

ПРОТОКОЛ ОПИСАНИЯ КТ В ПРЕДОПЕРАЦИОННОМ ПЛАНИРОВАНИИ И ПОСТОПЕРАЦИОННОМ МОНИТОРИНГЕ КОХЛЕАРНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

Гридасова И.С.^{1,2}, Коробкин А.С.², Серова Н.С.¹

1 – ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова МЗ РФ (Сеченовский Университет), г. Москва, Россия.

2 – ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии Федерального медико-биологического агентства», г. Москва, Россия.

Цель исследования. Разработка протокола описания компьютерной томографии (КТ) в предоперационном планировании и постоперационном мониторинге кохлеарной имплантации.

Материалы и методы. На базе ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии ФМБА» было обследовано 150 пациентов (100%), в возрасте от 8 месяцев до 16 лет, из них 83 мужского пола ($n=83$; 55,3%), а 67 женского пола ($n=67$; 44,7%), с диагнозом «нейросенсорная тугоухость 4 ст.» для планирования кохлеарной имплантации. Всем пациентам была выполнена КТ височных костей на пред- и послеоперационном этапах. В ходе работы был разработан уточненный протокол, включающий подробное описание всех анатомических структур и параметров, имеющих важное значение для планирования установки и мониторинга кохлеарного импланта.

Результаты и обсуждение. Всем пациентам ($n=150$; 100%) была выполнена кохлеарная имплантация на основании предоперационного планирования и произведен постоперационный мониторинг положения электродов кохлеарного импланта по данным КТ с использованием разработанного протокола описания. Предоперационная КТ выявила анатомические особенности строения височной кости в 26% случаях ($n=39$) и аномалии внутреннего уха в 10,7% ($n=16$), что позволило спланировать безопасный хирургический доступ в каждом конкретном случае. Измерение длины улиткового канала (от 11,8 до 36,7 мм) обеспечило индивидуальный подбор электрода, а выявленные КТ-признаки оксификации у 8% пациентов ($n=12$) определили хирургическую тактику имплантации. Кохлеарная имплантация была выполнена всем пациентам в 86% случаях ($n=129$) – трансмембранно, 14% ($n=21$) – через кохлеостому. Постоперационная КТ выявила, что дистальный конец электрода располагался преимущественно в среднем ($n=112$; 74,6%) и апикальном ($n=83$; 55,3%) завитках улитки, что подтверждает эффективность предоперационного планирования. КТ позволяет детально визуализировать все структуры височной кости, обеспечивая точное описание анатомических особенностей строения и аномалий развития в предоперационном планировании. Наиболее важными параметрами при планировании кохлеарной имплантации являются длина и проходимость улиткового канала и доступ к круглому окну. Дополнительно в нашем исследовании оценивался угол ориентации улитки (α), среднее значение которого в нашем исследовании составило $56,8^\circ$, что согласуется с данными других авторов ($54,6-56,1^\circ$). Установлено, что $\alpha < 50^\circ$ ассоциирован с затруднённой визуализацией круглого окна и техническими сложностями доступа к нему, тогда как большие значения облегчают хирургическое вмешательство. Средние размеры круглого окна (1,5 мм) и его костного выступа (высота 1,46 мм, толщина 0,83 мм) подтверждают важность КТ на дооперационном этапе.

Заключение. Разработанный протокол описания КТ позволяет оптимизировать оценку височных костей в предоперационном планировании и постоперационном мониторинге кохлеарной имплантации, что повышает эффективность лечебной тактики у данной категории пациентов.

Ключевые слова: компьютерная томография, кохлеарная имплантация, длина улиткового канала, тимпанотомия.

Контактный автор: Гридасова И.С., e-mail: dr.gridasova_irina@mail.ru.

Для цитирования: Гридасова И.С., Коробкин А.С., Серова Н.С. Протокол описания КТ в предоперационном планировании и постоперационном мониторинге кохлеарной имплантации. REJR 2026; 16(2):21-31. DOI: 10.21569/2222-7415-2026-16-2-21-31.

Статья получена: 21.04.26

Статья принята: 01.08.26

PROTOCOL OF CT-DESCRIPTION IN PREOPERATIVE PLANNING AND POSTOPERATIVE MONITORING OF COCHLEAR IMPLANTATION

Gridasova I.S.^{1,2}, Korobkin A.S.², Serova N.S.¹

1 – Sechenov University.

2 – National Medical Research Center of Otorhinolaryngology, Federal Medical and Biological Agency. Moscow, Russia.

Purpose. To develop a protocol for computed tomography (CT) reporting in preoperative planning and postoperative monitoring of cochlear implantation.

Materials and Methods. A total of 150 patients (100%) aged from 8 months to 16 years (83 males, n=83, 55.3%; 67 females, n=67, 44.7%) with a diagnosis of grade 4 sensorineural hearing loss were examined at the National Medical Research Center for Otorhinolaryngology, FMBA of Russia for preoperative cochlear implantation planning. All patients underwent high-resolution CT of the temporal bones at both the pre- and postoperative stages. During the study, a detailed protocol was developed that includes a comprehensive description of all anatomical structures and parameters critical for surgical planning and implant placement, as well as for postoperative device monitoring.

Results and discussion. All patients (n=150; 100%) underwent cochlear implantation based on preoperative planning, followed by postoperative CT monitoring of electrode array position using the developed description protocol. Preoperative CT revealed anatomical variations of the temporal bone in 26% of cases (n=39) and inner ear malformations in 10,7% (n=16), enabling safe surgical access planning in each individual case. Measurement of the cochlear duct length (ranging from 11,8 to 36,7 mm) ensured individualized electrode selection, while CT-detected ossification in 8% of patients (n=12) determined the surgical implantation strategy. Cochlear implantation was performed in all patients, with a trans-membranous approach in 86% of cases (n=129) and via cochleostomy in 14% (n=21). Postoperative CT demonstrated that the distal electrode tip was predominantly located in the middle (n=112; 74,6%) and apical (n=83; 55,3%) turns of the cochlea, confirming the efficacy of preoperative planning. CT enables detailed visualization of all temporal bone structures, providing accurate characterization of anatomical variants and developmental anomalies in preoperative planning. The most critical parameters for cochlear implantation planning were cochlear duct length, patency, and access to the round window. Additionally, the cochlear orientation angle (α) was assessed in our study, with a mean value of 56,8°, which is consistent with previously reported data (54,6-56,1°). It was established that $\alpha < 50^\circ$ is associated with difficult round window visualization and technical challenges in accessing it, whereas larger values facilitate the surgical procedure. The mean dimensions of the round window (1,5 mm) and its bony overhang (height 1,46 mm, thickness 0,83 mm) further underscore the importance of preoperative CT assessment.

