

# Прогнозирование вероятности стимуляции лицевого нерва у кандидатов на проведение кохлеарной имплантации на основе анализа топографо-анатомических особенностей височных костей по данным компьютерной томографии

Д.м.н. В.Е. Кузовков, к.м.н. А.С. Лиленко, к.м.н. С.Б. Сугарова, В.А. Танасчишина

ФГБУ «СПб НИИ ЛОР» Минздрава России, Санкт-Петербург

## РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** оценить влияние средней толщины стенки базального завитка улитки в месте максимального приближения к нему лицевого нерва, а также плотности костной ткани в этой области на вероятность стимуляции лицевого нерва (СЛН) у кандидатов на проведение кохлеарной имплантации (КИ).

**Материал и методы:** в период с 2017 по 2021 г. на базе ФГБУ «СПб НИИ ЛОР» Минздрава России проведено 1954 КИ. Для ретроспективного исследования были отобраны 1000 компьютерных томограмм височных костей у пациентов с нормальной анатомией улитки или приобретенной патологией внутреннего уха с максимальной толщиной среза 0,6 мм. Из 1000 отобранных пациентов с проанализированными данными компьютерной томографии (КТ) височных костей в 24 (2,5%) из 971 случая с нормальной анатомией улитки была зарегистрирована СЛН, при измененной анатомии улитки — в 4 (13,8%) из 29 случаев: при наличии менингита в анамнезе — в 2 случаях из 19, при травме височных костей — в 1 случае из 6, при кохлеарной форме отосклероза — в 1 случае из 4. Всего данное осложнение встретилось в 28 (3%) случаях из 1000.

**Результаты исследования:** по результатам проведенных измерений минимальная средняя плотность костной ткани базального завитка улитки выявлена у пациента с кохлеарной формой отосклероза (389 НУ), максимальная — у пациента с нормальной анатомией улитки (2918 НУ). Средние значения плотности костной ткани у пациентов с врожденной и прогрессирующей идиопатической потерей слуха составили  $1703 \pm 341$  НУ. При соотнесении результатов измерений с клиническими данными СЛН у конкретных пациентов было установлено, что при средних значениях плотности костной ткани базального завитка улитки менее  $1096 \pm 192$  НУ повышается риск СЛН в послеоперационном периоде. Средняя толщина стенки базального завитка улитки у пациентов с врожденной и прогрессирующей идиопатической потерей слуха составила  $1,7 \pm 0,04$  мм, а минимальная толщина — 0,8 мм. Пороговое значение, при котором вызывалась СЛН у данной группы пациентов, равнялось 0,9 мм. При определении топика расположения электродов относительно канала лицевого нерва по данным КТ височных костей, выполненной в послеоперационном периоде, было выявлено максимально близкое расположение 4–7 (из 12) электродов к лицевому нерву.

**Заключение:** у пациентов с нормальной анатомией внутреннего уха риск СЛН существенно возрастает при плотности костной ткани капсулы улитки менее 1096 НУ и толщине стенки базального завитка улитки менее 0,9 мм. При оссификации улитки, вызванной приобретенной патологией внутреннего уха, не наблюдается нарастания плотности костной капсулы улитки, а СЛН может являться следствием использования более высоких порогов при настройке речевого процессора кохлеарного имплантата. У пациентов с кохлеарной формой отосклероза риск СЛН связан с низкой плотностью костной ткани капсулы улитки (средняя плотность  $569 \pm 222$  НУ).

**Ключевые слова:** кохлеарная имплантация, стимуляция лицевого нерва, КТ височных костей, плотность кости.

**Для цитирования:** Кузовков В.Е., Лиленко А.С., Сугарова С.Б., Танасчишина В.А. Прогнозирование вероятности стимуляции лицевого нерва у кандидатов на проведение кохлеарной имплантации на основе анализа топографо-анатомических особенностей височных костей по данным компьютерной томографии. РМЖ. 2023;1:22–26.

## ABSTRACT

Predictability of facial nerve stimulation in candidates for cochlear implant surgery based on the analysis of topographic and anatomical patterns of temporal bones according to computed tomography  
V.E. Kuzovkov, A.S. Lilenko, S.B. Sugarova, V.A. Tanaschishina

Saint-Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech, St. Petersburg

**Aim:** to evaluate the effect of the average wall thickness of the cochlear basal coil at the site of the facial nerve maximum approach to it, as well as the density of bone tissue in this area on the probability of facial nerve stimulation (FNS) in candidates for cochlear implant surgery (CIS).

