Альманах №30 "Кохлеарная имплантация. Какая реабилитация нужна ребенку после КИ?"

**История кохлеарной имплантации**

[Г.А. Таварткиладзе](https://alldef.ru/ru/avtory/?tag=%D0%93.%D0%90.+%D0%A2%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%BA%D0%B8%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%B7%D0%B5&key=tags)  Российский научно-практический центр аудиологии и слухопротезирования, Москва

С внедрением метода кохлеарной имплантации в корне изменились подходы к лечению сенсоневральной глухоты. Менее чем за четыре десятилетия кохлеарные импланты прошли путь от первых попыток прямой электрической стимуляции слухового нерва до коммерческих устройств, обеспечивающих восстановление слуха сотням тысяч пациентов. Некоторые аспекты в истории кохлеарной имплантации могут быть отнесены к развитию и других нейропротезов. Прежде всего, это относится к междисциплинарному подходу в развитии кохлеарной имплантации. Значительный вклад в решение проблемы был внесен инженерами, отологами, аудиологами, нейрофизиологами, психоакустиками и представителями индустрии. Не всегда взаимодействие между этими специалистами было гармоничным, однако в спорах и соперничестве рождалась истина. Безусловное значение для прогресса в кохлеарной имплантации имела готовность нескольких клиницистов с риском для своей репутации выступить против существующих в то время научных догм во имя прогресса в области лечения больных с тугоухостью и глухотой. И, наконец, успеху способствовали и сами пациенты, готовые принять участие в экспериментальных операциях.

История кохлеарной имплантации может быть подразделена на несколько периодов. Первый период начался в 1957 и продолжался до 1960-х годов. Это был период открытий и экспериментов. Второй период (70-е годы) характеризовался как период изучения осуществимости проектов и был посвящен определению безопасности стимуляции слухового проводящего пути и обеспечению достаточного слуха имплантом. Третий период завершился созданием коммерческих многоканальных имплантов.

В 1800 г. Alessandro Volta первым описал возможность вызывать электрическим током слуховые ощущения [1]. Аналогичные попытки проводились в течение последующих 150 лет, однако ни в одной из них не было дано объяснения механизмам действия электрического тока.

В 1930 г. Гершуни Г.В. и Волоховым А.А. в Ленинградской Военно-медицинской академии были проведены эксперименты, позволившие уточнить механизмы «электрического» слуха. Ими было показано, что возникавшие слуховые ощущения при электрической стимуляции через электроды, расположенные в среднем ухе, не отличались у пациентов с интактным средним ухом и отсутствием структур среднего уха. Таким образом, ими была исключена возможность участия среднего уха в электрической стимуляции [2–4]. Более сложной задачей было отдифференцировать, является ли слуховое ощущение результатом механического ответа органа Корти или результатом непосредственной стимуляции волокон слухового нерва.

Ряд открытий, сделанных в первой половине 20-го века, не были напрямую связаны с электрической стимуляцией слухового нерва, но оказали существенное влияние на разработку кохлеарных имплантов. Прежде всего, это относится к работе Dudley, посвященной синтезу речи и «вокодерам», а также открытию Wever микрофонного потенциала и Stevens с соавт. — «электрофонического» слуха.

В 1930 г. Wever и Bray зарегистрировали и описали электрические потенциалы улитки, воспроизводящие стимул. Авторы ошибочно объясняли происхождение этих потенциалов разрядами волокон слухового нерва. Данная теория происхождения этих потенциалов аналогична «телефонной» теории слуха, в соответствии с которой проведение голоса по слуховому нерву сравнивается с проведением по проводам в телефонной линии. Потенциалы, зарегистрированные Wever и Bray, на самом деле представляли собой микрофонный потенциал, генерируемый наружными волосковыми клетками. И, хотя несостоятельность «телефонной» теории слуха была полностью доказана, некоторые ее положения также явились толчком к разработке кохлеарных имплантов [5].

В 1930 г. Stevens с соавт. описали механизм возникновения слухового ощущения при электрической стимуляции структур улитки, который был назван ими «электрофоническим слухом». Сегодня мы знаем, что «электрофонический» слух является результатом механических осцилляций основной мембраны в ответ на изменение напряжения. Основным условием для реализации их концепции была интактность улитки [6].