Conclusion. The developed protocol for describing CT scans allows to optimizing the assessment of the temporal bones during preoperative planning and postoperative monitoring of cochlear implantation, which increases the effectiveness of treatment strategies for this category of patients..

Keywords: computed tomography, cochlear implantation, cochlear duct length, tympanotomy.

Corresponding author: Gridasova I.S., e-mail: dr.gridasova_irina@mail.ru.

For citation: Gridasova I.S., Korobkin A.S., Serova N.S. Protocol of CT-description in preoperative planning and postoperative monitoring of cochlear implantation. REJR 2026; 16(2):21-31. DOI: 10.21569/2222-7415-2026-16-2-21-31.

Received: 21.04.26

Accepted: 01.08.26

Кохлеарная имплантация является стандартным методом лечения тяжелой и глубокой сенсоневральной тугоухости [1]. Индивидуальный подход при кохлеарной имплантации становится всё более важным, так как успех процедуры во многом зависит от правильного выбора длины электродной системы и оптимального расположения электродов внутри улитки [2, 3]. Предоперационное измерение канала улитки с помощью компьютерной томографии (КТ) позволяет хирургу выбрать подходящую длину электродов и спланировать глубину введения для достижения максимального покрытия тонотопической карты улитки [1].

Распознавание речи с помощью кохлеарного имплантата (КИ) зависит от соответствия частотных диапазонов, выделенных для КИ электродов, физическому расположению этих электродов внутри улитки, поскольку каждая точка улитки настроена на определённую звуковую частоту. Это частотное отображение преобразуется в топографию слухового нерва благодаря внутриулитковому пространственному распределению периферических окончаний отдельных нервных волокон по всей длине улитки [4]. Существует несколько факторов, влияющих на частотно-пространственное отображение между кохлеарными электродами и слуховым нервом в улитке. К ним относят анатомические факторы (общая длина улитки, аномалии улитки), физиологические факторы, такие как состояние нервных клеток, локализация, характер и длительность стимуляции, а также распространение тока от электродов и хирургические факторы (глубина введения электродной матрицы). Наиболее важными из них являются длина электродов кохлеарного имплантата по отношению к длине улитки и глубина их введения [5, 6].

Распознавание речи может быть нарушено, если электроды передают спектральную информацию, которая не соответствует тонотопическому расположению электродов в улитке [7]. Сдвиги частоты могут быть особенно вредными в случае постлингвальной глухоты, когда у пациентов до потери слуха был большой опыт нормального акустического восприятия [8]. В случае, когда слух теряется и восстанавливается с помощью кохлеарного имплантата, имплантат может не обеспечивать мозг таким же распределением тонотопической информации, как нормальная улитка, в зависимости от глубины введения электродов и частотного картирования [9, 10]. Однако первоначальное несоответ-

ствие частотных характеристик может не оказывать постоянного негативного влияния, поскольку некоторые пациенты со временем приспосабливаются к изменённому тонотопическому распределению спектральной информации. Это особенно характерно для долингвистически оглохших пациентов, у которых практически не было опыта восприятия нормальной акустической картины. Степень адаптации зависит от гибкости распознавания речевых паттернов в центральной нервной системе, что ещё раз подчеркивает важность ранней кохлеарной имплантации у детей и подростков, поэтому так важна корректная и безопасная установка кохлеарного имплантата [11]. На данный момент пока не разработано единого алгоритма и критериев описания КТ-данных у пациентов на пред- и послеоперационном этапах кохлеарной имплантации.

Цель исследования.

Разработка протокола описания компьютерной томографии (КТ) в предоперационном планировании и послеоперационном мониторинге кохлеарной имплантации.

Материалы и методы.

На базе ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии ФМБА» было обследовано 150 пациентов (100%), в возрасте от 8 месяцев до 16 лет, из них 83 мужского пола (n=83; 55,3%), а 67 женского пола (n=67; 44,7%), с диагнозом «нейросенсорная тугоухость 4 ст.» для планирования кохлеарной имплантации. Всем пациентам была выполнена компьютерная томография височных костей на пред- и послеоперационном этапах. Всем пациентам (n=150; 100%) выполнялось КТ на аппарате Revolution Maxima 128 (GE, США). Исследование дополнялось мультипланарными и трехмерными реконструкциями.

Результаты.

Оценка КТ височных костей для планирования и мониторинга кохлеарной имплантации проводилась у всех 150 пациентов (100%) с использованием разработанного протокола.

Протокол описания височных костей.

I. ПРЕДОПЕРАЦИОННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ КОХЛЕАРНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

1. Сосцевидный отросток:

Тип сосцевидного отростка:

- пневматический;
- диплоэтический (смешанный);
- склеротический.