**Patients and Methods:** in the period from 2017 to 2021, 1954 CISs were conducted on the basis of the St. Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech. For a retrospective study, 1000 computed tomography (CT) scans of temporal bones were selected in patients with normal cochlear anatomy or acquired pathology of the inner ear with a maximum section thickness of 0.6 mm. Out of 1000 selected patients with analyzed temporal bone CT scans: in 24 of 971 (2.5%) cases with normal cochlear anatomy, FNS was registered, with altered cochlear anatomy — in 4 of 29 (13.8%) cases: in a history of meningitis — in 2 out of 19 cases, with temporal bone injury — in 1 case of 6, in the cochlear otosclerosis — in 1 case of 4. In total, this complication occurred in 28 cases out of 1000 (3%).

**Results:** according to the results of the measurements, the minimum average bone density of the cochlear basal coil was revealed in a patient with a cochlear otosclerosis — 389 HU, the maximum — in a patient with normal cochlear anatomy (2918 HU). The average values of bone density in patients with congenital and progressive idiopathic hearing loss was  $1703 \pm 341$  HU. When comparing the results of measurements with clinical data on FNS of specific patients, it was found that the average values of the bone density of the cochlear basal coil less than  $1096 \pm 192$  HU leads to an increased risk of FNS in the postoperative period. The average wall thickness of the cochlear basal coil in patients with congenital and progressive idiopathic hearing loss was  $1.7 \pm 0.04$  mm and the minimum thickness was 0.8 mm. The threshold value that caused facial nerve stimulation in this group of patients was 0.9 mm. When determining the location top of the electrodes relative to the facial nerve channel, according to CT scans of the temporal bones performed in the postoperative period, the closest possible location of 4–7 electrodes (out of 12) to the facial nerve was revealed.

**Conclusion:** in patients with normal inner ear anatomy, the risk of FNS increases significantly when the bone density of the cochlea otic capsule is less than 1096 HU and the thickness is less than 0.9 mm. In the cochlear ossification caused by the acquired pathology of the inner ear, there is no increase in the bone density of the cochlea otic capsule, and FNS may be a consequence when using higher thresholds during configuring the speech processor of the cochlear implant. In patients with the cochlear otosclerosis, the risk of FNS is associated with a low density of the bone tissue of the cochlear otic capsule (average density  $569 \pm 222$  HU).

**Keywords:** cochlear implant surgery, facial nerve stimulation, temporal bone CT scans, bone density.

**For citation:** Kuzovkov V.E., Lilenko A.S., Sugarova S.B., Tanaschishina V.A. Predictability of facial nerve stimulation in candidates for cochlear implant surgery based on the analysis of topographic and anatomical patterns of temporal bones according to computed tomography. *RMJ*. 2023;1:22–26.

## ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе при анализе состояния структур височной кости у кандидатов на проведение кохлеарной имплантации (КИ) акцент делается на оценке данных компьютерной томографии (КТ) височных костей с целью исследования индивидуальных особенностей развития среднего и внутреннего уха.

В настоящее время не существует рентгенологических методик, позволяющих интраоперационно выявить анатомические особенности микроструктур внутреннего уха или оценить топику размещения электродов, что затрудняет прогнозирование рисков стимуляции лицевого нерва (СЛН) [1–4].

В исследовании T. Kamogashira et al. [5] проведен ретроспективный анализ 375 пациентов (включая 54 случая с аномалиями развития внутреннего уха), перенесших КИ. Целью исследования было определение прогностических факторов послеоперационной СЛН у пациентов с пороками развития улитки. С помощью КТ оценивали диаметры основания модиолуса, длину и плотность костной стенки внутреннего слухового прохода, диаметр водопровода преддверия. СЛН наблюдалась в 10 (19%) случаях, причем ширина водопровода преддверия и длина внутреннего слухового прохода в этих случаях были значительно меньше по сравнению с таковыми у пациентов без СЛН ( $p < 0,05$ ).

J. Chen et al. [6] продемонстрировали случай, когда при нормальной анатомии улитки, но с дегисценцией (синдром дегисценции верхнего полукружного канала вызван отсутствием кости над верхним полукружным каналом) между каналом лицевого нерва и улиткой КИ спровоцировала прямую СЛН.