В 1935 г. Андреев А.М., Гершуни Г.В. и Волохов А.А. продемонстрировали, что частота стимуляции от сотен герц до 6000 Гц вызывает одни и те же слуховые ощущения, что свидетельствовало о непосредственной стимуляции волокон слухового нерва. Иными словами, слуховые ощущения были результатом не «электрофонического» слуха, а стимуляции волокон слухового нерва. Однако должные выводы авторами сделаны не были [7].

В 1939 г. Dudley описал и продемонстрировал синтезатор голоса, функционирующий в реальном времени и продуцирующий понятную речь. В основу действия устройства, получившего название вокодер, была положена схема, обеспечивающая выделение основной частоты речи и интенсивности ее спектральных компонентов. Спектральные компоненты выделялись при помощи набора 10-полосных фильтров, покрывающих частотный диапазон речи. Принцип действия вокодера, заключающийся в разделении речи на ее основные компоненты, явился основой для первых схем обработки речи в многоканальных кохлеарных имплантах [8].

До 1957 года все попытки электрической стимуляции проводились на лицах с частично функционирующей улиткой. Поэтому у этих субъектов ответ мог являться результатом «электрофонического» слуха, а не результатом непосредственной стимуляции волокон слухового нерва.

Несмотря на то, что в течение последних столетий предпринимались многочисленные попытки лечения глухоты электрическим током, первой публикацией о непосредственной стимуляции слухового нерва с целью генерирования слуховых ощущений, являются работы André Djourno и Charles Eyriès. И, хотя кохлеарный имплант имел революционное значение для развития науки о слухе, исследование французских ученых не получило должной оценки.

Одним из направлений работы Djourno явилась разработка имплантируемой индукционной катушки, предназначенной для телестимуляции или стимуляции через индуктивную связь [9]. Вначале имплантируемая катушка использовалась для стимуляции седалищного нерва, и стимуляция была чрескожной, а не подкожной. Параллельно изучалась биосовместимость устройства. Проводя эксперименты по изучению влияния частоты стимуляции, Djourno определил, что оптимальной частотой для сокращения мышц является частота 400–500 Гц, после чего для стимуляции он стал использовать собственный голос в качестве аналогового стимулирующего сигнала. Это явилось основанием для возникновения идеи о стимулировании слухового нерва с целью восстановления слуха [10].

В феврале 1957 г. Eyriès во время операции по восстановлению лицевого нерва у больного после правосторонней резекции височной кости по поводу двусторонней гигантской холестеатомы с двусторонней глухотой (левосторонняя резекция была выполнена несколькими годами ранее) использовал устройство Djourno, расположив активный электрод в культе слухового нерва, а индукционную катушку — в височной мышце. При внутриоперационном тестировании использовались посылки импульсов частотой 100 Гц, предъявляемые 15–20 раз в минуту, низкочастотный переменный ток, а также слова, преобразованные в аналоговые сигналы на выходе микрофона. Пациентом было отмечено возникновение слухового ощущения. При количественной оценке было выявлено хорошее различение интенсивности, плохое частотное различение и отсутствие разборчивости речи. Результатом интенсивной послеоперационной реабилитации явилось улучшение частотного различения (высоких и низких частот), различение окружающего шума и некоторых слов, однако разборчивость и понимание речи отсутствовали. Несколькими месяцами позже имплант повредился, а повторная операция не дала результатов. Операция у второй больной также была безуспешной [11].

Следующий этап начинается с работ Claude-Henri Chouard, который будучи студентом в лаборатории Eyriès занимался лицевым нервом. Ему принадлежит приоритет в разработке одного из первых функциональных многоканальных кохлеарных имплантов [12].