Оценка высоты крыши барабанной полости (___мм) (рис. 1):
более 3,5 мм;

менее 3,5 мм.
 Перегородка Корнера:
 присутствует; отсутствует.
 Степень пневматизации сосцевидного отростка:
 пневматизирован;
 частично пневматизирован;
 не пневматизирован (заполнен патологическим субстратом).
 2. Наружный слуховой проход:
 нормальный (с/без анатомической особенности – отверстие Люшка);
 деформированный;
 аномальный (атрезия – костная, мягкотканная, смешанная).
 Ширина: нормальный (5-9 мм);
 суженый (___мм).
 Проподимость: проходим; частично обтурирован; не проходим.
 Целостность его костных стенок: целостны; с деструктивными изменениями.
 3. Среднее ухо:
 Степень пневматизации барабанной полости:
 пневматизирована;
 частично пневматизирована (с точным указанием локализации содержимого: в кармане Пруссакa, эпи-, мезо-, гипотимпануме и их комбинации);
 не пневматизирована (заполнена тотально патологическим субстратом).
 Костное устье слуховой трубы:
 проходимо; обтурировано.
 Цепь слуховых косточек:
 сохранена; нарушена (где___).
 Слуховые косточки (молоточек, наковальня и стремя):
 форма (нормальная/ деформированная/аномальная);
 размер (нормальный/ уменьшенный/увеличенный);
 плотность (нормальная/сниженная).
 4. Внутреннее ухо:
 4.1. Анатомия улитки:
 нормальная; аномальная.
 Форма улитки: нормальная; аномальная.
 Положения улитки (рис. 2):
 переднее; заднее.
 Размеры улитки (рис. 3):
 длина канала улитки (___мм);
 ширина улитки (___мм);
 высота улитки (___мм).
 Проподимость канала улитки:
 структура однородная;
 имеется оссификация (базального завитка – нисходящего/восходящего сегмента, среднего завитка, апиального завитка - локальная, субтотальная, тотальная).

Ширина апертуры улитки: норма (1,5-3 мм); расширен; сужен;
 4.2. Анатомии лабиринта:
 нормальная; аномальная.
 Целостность костной капсулы лабиринта: целостна; с деструктивными изменениями.
 Оценка толщины костной ткани лабиринта в области апиального завитка улитки (___мм)
 4.2.1. Преддверие лабиринта:
 Размер: не расширено; расширено.
 Структура: однородная; имеется оссификация (локальная, субтотальная, тотальная).
 4.2.2. Полукружные каналы лабиринта:
 Строение:
 нормальное (передний, задний и латеральный полукружные каналы);
 аномальное.
 Структура:
 однородная;
 имеется оссификация (локальная, субтотальная, тотальная).
 4.3. Ниши лабиринтных (круглого и овального) окон:
 имеется/атрезия;
 свободно/блокировано содержимым.
 Оценка параметров круглого окна:
 Доступ (рис.4): легкий; сложный.
 Размер (___мм).
 Оценка толщины и высоты костного выступа круглого окна (___мм).
 5. Водопроводы преддверия и улитки:
 Размер: норма (водопровод преддверия: 0,4-1,5 мм, водопровод улитки: ≤ 1,0 мм);
 расширен;
 сужен.
 Апертура: норма; слабо выражена; не выражена.
 Особенность расположения водопровода преддверия:
 норма;
 прилежит к луковиче яремной вены.
 6. Канала лицевого нерва:
 Анатомическое расположение: нормальное; имеет особенность хода.
 Ширина канала: нормальный (0,8-2,2 мм); сужен; расширен.
 Целостность костного канала: нормальное; с наличием дефектов.
 Оценка толщины его костной стенки (___мм)
 Оценка высоты лицевой ямки (___мм) (рис. 5)
 Наличие воздушных клеток вокруг лицевой ямки: присутствуют; отсутствуют.

7. Ширина внутреннего слухового прохода:
норма (4-7 мм); сужен; расширен.

8. Расположения луковички яремной вены: норма; её высокое стояние.

9. Расположения сигмовидного синуса: норма; латерализация.

10. Расположение канала внутренней сонной артерии: норма; эктопия.

11. Сосцевидная эмиссарная вена: присутствует; отсутствует.

12. Соседние анатомические структуры:

околоносовые синусы: их пневматизация, наличие утолщенной слизистой оболочки и образований;

орбиты: состояние костных стенок и внутриконусных структур;

задняя и средняя черепная ямка: целостность / истончение / деструкция костной ткани, наличие дополнительных образований.

II. ПОСТОПЕРАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ КОХЛЕАРНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

1. Оценка прилежащих мягких тканей: наличие геморрагического содержимого (имеется/отсутствует);

наличие вакуолей воздуха (имеются/отсутствуют).

2. Оценка пневматизации постоперационной полости:

пневматизирована;

частично пневматизирована;

не пневматизирована (тотально заполнена патологическим субстратом).

3. Оценка кохлеарного импланта:

3.1. Оценка целостности наружной части: сохранна; повреждена.

3.2. Оценка внутренней части:

3.2.1. Оценка цепи электродов кохлеарного импланта:

Ход: без особенностей; наличие петель/загибов

Целостность: сохранна (прослеживается на всем протяжении); нарушена

3.2.2. Положение дистального конца электродов:

Детализация относительно завитков улитки:

апикальный

средний

базальный

Детализация с использованием 4-квadrантной системы улитки (рис. 6)

I-IV (базальный завиток);

V-VIII (средний завиток);

IX-X (апикальный завиток).

Оценка угла вставки цепи электродов (рис. 7).

4. Послеоперационные осложнения:

Смещение электродов кохлеарного импланта:

неполное введение;

перегиб;

экстракохлеарное расположение.

Оценка рядом расположенных анатомических структур на наличие повреждений: костная стенка сигмовидного синуса;

костная стенка канала лицевого нерва;

костная капсула лабиринта.

КТ на дооперационном этапе позволила выявить анатомические особенности строения височной кости у 39 пациентов (n=39; 26%) и аномалии развития внутреннего уха у 16 пациентов (n=16; 10,7%), тем самым избежать непредвиденных осложнений и планировать безопасный доступ к круглому окну.

Среди анатомических особенностей у пациентов были выявлены: латерализация сигмовидного синуса (n=18; 12%); высокое расположение луковички яремной вены (n=33; 22%), aberrантная внутренняя сонная артерия (n=1; 0,7%); особенности водопровода улитки - сужен (n=16; 10,7%), укорочен (n=11; 7,3%), расширен (n=5; 3,3%), прилежит к луковичке яремной вены (n=11; 7,3%); атипичный ход лицевого нерва (n=7; 4,7%), которые важно учитывать при планировании хирургического доступа.

По данным КТ, всем пациентам (n=150; 100%) проведены точные измерения размеров улитки, наиболее важным параметром является длина улиткового канала, которая имеет важное значение для оптимального выбора как самого электрода кохлеарного имплантата, так и хирургической техники его постановки с учётом индивидуальных анатомических особенностей в каждом конкретном случае. В нашем исследовании длина улиткового канала составила от 11,8 мм до 36,7 мм.