В ретроспективном когортном исследовании F. Alzhrani et al. [7] среди 1100 прооперированных у 21 пациента была выявлена СЛН. Среднее расстояние от базального завитка улитки до лабиринтного сегмента лицевого нерва составляло 0,605 мм (диапазон 0,32–0,90 мм) во взрослой подгруппе и 0,596 мм (диапазон 0,30–1,31 мм) — в детской. Применяя корреляцию Спирмена, авторы пришли к выводу, что количество введенных в спиральный канал электродов влияет на выраженность СЛН, однако расстояние между лицевым нервом и базальным завитком улитки и положение электродов никак не влияют на возникновение данного осложнения.

В ретроспективном когортном исследовании Y.C. Rah et al. [8] пациенты с диагностированной СЛН имели анатомически более узкую костную капсулу улитки ( $1,09 \pm 0,52$  мм), чем пациенты контрольной группы ( $1,99 \pm 0,61$  мм;  $p < 0,01$ ), и более узкий диаметр внутреннего слухового прохода ( $4,06 \pm 1,71$  мм), чем пациенты контрольной группы ( $5,66 \pm 1,36$  мм;  $p < 0,01$ ). Авторы пришли к выводу, что узкая костная капсула улитки может быть причиной СЛН после КИ. При этом ширина костной капсулы могла быть несимметричной, что требовало тщательного выбора стороны имплантации.

В исследовании I. Burck et al. [9] корреляция между СЛН и диаметром канала лицевого нерва ( $p = 0,09$ ), толщиной его стенки ( $p = 0,27$ ), расстоянием до электродной решетки ( $p = 0,44$ ) была статистически незначима. Таким образом, авторы пришли к выводу, что диаметр и толщина стенки канала лицевого нерва не являются предикторами послеоперационной СЛН. A. Aljazeera et al. [10] сравнили толщину и плотность кости, разделяющей базальный завиток улитки и лабиринтный сегмент канала лицевого нерва, у пациентов с СЛН после КИ и пациентов без СЛН после КИ. По результатам измерений расстояния между базальным завитком улитки и лабиринтным сегментом канала лицевого нерва на коронарных ( $0,43 \pm 0,24$  мм в группе исследования и  $0,63 \pm 0,2$  мм в контрольной группе) и аксиальных ( $0,42 \pm 0,25$  и  $0,6 \pm 0,18$  мм соответственно) срезах были статистически значимо меньше в группе с СЛН после КИ ( $p = 0,001$  и  $p = 0,005$  соответственно). Плотность кости в HU (единица измерения плотности органов по шкале Хаунсфилда), разделяющей базальный завиток улитки и лицевой нерв, также была статистически ниже в группе с СЛН ( $1038 \pm 821$  HU в группе исследования и  $1409 \pm 519$  HU в контрольной группе,  $p = 0,029$ ) [10]. Таким образом, у пациентов с СЛН после операции наблюдались значительно меньшие толщина и плотность костной ткани между базальным завитком улитки и лабиринтным сегментом канала лицевого нерва.

Подводя итог краткого обзора данных литературы, можно сказать, что на современном этапе в мировой литературе наблюдается неоднозначная оценка влияния различных топографо-анатомических особенностей височных костей на увеличение риска СЛН после КИ.

**Цель исследования:** оценить влияние средней толщины стенки базального завитка улитки в месте максимального приближения к нему лицевого нерва, а также плотности костной ткани в этой области на вероятность СЛН у кандидатов на проведение КИ.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В период с 2017 по 2021 г. на базе ФГБУ «СПб НИИ ЛОР» Минздрава России было проведено 1954 КИ. На этапе отбора кандидатов на проведение КИ всем выполнялась КТ височных костей для исключения противопоказаний к проведению хирургического вмешательства и оценки индивидуальных особенностей анатомии среднего и внутреннего уха. На дооперационном этапе все пациенты подписали стандартное добровольное информированное согласие, подразумевающее возможное участие в научных исследованиях.