Хотя имплантация, произведенная Djourno и Eyriès, считается первой кохлеарной имплантацией, более тщательное изучение анатомии улитки поставило под сомнение факт стимуляции непосредственно слухового нерва (а не стволомозговых структур), так как процесс вторичной дегенерации мог привести к дегенерации улитковых ядер. Тем не менее, ни в коей мере нельзя умалять значения данной пионерской работы [13]. На самом деле первые попытки использовать электрический ток для компенсации слуха отмечались 200 лет назад (классическая работа Alessandro Volta конца 18-го столетия), хотя электрическая стимуляция в них использовалась в качестве терапевтического метода или как пример реализации «электрофонического» слуха.

В США приоритет в разработке кохлеарного импланта принадлежит W. House [14]. В 1959 он впервые ознакомился с работой Djourno и Eyriès. В это время House активно занимался разработкой подхода к внутреннему слуховому проходу через среднюю черепную ямку [15]. Совместно с нейрохирургом Doyle им была произведена попытка зарегистрировать ответы от слухового нерва, выделенного через среднюю черепную ямку для вестибулярной нейроэктомии с целью лечения болезни Меньера. И, хотя они преследовали цель зарегистрировать потенциалы, связанные с ушным шумом, которая оказалась несостоятельной, сама возможность регистрации слуховых вызванных потенциалов привела их к мысли о возможности стимуляции аналогичными по форме сигналами с целью восстановления слуха [16]. Первые попытки электрической стимуляции с целью вызывания слуховых ощущений осуществлялись ими при хирургическом вмешательстве на стремени при установке игольчатого электрода на промонториальной стенке или в открытом окне преддверия. При стимуляции прямоугольными импульсами у пациента вызывались слуховые ощущения, не сопровождающиеся дискомфортом, головокружением или стимуляцией лицевого нерва. Это послужило основанием для проведения в 1961 г. имплантации пациенту (добровольцу) с выраженным отосклеротическим поражением и глухотой. Ему постаурикулярным подходом был введен электрод в окно улитки. Пациент отмечал слуховые ощущения, однако из-за непереносимости громких звуков имплант был вскоре удален. Вторая пациентка была также проимплантирована в 1961 г. При вестибулярной нейроэктомии подходом через среднюю черепную ямку электрод был введен в барабанную лестницу базальной части улитки. Пациентка отмечала слуховые ощущения, однако через несколько дней интенсивность тока, необходимая для вызывания ответа, возросла, и имплант был удален [17].

Учитывая обнадеживающие результаты, полученные у первого пациента, и рассчитывая на дискриминацию высоких частот, House и Doyle решили реимплантировать пациента пятиэлектродной решеткой, которая была установлена через промонторий и круглое окно. Однако через несколько недель в связи с необходимостью в увеличении интенсивности и с воспалением кожи в позадиушной области имплант был удален.

Теоретическим обоснованием разработки многоканального электрода явилась необходимость в распространении высокочастотных стимулов между пространственно разнесенными электродами. Используя стимуляцию различных субпопуляций волокон слухового нерва скоростями, меньшими, чем их рефрактерный период, авторы предполагали, что суммация ответов субпопуляций приведет к проведению высокочастотного ответа через слуховой нерв. Данный дизайн и его теоретическое обоснование были направлены Doyle и Ballantyne в 1961 г. на получение патента. Однако патент был получен лишь в 1969 г. [18]. Несмотря на то, что выводы были основаны на ошибочной теории электрической стимуляции, патент предсказал необходимость в использовании 16-канальной системы для пользования имплантированного пациента телефоном.

Результаты этих операций попали в прессу, что явилось важным стимулом в развитии метода кохлеарной имплантации [19, 20].

В 1964 г. Blair Simmons имплантировал электрод в модиолюс глухого пациента, однако результаты также не были обнадеживающими [21, 22]. В 1971 г. Robin Michelson проимплантировал нескольких пациентов одноканальными полностью имплантируемыми имплантами. Результаты операций получили освещение на национальном уровне [23].

Начало 70-х годов принесло больше разочарований, чем положительных результатов. Большинство ученых, занимающихся фундаментальной наукой, выступали против кохлеарной имплантации, основываясь на имевшихся на тот момент знаниях о физиологии слуха [24–27].