Также были выявлены КТ-признаки оссификации у 12 пациентов (8%), из них оссификаты располагались только в канале улитки в 6 случаях (4%), в полукружных каналах лабиринта в 3 случаях (2%), в канале улитки и полукружных каналах в 3 случаях (1,3%). КТ на дооперационном этапе позволила определить протяженность оссификации, и тем самым выбрать корректный доступ к внутреннему уху и длину кохлеарного импланта.

Для прогнозирования риска стимуляции лицевого нерва (СЛН) измерялись толщина костной ткани улитки на уровне её

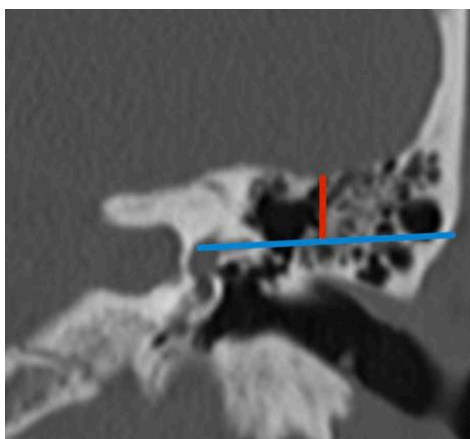


Рис. 1 а (Fig. 1 a)

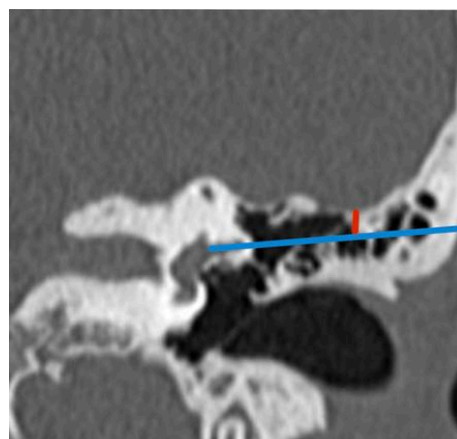


Рис. 1 б (Fig. 1 b)

Рис. 1. КТ, височная кость, корональная реконструкция, режим костного окна. Методика оценки высоты крыши барабанной полости. А – более 3,5 мм, Б – менее 3, 5 мм.

Одна линия проводится параллельно оси латерального полукружного канала (синий цвет), вторая линия – перпендикулярно к первой (красный цвет).

Fig. 1. CT, temporal bone, coronal reconstruction, bone window. The methodology for measuring the height of the tegmen tympani. A – more than 3.5 mm; B – less than 3.5 mm.

One line is drawn parallel to the axis of the lateral semicircular canal (blue), and a second line is drawn perpendicular to the first one (red).

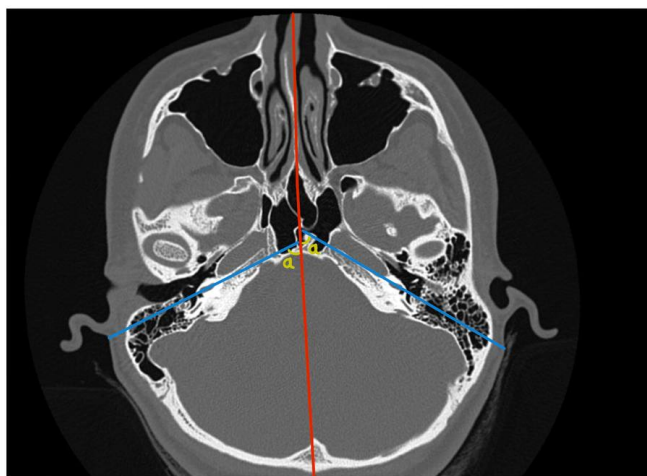


Рис. 2 (Fig. 2)

Рис. 2. КТ, височные кости, аксиальный срез, режим костного окна. Методика оценки положения улитки.

Одна линия проводится вдоль срединной сагиттальной плоскости (красный цвет), вторая линия – вдоль длинной оси базального завитка улитки (синий цвет). Если угол α (желтый цвет), который эти две линии образуют друг с другом составляет меньше 50 градусов, то введение электрода будет затруднено.

Fig. 2. CT, temporal bones, axial plane, bone window. The methodology for assessing cochlear orientation.

A reference line is placed parallel to the midsagittal plane (red line), and a second line is aligned with the long axis of the basal cochlear turn (blue line). The angle α (yellow) between these two lines is measured; values below 50° are associated with increased difficulty in electrode array insertion.

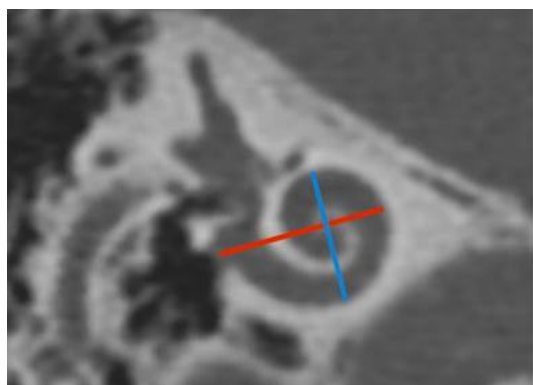


Рис. 3 а (Fig. 3 a)

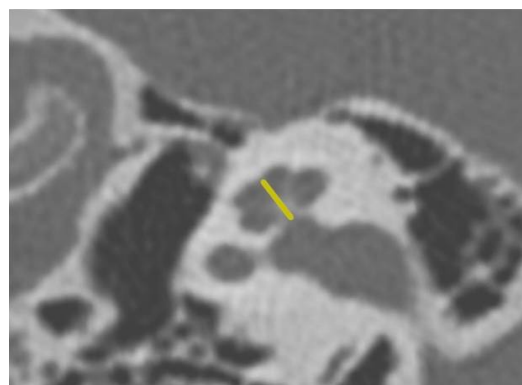


Рис. 3 б (Fig. 3 b)

Рис. 3. КТ, височная кость, криволинейная реконструкция, режим костного окна. Методика измерения параметров улитки.