Для ретроспективного исследования были отобраны 1000 пациентов с нормальной анатомией улитки или приобретенной патологией внутреннего уха (менингит с оссификацией, травма височных костей с оссификацией, ремоделирование при кохлеарной форме отосклероза), у которых КТ височных костей показала максимальную толщину среза 0,6 мм. Данные о случаях СЛН у пациентов во время использования речевого процессора кохлеарного имплантата были получены из историй болезни пациентов. В исследование не были включены пациенты с аномалией развития улитки (СЛН у данной категории больных может быть вызвана аномалией дна внутреннего слухового прохода) и пациенты с хроническим гнойным средним отитом (СЛН в данном случае может быть следствием разрушения костного канала лицевого нерва).

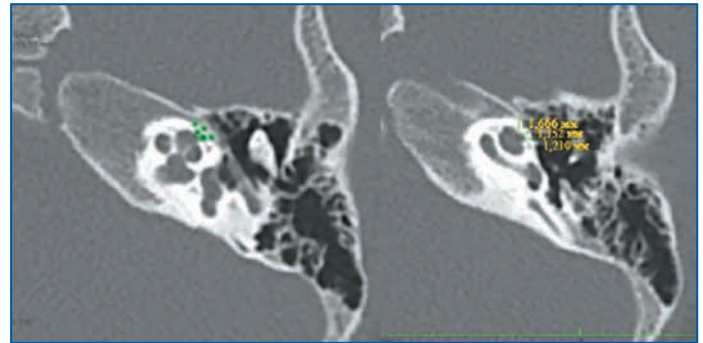
Из 1000 отобранных пациентов с проанализированными данными КТ височных костей в 24 (2,5%) из 971 случая с нормальной анатомией улитки была зарегистрирована СЛН; при измененной анатомии улитки СЛН зарегистрирована в 4 (13,8%) из 29 случаев: при наличии менингита в анамнезе — у 2 пациентов из 19, при травме височных костей — у 1 из 6, при кохлеарной форме отосклероза — у 1 из 4. Всего данное осложнение встретилося в 28 (3%) случаях из 1000.

Кохлеарная имплантация выполнялась по стандартной методике. У всех пациентов в ходе оперативного вмешательства было достигнуто полное введение электрода. Ни у одного пациента не было зафиксировано интраоперационное повреждение лицевого нерва.

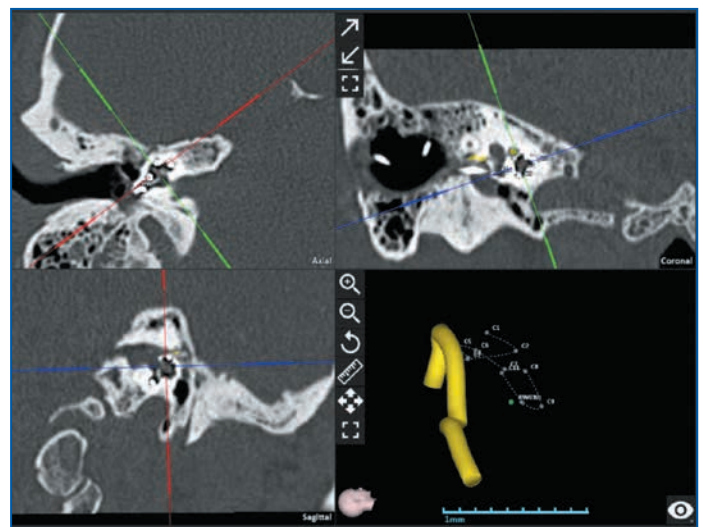
Методика проводимого нами анализа данных КТ височных костей включала в себя измерение средней плотности костной ткани базального завитка улитки на границе с каналом лицевого нерва в пяти рандомизированных точках в этой области и вычисление средней толщины базального завитка улитки в месте его максимального приближения к лицевому нерву (рис. 1).

Для пациентов с признаками СЛН был проведен дополнительный анализ топике расположения электродов относительно канала лицевого нерва на основе послеоперационной контрольной КТ (рис. 2).

