затруднение разборчивости речи и многосложных слов, стал хорошо различать звуки, буквы и односложные слова.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Тотальная оссификация улитки представляет собой значительное препятствие для кохлеарной имплантации, поскольку анатомическое пространство для введения электродной решетки полностью отсутствует. Тем не менее в последние 2 десятилетия в мировой литературе описаны успешные случаи проведения имплантации при помощи специальных хирургических техник и индивидуализированных протоколов настройки.

В нашем исследовании удалось ввести 13–14 активных электродов при помощи drill-out-техники с использованием перимодиолярной решетки CI512/CI612 с сохранением стилета, что соответствует 35–45% активной длины и является достаточным минимумом для восприятия речевого диапазона. Результаты интраоперационной телеметрии (AutoNRT) и импедансометрии в нашем исследовании демонстрируют стабильные пороговые значения на большинстве активных электродов, что подтверждает адекватный нейронный ответ слухового нерва и функциональную пригодность установленной решетки.

Примечательно, что при сравнении предпочтения стратегий кодирования у 2 пациентов выявились четкие различия. Пациент Х.Б. успешно адаптировался к режиму ACE, обеспечивающему высокочастотную стимуляцию и лучшую разборчивость речи в шумной среде, что подтверждается аналогичными выводами в работе Wilson et al. [8]. В то время как пациент А.А. показал положительный отклик только на режим SPEAK, что совпадает с результатами Skinner et al. (2002) [9], где использование низкочастотных стратегий у пациентов с частичной нейронной дегенерацией улучшало переносимость стимуляции.

Таким образом, наши данные подтверждают, что индивидуальный подбор режима кодирования на основе функциональной телеметрии и субъективной оценки позволяет компенсировать даже значительные ограничения, вызванные анатомической патологией. Важно отметить, что несмотря на полную оссификацию базального и среднего завитков, а также полукружных каналов у обоих пациентов наблюдалась ранняя звуковая реакция уже на первом этапе подключения, что также зафиксировано в исследовании Ketten et al. (1998) [10], где авторы подчеркивали роль сохранности преддверия и слухового нерва как критических факторов для успеха имплантации в сложных случаях.

Сравнение с литературными данными показывает, что успешная имплантация при тотальной оссификации технически возможна и может обеспечить удовлетворительную слуховую функцию, особенно при соблюдении следующих условий:

- полноценное визуализирующее предоперационное обследование (МСКТ+МРТ);
- грамотное планирование глубины введения электродов;
- выбор импланта с оптимальной геометрией и жесткостью решетки;
- персонализированное программирование с учетом чувствительности пациента.

Таким образом, наш клинический опыт дополняет международные данные и демонстрирует эффективность мультидисциплинарного подхода к решению крайне сложной задачи слуховой реабилитации при тотальной оссификации улитки.

■ ВЫВОДЫ

1. Кохлеарная имплантация возможна и эффективна даже при тотальной оссификации улитки при условии тщательной предоперационной визуализации и индивидуально подобранной хирургической тактики.
2. Использование перимодиолярных электродов со стилетом (CI512/CI612) позволяет надежно фиксировать решетку в сформированном канале при полной оссификации и обеспечивает введение 10 и более электродов, достаточных для базового восприятия речи.
3. Выбор стратегии кодирования (ACE или SPEAK) должен основываться на индивидуальных реакциях пациента и когнитивных возможностях пациента, степени нейронной сохранности и сенсорной переносимости. Использование режима SPEAK может быть предпочтительным при наличии гиперчувствительности к стимуляции и признаков нейронной дегенерации.
4. В режиме ACE количество активных электродов нередко снижают на 2–3, чтобы избежать интерференции между соседними каналами при высокой частоте стимуляции. В SPEAK, благодаря более редкой и щадящей стимуляции, можно активировать больше каналов без ухудшения восприятия, что важно учитывать при программировании импланта у пациентов с частичной оссификацией или повышенной чувствительностью к стимуляции.
5. Даже ограниченное количество активных электродов, введенных при сложной анатомии, может обеспечить положительный функциональный результат и улучшение качества жизни пациентов с глубокими нарушениями слуха.
6. Описанные клинические случаи демонстрируют необходимость мультидисциплинарного подхода для успешной реализации кохлеарной имплантации в условиях выраженных анатомических аномалий.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Bacciu A., Pasanisi E., Vincenti V., Bacciu S., Zini C. Cochlear implantation in cochlear ossification: impact of the new approaches. *Acta Otorhinolaryngol Ital.* 2007;27(5):252–257.
2. O'Driscoll M., Ramsden R., Lloyd S., Butler R. Management of meningitis-related labyrinthitis ossificans with the Nucleus 24 Contour electrode. *Cochlear Implants Int.* 2005;6(Suppl 1):182–185.
3. Pauna H.F., Lavor M.S., Guimarães A.C., Carvalho G.M., Castilho A.M., Hyppolito M.A. Cochlear implants in labyrinthitis ossificans. *Chronicle Journal of Otolaryngology.* 2017;5(1):1–6. Available at: https://www.researchgate.net/publication/318445726_Cochlear_Implants_in_Labyrinthitis_Ossificans.
4. Dvorianchikov V.V., Kuzovkov V.E., Kliachko D.S., Lilenko A.S., Sugarova S.B., Tanaschishina V.A., Kalyapin D.D., Kharitonova P.R. A clinical case of a patient with subtotal ossification of the cochlea: results of cochlear implantation using neuroimaging methods to control dynamics. *Consilium Medicum.* 2024;26(3):172–176. doi: 10.26442/20751753.2024.3.202741. (in Russian)
5. Hamed N., et al. The chronological evolution of cochlear implant outcomes in patients with ossified cochleae. *Journal of Clinical Medicine.* 2024;13(8):2337. doi: 10.3390/jcm13082337
6. Labadie R.F., Noble J.H., Gifford R.H., Dawant B.M., Dietrich M.S., Fitzgerald D.C. Anatomic constraints to cochlear implant electrode insertion: implications for future electrode design. *Otol Neurotol.* 2011;32(3):377–382.
7. Cochlear Ltd. *Nucleus CI512 Cochlear Implant: Product Information.* Official documentation; 2019.
8. Wilson B.S., Finley C.C., Lawson D.T., Wolford R.D., Eddington D.K., Rabinowitz W.M. Better speech recognition with cochlear implants. *Nature.* 1991;352:236–238.
9. Skinner M.W., Ketten D.R., Holden L.K., Harding G.W., Smith P.G., Gates G.A., Neely J.G. CT-derived estimation of cochlear morphology and electrode array position in relation to word recognition in nucleus cochlear implant users. *Ear Hear.* 2002;23(3 Suppl):195–285.
10. Ketten D.R., Vannier M.W., Skinner M.W., Gates G.A. The impact of ossification on cochlear implant insertion: CT imaging, electrode positioning, and hearing. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 1998;119(3):215–223.