Переломным моментом в развития кохлеарной имплантации явился 1975 год, когда Национальные институты здоровья США (NIH) спонсировали обследование пациентов, ранее имплантированных одноканальными кохлеарными имплантами Michelson и House. Расширенное психоакустическое, аудиологическое и вестибулологическое исследование были проведены в Питсбурге Robert Bilger. Было сделано заключение о том, что одноканальные импланты не обеспечивают разборчивого восприятия речи, однако продукция речи, считывание с губ, равно как и качество жизни, существенно повысились [28].

В конце 70-х исследования в области кохлеарной имплантации стали легитимными, что сопровождалось выделением средств на новые эксперименты. Merzenich и Schindler провели исследования по изучению возможности и безопасности длительной электрической стимуляции слухового нерва у кошек и подтвердили, что при атравматичном введении электрода в барабанную лестницу возможно проведение хронической электрической стимуляции волокон слухового нерва, не сопровождающейся выраженными дегенеративными изменениями нервных волокон [29].

Параллельно фундаментальным исследованиям две группы ученых (Merzenich и Schindler — в Калифорнийском Университете и Graham Clark — в Мельбурнском Университете) проводили работы по разработке многоканальных систем кохлеарной имплантации. Результатом этих работ явилась разработка кохлеарных имплантов Nucleus Cochlear Corporation и Clarion Advanced Bionics [30, 31].

В 1969 г. Clark продемонстрировал ограниченные возможности одноканального импланта и приступил к разработке многоканальных систем [32]. Его исследования включали разработку стратегий кодирования речи, надежного имплантируемого приемника-стимулятора, оптимизацию электродной решетки. Clark с коллегами продемонстрировали, что антероградное введение электродной решетки через одну кохлеостому в барабанную лестницу является менее травматичным по сравнению с введением через множество кохлеостом. Использование же платиновых электродов исключало возможность их повреждения и обеспечивало безопасную длительную электрическую стимуляцию [33–35]. Первый пациент был прооперирован ими в 1978 г., а уже в 1981 г. было отмечено, что пациенты понимают речь без считывания с губ [36]. Для того, чтобы отдельные электроды могли бы эффективно вызывать различные частотные ответы, пространственное распределение стимулов также должно было быть различным. Было показано, что выраженное взаимодействие между электродами являлось результатом одновременной стимуляции множества электродов. Для минимизации отмеченного взаимодействия между электродами было предложено использование смещенного неодновременного паттерна стимуляции. Также было показано, что использование скоростей стимуляции выше 1 кГц обеспечивало улучшение разборчивости речи. Данная концепция была запатентована как стратегия CIS [37]. В течение последующих лет продолжались разработки в области совершенствования самого импланта, а также стратегий кодирования речи.

Многоканальные кохлеарные импланты были внедрены в 1984 г., что сопровождалось вытеснением одноканальных систем. В 1985 г. имплантация была разрешена FDA взрослым, а в 1990 г. — детям старше 2 лет [38].

Следующим аспектом, требующим решения, было обеспечение улучшенной разборчивости речи, что нашло реализацию в высокоскоростной перемежающейся стимуляции. Многоканальная стимуляция основывалась на принципах кодирования по месту вдоль улитки.

В СССР в 80-х годах под руководством проф. М.Р.Богомильского были начаты работы по созданию отечественного кохлеарного импланта. И, хотя был изготовлен опытный образец одноканального импланта и проведены операции двум пациентам, промышленного производства налажено не было 39–41].

Начало многоканальной кохлеарной имплантации в СССР было положено в 1991 году, когда после регистрации кохлеарного импланта Nucleus CI22 австралийской фирмы «Cochlear» сотрудниками Всесоюзного научного центра аудиологии и слухопротезирования при активном содействии и непосредственном участии проф. Эрнста Ленхардта и доктора Моники Ленхардт, были произведены две первые кохлеарные имплантации.

В 1997 г. к программе кохлеарной имплантации подключился Санкт-Петербургский НИИ уха, горла, носа и речи, в 2005 г. — Научно-клинический центр оториноларингологии (Москва), а в 2009 г. — Клиническая больница №122 им. Л. Г. Соколова ФМБА России (Санкт-Петербург). На сегодняшний день в стране кохлеарные импланты используют более 8000 пациентов.