Полученные значения толщины и плотности костной ткани базального завитка улитки на границе с костным каналом лицевого нерва, а также информация о минимальном и максимальном значениях точек изме-



**Рис. 1.** Данные КТ височных костей: измерение средней плотности и толщины костной стенки базального завитка улитки на границе с каналом лицевого нерва (зеленые метки)



**Рис. 2.** Данные КТ височных костей в послеоперационном периоде после КИ: анализ топике расположения электрода относительно канала лицевого нерва

рения на КТ-снимке височных костей, об анамнезе пациента, о наличии СЛН и информация о задействованных электродах были выведены в таблицу Microsoft Excel. Для сохранения анонимности каждый из исследуемых получил наименование «Пациент» с порядковым номером. Результаты исследования обработаны с помощью программы Microsoft Excel с применением ROC-анализа и составлением кривой ошибок, для чего была отобрана группа с СЛН (28 пациентов) и группа контроля (28 случайно отобранных пациентов без СЛН). Данные о плотности и толщине костной ткани представлены как среднее арифметическое пяти измерений (с выделением минимального и максимального значений). Средние значения в каждой группе представлены как медиана  $\pm$  стандартное отклонение. Отдельно проведена оценка достоверности различий по частоте СЛН между группами с нормальной анатомией улитки и с приобретенной патологией внутреннего уха с помощью критерия  $\chi^2$  Пирсона.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По результатам проведенных измерений минимальная плотность костной ткани базального завитка улитки составила 389 HU (абсолютное минимальное значение у данного пациента 202 HU, максимальное — 897 HU),

что соответствует плотности губчатой кости. Данные показатели были выявлены у пациента с кохлеарной формой отосклероза и ремоделированием спирального канала улитки. Максимальная плотность костной ткани базального завитка улитки составила 2918 HU (минимальное абсолютное значение у данного пациента 2626 HU, максимальное — 3315 HU) и была выявлена у пациента с нормальной анатомией улитки.

Средняя плотность костной ткани у пациентов с врожденной и прогрессирующей идиопатической потерей слуха составила  $1703 \pm 341$  HU. При соотношении результатов измерений с клиническими данными СЛН у конкретных пациентов было установлено, что при средней плотности костной ткани базального завитка улитки менее  $1096 \pm 192$  HU повышается риск СЛН в послеоперационном периоде.

На основе данных о средних значениях плотности костной ткани улитки в группе с СЛН и без СЛН был проведен ROC-анализ прогноза СЛН при помощи расчета средней плотности по данным КТ височных костей (рис. 3). Для количественной оценки предложенной модели была высчитана AUC (площадь под кривой). Данный показатель равен 0,6 ( $>0,5$ ), что говорит о возможности применения данной классификации в формате «риск СЛН повышенный» и «риск СЛН низкий».

Для определения риска СЛН отдельно была проведена оценка значимости двух показателей: наличия измененной анатомии улитки и плотности ее костной капсулы при помощи критерия Пирсона. Для этого 28 пациентов с СЛН были разделены на 4 группы в зависимости от анатомии улитки и плотности костной капсулы улитки относительно 1096 HU (см. таблицу).

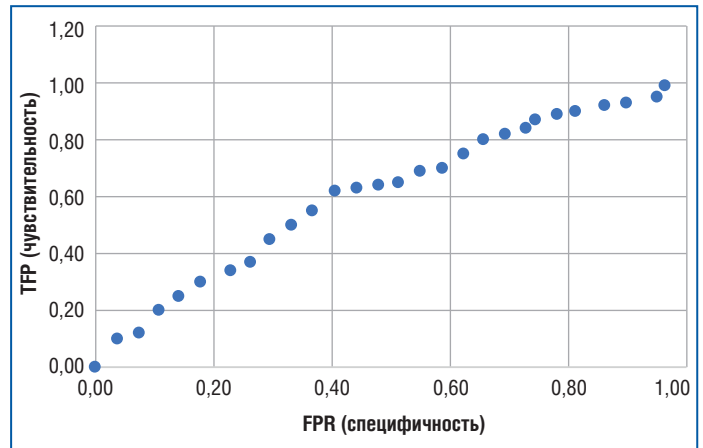
Достоверности различий между группами не получено, возможно, в связи с редкостью патологии, сопровождающейся низкой плотностью костной капсулы улитки (ремоделирование при кохлеарной форме отосклероза) и специфичностью измененной анатомии спирального канала улитки при сохраненных уровнях плотности (оссификация при менингите / травме височной кости).

При проведении измерений проблематичным было измерение толщины стенки базального завитка улитки при КТ-признаках ремоделирования капсулы лабиринта из-за разряжения костной ткани и сложности разграничения канала лицевого нерва и улитки, что свидетельствует о возможном вовлечении фаллопиева канала в процесс отоспонгиоза [11].

Аналогичные трудности наблюдались при проведении измерений у пациентов с оссификацией базального завитка улитки ввиду сложности определения четких контуров спирального канала улитки, заполненного вновь образованной костной тканью.