а – длина канала улитки: линия, проведенная от центра мембраны круглого окна через центр улитки до противоположной стороны костной внешней стенки улитки (красный цвет); ширина улитки: линия (синий цвет), проведенная перпендикулярно к первой линии (красный цвет).

б – высота улитки: линия, проведенная от вершины улитки до её основания (желтый цвет).

Fig. 3. CT, temporal bone, curved planar reconstruction, bone window. The methodology for measuring cochlear parameters.

а – cochlear duct length: a line drawn from the center of the round window membrane through the center of the cochlea to the opposite side of the bony outer wall of the cochlea (red). Cochlear width: a line (blue) drawn perpendicular to the first line (red).

б – cochlear height: a line drawn from the apex of the cochlea to its base (yellow).

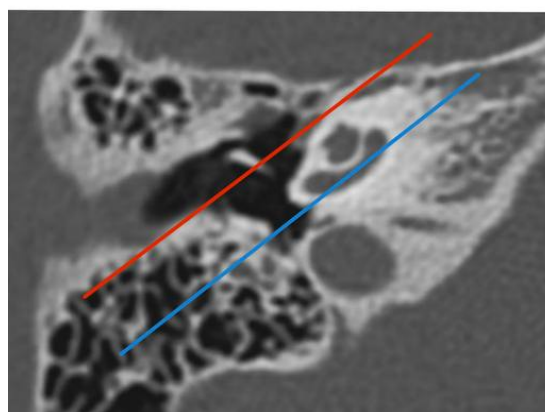


Рис. 4 а (Fig. 4 a)

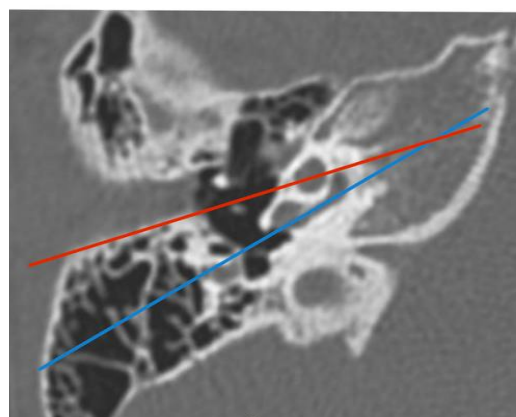


Рис. 4 б (Fig. 4 b)

Рис. 4. КТ, височная кость, аксиальный срез, режим костного окна. Методика оценки доступа к круглому окну.

Одна линия проводится вдоль базального завитка улитки (синий цвет), вторая линия по задней стенке наружного слухового прохода (красный цвет). Если полученные линии параллельны друг другу (а), то доступ к круглому окну более легкий, если пересекаются – затруднен (б).

Fig. 4. CT, temporal bone, axial plane, bone window. The methodology for assessing round window accessibility.

A reference line is placed along the basal cochlear turn (blue line), and a second line is aligned with the posterior wall of the external auditory canal (red line). Parallel orientation of these lines (a) indicates favorable round window accessibility, whereas their intersection (b) predicts a more difficult approach.

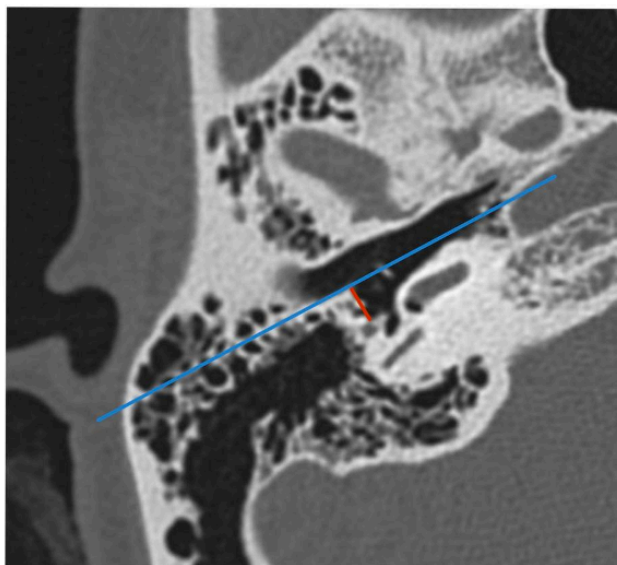


Рис. 5 (Fig. 5)

Рис. 5. КТ, височная кость, аксиальный срез, режим костного окна. Методика оценки высоты лицевой ямки.

Одна линия проводится по задней стенке наружного слухового (синий цвет), вторая линия – от лицевого нерва перпендикулярно к первой линии (красный цвет).

Fig. 5. CT, temporal bone, axial plane, bone window. The methodology for assessing the height of the facial recess.

One line is drawn along the posterior wall of the external auditory canal (blue), and a second line is drawn from the facial nerve perpendicular to the first line (red).

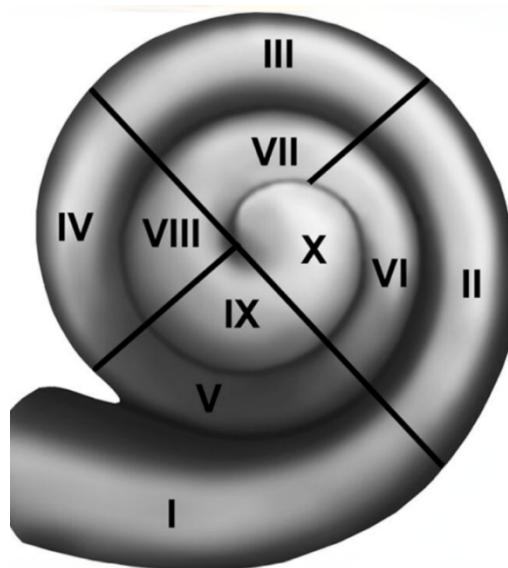


Рис. 6 (Fig. 6)

Рис. 6. Схема 4-квadrантной системы улитки для корректной оценки положения дистального конца электрода кохлеарного имплантата [8].

