



РЛАСЦИГ, д.м.н., профессор, А.АШЕНДОРФ, д.м.н., профессор,
Университетская лор-клиника с центром имплантации, г. Фрайбург, Германия

Кохлеарная имплантация

Человеческие органы чувств дают нам в наивысшей степени индивидуальные и предельно субъективные ощущения. Симулировать их можно только с очень большими ограничениями, поэтому очень трудно воспроизвести утраченную чувствительность с помощью технических средств.

Ключевые слова: кохлеарные импланты, сигнал, стимуляция, процессор, слуховой аппарат

За последние два десятилетия отмечается значительный прогресс в лечении глухоты, как врожденной, так и приобретенной. Эта технология уже приносит пользу 200—250 000 людей на земле. В настоящее время только в Германии около 1 млн человек нуждается в новых протезах — кохлеарных имплантах. Эта цифра была получена благодаря расширению показаний на слабослышащих пациентов, у которых использование современных конвенциональных слуховых аппаратов не обеспечивает удовлетворительного восприятия речи.

Технически кохлеарный имплант устроен следующим образом. Система состоит из двух частей: собственно вшиваемого под кожу импланта и носимого снаружи речевого процессора, обозначаемого также как звуковой процессор (рис. 1).

Сигнал (речь, шумы) воспринимается микрофоном носимого на ухе «слухового аппарата». Этот слуховой аппарат (процессор) производит электронную обработку сигнала, который раскладывается на 15 000 составляющих частей в секунду, и оцифровывает информацию, учитывая частоту и интенсивность звуковых колебаний и одновременно подавляя звуковые помехи. Затем цифровой сигнал в виде радиоволны в 5 МГц диапазоне передается через катушку передатчика, расположенную непосредственно над принимающей антенной в находящемся под кожей головы импланте. Имплант получает сигнал только в том случае, если незадолго до этого на него путем индукции была перенесена энергия и получен код, который позволяет распознать свой звуковой процессор. Каждый процессор имеет индивидуальные установки. Прием, декодирование и направление соответствующего импульса на 1 из 22 электродов начинаются лишь тогда, когда поступила энергия и верен код. Для передачи низких частот стимулируются

апикулярные зоны улитки, для высоких частот — ее нижние базальные витки. Минимальный разряд, покидающий электроды, не отличается в базальных и апикулярных областях. Звуковые ощущения формируются за счет стимуляции ганглионарных структур, например у основания улитки, отвечающих за перцепцию высоких частот. Благодаря огромной скорости раздражения (до 15 000/сек) происходит распознавание речи. Сигнал декодируется центральной нервной системой. Чем быстрее стимуляция, тем меньше электродов используется, т.к. к определенному моменту времени активным всегда остается только один электрод. Шаблон, по которому будет происходить активация, индивидуален, требует настройки в течение нескольких дней. Для адаптации мозга необходимо несколько недель или месяцев.

В настоящее время импланты стали более миниатюрными, появились более тонкие электроды, улучшился

■ Активный имплант во внутреннем ухе является одновременно измерительным инструментом.

речевой процессор. Также следует отметить модификацию стратегий обработки речи, микрофонную технику, подавление шумов и аккумуляторные технологии. В связи с ростом

технического прогресса возникает вопрос, стоит ли каждые несколько лет менять функционирующий имплант на новую модернизированную версию. Пациенты, которым спустя многие годы из-за технических дефектов поменяли имплант, сообщают о лучшей работоспособности нового. Результаты текущих исследований подтверждают эти субъективные данные. Однако говорить о статистической достоверности пока рано, хотя тенденция очевидна.

В настоящее время увеличивается число пациентов, главным образом детей, которым вживляется второй имплант при изначально одностороннем вмешательстве (Murphy und O'Donoghue, 2007). Причиной этому служит значительное улучшение понимания речи, особенно в шумном окружении. Пациенты впервые или вновь обучаются улавливать направление звука. Значительную роль играет также страх остаться в звуковой изоляции при техническом отказе единственного импланта.