Средняя толщина стенки базального завитка улитки у пациентов с врожденной и прогрессирующей идиопатической потерей слуха составила  $1,7 \pm 0,04$  мм, а минимальная толщина — 0,8 мм. При значении толщины костной капсулы улитки 0,9 мм и меньше наблюдались клинические проявления СЛН, таким образом, величину 0,9 мм мы считаем пороговым значением.

При определении топика расположения электродов относительно канала лицевого нерва по данным послеоперационной КТ височных костей было выявлено максимально близкое расположение 4–7 (из 12) электродов к лицевому нерву.



**Рис. 3.** ROC-кривая прогноза развития СЛН, построенная на основе измерения средней плотности костной ткани по данным КТ височных костей, AUC=0,6.

Точками указаны значения, равные отношению частоты истинно положительных результатов (TFP) (эпизоды СЛН при пороговой плотности костной ткани) к частоте ложноположительных результатов (FPR) (отсутствие СЛН при пороговой плотности или наличие СЛН при высокой плотности костной ткани)

**Таблица.** Число пациентов с СЛН в группах в зависимости от плотности костной капсулы улитки и наличия изменений анатомии улитки, абс.

| Показатель                 | Плотность >1096 HU | Плотность <1096 HU | Итого |
|----------------------------|--------------------|--------------------|-------|
| Нормальная анатомия улитки | 9                  | 15                 | 24    |
| Измененная анатомия улитки | 3                  | 1                  | 4     |
| Всего                      | 12                 | 16                 | 28    |

**Примечание.** Критерий  $\chi^2$  Пирсона составил 1,969,  $p > 0,05$ .

## ОБСУЖДЕНИЕ

Прогнозирование вероятности СЛН у кандидатов на проведение КИ на основе топографо-анатомических особенностей височных костей по данным КТ актуально как для пациентов с нормальной анатомией внутреннего уха, так и для больных с приобретенной патологией внутреннего уха и позволяет установить степень компактности костного вещества капсулы улитки. Знание структуры кости позволяет предположить возможность проводимости электрического тока в близлежащие структуры, в частности в канал лицевого нерва.

Данные разных авторов о влиянии толщины стенки костной капсулы улитки на частоту развития СЛН противоречивы [7–10], вместе с тем полученные нами данные говорят о том, что толщина лабиринтной капсулы в области, максимально приближенной (менее 0,9 мм) к лицевому нерву, приводит к увеличению риска СЛН в послеоперационном периоде.

Плотность костной капсулы базального завитка улитки (по данным КТ височных костей) также может являться фактором, определяющим вероятность СЛН [11]. Полученные нами данные показывают, что уменьшение плотности кости до 1096 HU и ниже в месте максимального приближения лицевого нерва к базальному завитку улитки существенно повышает вероятность СЛН у пользователей кохлеарных имплантатов.

У пациентов с приобретенной патологией внутреннего уха и оссификацией улитки на фоне менингита или травмы височной кости не было выявлено нарастания плотности костной ткани базального завитка улитки относительно нормальных значений, однако выраженность процесса неостоогенеза в спиральном канале может косвенно говорить о степени вовлеченности микроструктур внутреннего уха и, как следствие, о необходимости использования более высоких порогов при настройке речевого процессора кохлеарного имплантата [1, 2, 8, 12]. Поэтому СЛН у данной категории пациентов может являться следствием вынужденно выбранных параметров.

Возможности определения топика расположения электродов относительно канала лицевого нерва позволяют наиболее точно определить вовлеченные в СЛН электроды, что актуально как для аудиологов во время настройки речевого процессора кохлеарного имплантата, так и для разработки методов хирургической профилактики данного осложнения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, правильное предоперационное консультирование пациентов с риском СЛН и планирование операции, включающее измерение толщины и плотности костной ткани на КТ височных костей, имеют большое значение и помогают спрогнозировать и минимизировать риск этого осложнения.

У пациентов с нормальной анатомией внутреннего уха риск СЛН существенно возрастает при плотности костной ткани капсулы улитки менее 1096 HU и толщине стенки костной капсулы улитки менее 0,9 мм. При оссификации улитки, вызванной приобретенной патологией внутреннего уха, не наблюдается нарастания плотности костной капсулы улитки, а СЛН может являться следствием использования более высоких порогов при настройке речевого процессора кохлеарного имплантата. У пациентов с кохлеарной формой отосклероза риск СЛН связан с низкой плотностью костной ткани капсулы улитки (средняя плотность  $569 \pm 222$  HU).