Каждый завиток улитки поделен на сектора, обозначенные цифрами I–X, при этом круглое окно было принято за точку отсчета с нулевым градусом. Базальный завиток улитки включает I (0–90°), II (90–180°), III (180–270°) и IV (270–360°) сектора, средний завиток улитки – V (360–450°), VI (450–540°), VII (540–630°) и VIII (630–720°) сектора, апикальный завиток улитки – IX (720–810°) и X (810–900°) сектора.

Fig. 6. Schematic representation of the 4-quadrant cochlear mapping system for accurate assessment of the distal electrode tip position in cochlear implant recipients [8].

Each cochlear turn is divided into sectors designated by Roman numerals I–X, with the round window serving as the reference point at 0°. The basal turn comprises sectors I (0–90°), II (90–180°), III (180–270°), and IV (270–360°); the middle turn comprises sectors V (360–450°), VI (450–540°), VII (540–630°), and VIII (630–720°); and the apical turn comprises sectors IX (720–810°) and X (810–900°).

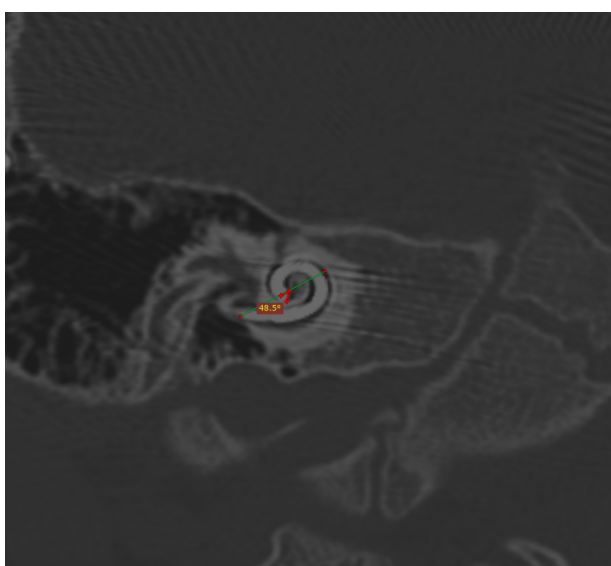


Рис. 7 (Fig. 7)

Рис. 7. КТ, височная кость, криволинейная реконструкция, режим костного окна. Методика оценки угла вставки цепи электродов.

Линия была проведена от центра мембраны круглого окна до противоположной стороны костной внешней стенки улитки при прохождении через центр улитки (зеленый цвет), затем был измерен угол (48,5°) между указанной линией и дистальным электродом (красный цвет).

Fig. 7. CT, temporal bone, curved planar reconstruction, bone window. The methodology for assessing the electrode array insertion angle.

A reference line was traced from the center of the round window membrane through the cochlear center to the contralateral bony outer wall of the cochlea (green line). Subsequently, the angle (48.5°) formed between this reference line and the distal portion of the electrode array (red line) was measured.

апикального завитка и толщина костной стенки лицевого нерва, которые составили 0,87 мм и 0,54 мм. В нашем исследовании симптоматика САН имела у 2 пациентов (1,3%).

При выполнении кортикальной мастоидэктомии у хирургов не возникло осложнений, связанных с ней, так как высота крыши составила в среднем 6,8 мм. В свою очередь, успешная КИ через заднюю тимпанотомию зависит от высоты лицевой ямки (более 3 мм), наличия воздушных ячеек вокруг сосцевидного сегмента лицевого нерва, по-

ложения улитки, размеров круглого окна и высоты его костного выступа. С учётом предоперационных КТ-данных была произведена классическая КИ, которая включала два основных этапа: трансмастоидальный доступ к барабанной полости с сохранением интактной задней костной стенки наружного слухового прохода (НСП), включающий антротомостомию и заднюю тимпанотомию через лицевой карман, и наложение кохлеостомы (кпереди и книзу от окна улитки) или обеспечение другого доступа к улитке (трансмембранно или модифицированное круглое окно). У 129 пациентов (86%) электрод был введен трансмембранно, у 21 (14%) через кохлеостому.

КТ в постоперационном мониторинге позволила точно детализировать положение электрода кохлеарного импланта. В нашем исследовании для его оценки были использованы стандартная терминология анатомии улитки и 4-квadrантная система для каждого поворота улитки на 360° (обозначены цифрами I–X), при этом круглое окно было точкой отсчета с нулевым градусом. По данным КТ при односторонней и двусторонней кохлеарной имплантации дистальный конец электрода визуализировался в апикальном завитке в 83 случаях (55,3%), среднем в 112 (74,6%), базальном в 14 (9,3%). Дистальный конец электрода согласно 4-квadrантной системе определялся в I угловом секторе в 2 случаях (1,3%), II – 4 (2,6%), III – 1 (0,67%), IV – 7 (4,6%), V – 32 (21,33%), VI – 39 (26%), VII – 19 (12,67%), VIII – 22 (14,67%), IX – 49 (32,67%), X – 34 (22,67%).

Обсуждение.

Самыми важными параметрами в планировании кохлеарной имплантации являются анатомия улитки, длина и проходимость улиткового канала [6]. Однако существуют разные подходы измерения длины улиткового канала. Традиционный способ включает в себя ручную разметку точек вдоль латеральной стенки улиткового канала на последовательных срезах КТ с последующим суммированием дугообразных сегментов. Однако данный метод имеет явные недостатки, такие как высокая зависимость от опыта врача-рентгенолога и значительные временные затраты, поэтому мы считаем необходимым использовать более универсальные методы [7]. В современных методах используются математические формулы, основанные на измерении базовых параметров улитки (A-value), которые позволяют быстро рассчитать приблизительную длину канала улитки. Наиболее известными являются формулы Эскуде и ECA [8, 10]. Последние

исследования показывают, что для измерения длины улиткового канала всё чаще используются автоматизированные и полуавтоматизированные программные платформы. Такой способ отличается быстрой обработкой данных с минимизацией человеческого фактора, однако ограничен в точности по сравнению с прямыми измерениями и имеет потенциальный риск ошибки при аномальной анатомии улитки, поэтому нуждается в дополнительной проверке [11-13]. Эти программы на данный момент применяются лишь в ограниченном числе лечебных учреждений из-за финансовых и экономических трудностей, а также из-за времени, необходимого на обучение и освоение новой программы врачами. На территории РФ на данный момент нет официально зарегистрированной подобной программы.