## Литература

1. Brea B., Roldán Fidalgo A. Diagnóstico por imagen de las lesiones benignas del conducto auditivo externo. Acta Otorrinolaringol Esp. 2013;64(1):6–11. DOI: 10.1016/j.otorri.2012.06.004.
2. Пашчинина О.А., Диаб Х., Кузовков В.Е. Доступ к внутреннему уху при оссификации улитки у лиц, перенесших менингит. Российская оториноларингология. 2011;50(1):129–134. [Pashchinina O.A., Diab H., Kuzovkov V.E. Approach to the inner ear at the surgical stage of cochlear implantation in patients with cochlear ossification after meningitis. Russian otorhinolaryngology. 2011;50(1):129–134 (in Russ.).]
3. Barker E., Trimble K., Chan H. Intraoperative use of cone-beam computed tomography in a cadaveric ossified cochlea model. Otolaryngol Head Neck Surg. 2009;140(5):697–702. DOI: 10.1016/j.otohns.2008.12.046.
4. Тунян Н.Т., Кузовков В.Е., Бычкова Е.В. и др. Диагностические, хирургические и анестезиологические аспекты кохлеарной имплантации. Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae. 2014;20(3):89–94. [Tunyan N.T., Kuzovkov V.E., Bychkova E.V. et al. Diagnostic, surgical and anesthesiological aspects of cochlear implantation. Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae. 2014;20(3):89–94 (in Russ.).]
5. Kamogashira T., Iwasaki S., Kashio A. et al. Prediction of Intraoperative CSF Gusher and Postoperative Facial Nerve Stimulation in Patients With Cochleovestibular Malformations Undergoing Cochlear Implantation Surgery. Otol Neurotol. 2017;38(6):e114–e119 DOI: 10.1097/MAO.0000000000001440.
6. Chen J., Chen B., Zhang L. et al. Severe and persistent facial nerve stimulation after cochlear implantation in a patient with cochlear-facial dehiscence: a case report. J Int Med Res. 2021;49(11):3000605211057823. DOI: 10.1177/03000605211057823.
7. Alzhrani F., Halawani R., Basodan S., Hudeib R. Investigating Facial Nerve Stimulation After Cochlear Implantation in Adult and Pediatric Recipients. Laryngoscope. 2021;131(2):374–379. DOI: 10.1002/lary.28632.
8. Rah Y.C., Yoon Y.S., Chang M.Y. et al. Facial nerve stimulation in the narrow bony cochlear nerve canal after cochlear implantation. Laryngoscope. 2016;126(6):1433–1439. DOI: 10.1002/lary.25655.
9. Burck I., Helal R.A., Naguib N.N.N. et al. Postoperative radiological assessment of the mastoid facial canal in cochlear implant patients in correlation with facial nerve stimulation. Eur Radiol. 2022;32(1):234–242. DOI: 10.1007/s00330-021-08128-w.
10. Aljazeera I.A., Khurayzi T., Al-Amro M. et al. Evaluation of computed tomography parameters in patients with facial nerve stimulation post-cochlear implantation. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2021;278(10):3789–3794. DOI: 10.1007/s00405-020-06486-7.
11. Кузовков В.Е., Лиленко А.С., Сугарова С.Б. и др. Кохлеарная имплантация при кохлеарной форме отосклероза. Российская оториноларингология. 2021;20(6):84–92. [Kuzovkov V.E., Lilenko A.S., Sugarova S.B. et al. Cochlear implantation in cochlear otosclerosis patients. Russian otorhinolaryngology. 2021;20(6):84–92 (in Russ.).] DOI: 10.18692/1810-4800-2021-6-84-92.
12. Кузовков В.Е., Лиленко А.С., Сугарова С.Б. и др. Факторы риска стимуляции лицевого нерва у пользователей кохлеарных имплантов: наш опыт. Российская оториноларингология. 2022;21(5):116–121. [Kuzovkov V.E., Lilenko A.S., Sugarova S.B. et al. Risk factors for facial nerve stimulation in cochlear implant users: our experience. Russian otorhinolaryngology. 2022;21(5):116–121 (in Russ.).] DOI: 10.18692/1810-4800-2022-5-116-121.