Введение электрода под правильным углом имеет решающее значение в корректной установке и последующей работе устройства. Предоперационная оценка угла ориентации улитки (α) помогает спланировать хирургическое вмешательство. В нашем исследовании угол α в среднем составил $56,8^\circ$, что согласуется с данными ряда других авторов. В крупном исследовании, проведенном Lloyd et al. в 2010 г., угол составлял $54,6^\circ$ (диапазон $46,8^\circ$ – $63,8^\circ$), а по данным Sharma et al. в 2018 г. – $56,07^\circ$ [14, 16]. В другом исследовании было обнаружено, что введение электрода затруднено в случаях, когда угол α составлял меньше 50° . Выявлена корреляция, чем меньше угол α , тем больше улитка повернута кзади, следовательно, круглое окно расположено кзади и скрыто от прямого взгляда во

время задней тимпанотомии. В таких обстоятельствах установка электрода через круглое окно будет затруднена, а в некоторых случаях и невозможна. Напротив, если значение α велико, это означает, что улитка повернута кпереди, что облегчает визуализацию круглого окна при оперативном вмешательстве [10, 11, 16].

В настоящее время многие крупные центры отдают предпочтение в установке кохлеарного импланта через круглое окно, вместо наложения кохлеостомы. По данным других авторов известно, что размер, ориентация и выступ кости круглого окна связаны с различными хирургическими трудностями при кохлеарной имплантации [8, 11, 14, 16]. КТ позволяет оценить доступ к круглому окну, размер и толщину его костного выступа. В нашем исследовании размер круглого окна составил в среднем 1,5 мм, высота и толщина его костного выступа 1,46 мм и 0,83 мм соответственно.

Заключение.

Разработанный протокол описания КТ позволяет оптимизировать оценку височных костей в предоперационном планировании и постоперационном мониторинге кохлеарной имплантации, что повышает эффективность лечебной тактики у данной категории пациентов.

Источник финансирования и конфликт интересов.

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

Список литературы:

1. Lenarz T., Büchner A., Illg A. Cochlear Implantation: Concept, Results Outcomes and Quality of Life. *Laryngorhinootologie*. 2022 May;101(1): 36-78. English, German. DOI: 10.1055/a-1731-9321.
2. Левин С. В., Левина Е. А., Кузовков В. Е. (и др.) Алгоритм отбора пациентов на кохлеарную имплантацию. Лекция для врачей. *Consilium Medicum*; 2023, 25, 3: 198-203. DOI:10.26442/20751753.2023.3.202108.
3. Alizada E.E., Korobkin A.S., Serova N.S., Ternovoy S.K. Multimodal imaging assessment in cholesteatoma: CT and non-EPI DWI MRI comparative analysis. *REJR*. 2025; 15(2):40-52. DOI: 10.21569/2222-7415-2025-15-2-40-52.
4. Пудов В. И., Зонтова О. В. Биофизические аспекты слухового восприятия у пациентов с кохлеарными имплантами. *Российская оториноларингология*. 2023; 22(6):82–87. DOI:10.18692/1810-4800-2023-6-82-87.
5. Alahmadi A., Abdelsamad Y., Nopp P., Kurz A., Heuninck E., Mertens G., Anderson I., Lassaletta L., Calvino M., Hagen R., Agrawal S., Topsakal V., Rompaey V.V., Alzhrani F., Hagr A. Exploring Anatomy-Based Fitting for Cochlear Implantation: A Narrative Review. *J Otolaryngol Head Neck Surg*. 2026 Jan-Dec; 55:19160216261426931. DOI:10.1177/19160216261426931.
6. Salcher R.B., Di Micco R., Timm M.E. Individualisierte Implantatauswahl bei normal konfigurierter Cochlea: Die Cochleaimplantatchirurgie auf dem Weg zur Präzisionsmedizin [Individualized implant selection for an anatomically normal cochlea: Cochlear implant surgery on the way to personalized medicine]. *HNO*. 2025 Apr; 73(12):815-833. German. DOI: 10.1007/s00106-025-01625-0.
7. Balciunas A.F., Gebel A., Kim J., Hippe F., Eichhorn S., Bohmann S., Dazert S., Prescher A., Park J. Using a 3D Radiological Planning Software to Predict the Intraoperative Surgical View. *Otol Neurotol*. 2025 Aug 1; 46(7):e243-e249. DOI: 10.1097/MAO.0000000000004522.
8. Colby C.C., Todd N.W., Harnsberger H.R., Hudgins P.A.

Standardization of CT depiction of cochlear implant insertion depth. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2015 Feb; 36(2):368-71. DOI:10.3174/ajnr.A4105.

9. Дайхес Н.А., Янов Ю.К., Абдулкеримов Х.Т. (и др.). Оториноларингология. Национальное руководство в 3-х томах. Москва, Редколлегия, 2024. 372 с.

10. Wang F., Anaghan D., Dhanasingh A., Hui L. Clinical Validation of Manual Measurement of Cochlea Length With Post-Operative Electrode Insertion Depth: A Pilot Study. *Laryngoscope Invest Otolaryngol.* 2025 Aug 27;10(4):e70237. DOI: 10.1002/lio2.70237.

11. Pai I., Shetty A., Pradeep G., Komninos C., Bergeles C., Ourselin S., Connor S. Estimation of Angular Insertion Depth of a Cochlear Implant Electrode Array: Three-Dimensional Reconstruction Versus Spiral Formulae. *Clin Exp Otorhinolaryngol.* 2025 Nov; 18(4):339-348. DOI: 10.21053/ceo.2025-00043.

12. Murtuzova A.B., Serova N.S., Korobkin A.S., Larina O.M. Computed tomography protocol in evaluation of inflammatory

diseases of paranasal sinuses. *REJR.* 2025; 15(2):29-39. DOI:10.21569/2222-7415-2025-15-2-29-39.

13. Mertens G., Van Rompaey V., Van de Heyning P., Gorris E., Topsakal V. Prediction of the Cochlear Implant Electrode Insertion Depth: Clinical Applicability of two Analytical Cochlear Models. *Sci Rep.* 2020 Feb 24; 10(1):3340. DOI: 10.1038/s41598-020-58648-6.

14. Sharma S., Grover M., Singh S.N., Kataria T., Lakhawat R.S. Cochlear orientation: pre-operative evaluation and intra-operative significance. *J Laryngol Otol.* 2018 Jun;132(6):540-543. DOI: 10.1017/S002221511800066X.

15. Гаров Е.В., Диаб Х.М. Карнеева О.В. (и др.) Клинические рекомендации. Хронический средний отит. Москва, 2024. 55 с.

16. Lloyd S.K., Kasbekar A.V., Kenway B., Prevost T., Hockman M., Beale T., Graham J. Developmental changes in cochlear orientation-implications for cochlear implantation. *Otol Neurotol.* 2010 Aug;31(6):902-7. DOI:10.1097/MAO.0b013e3181db7146.

References:

1. Lenarz T., Büchner A., Illg A. Cochlear Implantation: Concept, Results Outcomes and Quality of Life. *Laryngorhinootologie.* 2022 May;101(1):36-78. English, German. DOI: 10.1055/a-1731-9321.

2. Levin S.V., Levina E.A., Kuzovkov V.E., et al. Algorithm for patient selection for cochlear implantation. Lecture for physicians. *Consilium Medicum.* 2023;25(3):198-203. DOI:10.26442/20751753.2023.3.202108 (in Russian).

3. Alizada E.E., Korobkin A.S., Serova N.S., Ternovoy S.K. Multimodal imaging assessment in cholesteatoma: CT and non-EPI DWI MRI comparative analysis. *REJR.* 2025;15(2):40-52. DOI: 10.21569/2222-7415-2025-15-2-40-52.

4. Pudov V.I., Zontova O.V. Biophysical aspects of auditory perception in patients with cochlear implants. *Russian Otorhinolaryngology.* 2023;22(6):82-87. (In Russian). DOI:10.18692/1810-4800-2023-6-82-87.

5. Alahmadi A., Abdelsamad Y., Nopp P., Kurz A., Heuninck E., Mertens G., Anderson I., Lassaletta L., Calvino M., Hagen R., Agrawal S., Topsakal V., Rompaey V.V., Alzhrani F., Hagr A. Exploring Anatomy-Based Fitting for Cochlear Implantation: A Narrative Review. *J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2026 Jan-Dec;55:19160216261426931. DOI:10.1177/19160216261426931.

6. Salcher R.B., Di Micco R., Timm M.E. Individualisierte Implantatauswahl bei normal konfigurierter Cochlea: Die Cochleaimplantatchirurgie auf dem Weg zur Präzisionsmedizin [Individualized implant selection for an anatomically normal cochlea: Cochlear implant surgery on the way to personalized medicine]. *HNO.* 2025 Apr;73(12):815-833. German. DOI: 10.1007/s00106-025-01625-0.

7. Balciunas A.F., Gebel A., Kim J., Hippe F., Eichhorn S., Bohmann S., Dazert S., Prescher A., Park J. Using a 3D Radiological Planning Software to Predict the Intraoperative Surgical View. *Otol Neurotol.* 2025 Aug 1;46(7):e243-e249. DOI: 10.1097/MAO.0000000000004522.

8. Colby C.C., Todd N.W., Harnsberger H.R., Hudgins P.A. Standardization of CT depiction of cochlear implant insertion

depth. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2015 Feb;36(2):368-71. DOI:10.3174/ajnr.A4105.

9. Daykhes N.A., Yanov Yu.K., Abdulkirimov Kh.T. et al. Otorhinolaryngology. National Guidelines in 3 volumes. Moscow: Editorial Board; 2024. 372 p. (in Russian).

10. Wang F., Anaghan D., Dhanasingh A., Hui L. Clinical Validation of Manual Measurement of Cochlea Length With Post-Operative Electrode Insertion Depth: A Pilot Study. *Laryngoscope Invest Otolaryngol.* 2025 Aug 27;10(4):e70237. DOI: 10.1002/lio2.70237.

11. Pai I., Shetty A., Pradeep G., Komninos C., Bergeles C., Ourselin S., Connor S. Estimation of Angular Insertion Depth of a Cochlear Implant Electrode Array: Three-Dimensional Reconstruction Versus Spiral Formulae. *Clin Exp Otorhinolaryngol.* 2025 Nov;18(4):339-348. DOI: 10.21053/ceo.2025-00043.

12. Murtuzova A.B., Serova N.S., Korobkin A.S., Larina O.M. Computed tomography protocol in evaluation of inflammatory diseases of paranasal sinuses. *REJR.* 2025;15(2):29-39. DOI:10.21569/2222-7415-2025-15-2-29-39 (in Russian).

13. Mertens G., Van Rompaey V., Van de Heyning P., Gorris E., Topsakal V. Prediction of the Cochlear Implant Electrode Insertion Depth: Clinical Applicability of two Analytical Cochlear Models. *Sci Rep.* 2020 Feb 24;10(1):3340. DOI: 10.1038/s41598-020-58648-6.

14. Sharma S., Grover M., Singh S.N., Kataria T., Lakhawat R.S. Cochlear orientation: pre-operative evaluation and intra-operative significance. *J Laryngol Otol.* 2018 Jun;132(6):540-543. DOI: 10.1017/S002221511800066X.

15. Garov E.V., Diab Kh.M., Karneeva O.V. et al. Clinical Guidelines. Chronic Otitis Media. Moscow; 2024. 55 p. (in Russian).

16. Lloyd S.K., Kasbekar A.V., Kenway B., Prevost T., Hockman M., Beale T., Graham J. Developmental changes in cochlear orientation-implications for cochlear implantation. *Otol Neurotol.* 2010 Aug;31(6):902-7. DOI:10.1097/MAO.0b013e3181db7146.