■ В настоящее время только в Германии около 1 млн человек нуждается в новых протезах — кохлеарных имплантах.

ПОКАЗАНИЯ К КОХЛЕАРНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

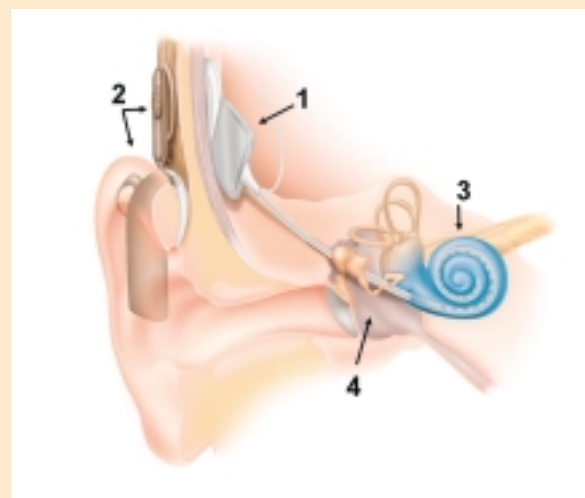
Основным условием для установки импланта являются практически нормальная анатомия и наличие связи внутреннего уха с мозгом посредством слухового нерва. Причина снижения слуха должна крыться в улитке. Функция слухового нерва также должна быть сохранена на всем протяжении. Если слуховой нерв функционирует, то пороки развития самой улитки не служат существенным противопоказанием (рис. 2).

Наблюдаемая нами частота пороков развития различной выраженности вплоть до полного отсутствия внутреннего уха достигает 10%. На основании степени снижения слуха в операции нуждаются 98,5% всех пациентов (Aschendorff et al., 2009). Наилучшие результаты имплантации отмечаются у пациентов с небольшой продолжительностью глухоты. Речь идет о малолетних детях, родившихся глухими, или о детях и взрослых с приобретенной патологией слуха. Показанием к операции считается невозможность разобрать более 50% односложных слов при речевом тесте с уровнем звука 65 дБ (фрайбургский речевой тест). Эта граница соответствует силе слуха, при которой пациент может без затруднений говорить по телефону. Быстрого и максимального эффекта от лечения у взрослых удастся добиться, если длительность глухоты не превышает 10 лет. В этом случае шансы восстановления способности общаться по телефону доходят до 80–85%. В настоящее время едва ли можно встретить пациентов с большей продолжительностью глухоты.

Эксперименты на животных и клинические исследования подтвердили, что у взрослых глухих от рождения практически нет смысла в проведении кохлеарной имплантации. Это связано с нейропластичностью мозга. Нейропластичность сохраняется на протяжении всей жизни, но снижается с возрастом. Такие пациенты начинают воспринимать шумы, но интерпретировать услышанное для них крайне затруднительно. У подростков с минимальным резидуальным слухом и развитой речью отмечается улучшение понимания, но не происходит расширения собственных языковых возможностей. Успехи в понимании речи тоже невелики. Этот факт необходимо обсуждать в обстоятельных беседах с пациентами и их родственниками, чтобы в последующем не наступило разочарование. Такие консультации должны проводиться в специализированных центрах, например в центре имплантации г. Фрайбурга. Частью подготовительного этапа является налаживание контакта между кандидатом на имплантацию и уже прооперированными пациентами, что помогает оценить ограничения, риски и возможности операции.

Краеугольным камнем нашей работы является врожденная глухота. Поскольку к 4–5 году жизни нейропластичность слуховых путей значительно снижается, справедливо утверждение: «Чем раньше, тем лучше» (Laszig et al., 2009). С помощью универсального слухового скрининга новорожденных можно выявить снижения слуха на ранних этапах, в т.ч. в послеродовом периоде. Результаты исследований свидетельствуют, что средний возраст постановки диагноза при использовании этого универсального инструмента снижается с 20 до 4 месяцев, следовательно, лечение начинается раньше

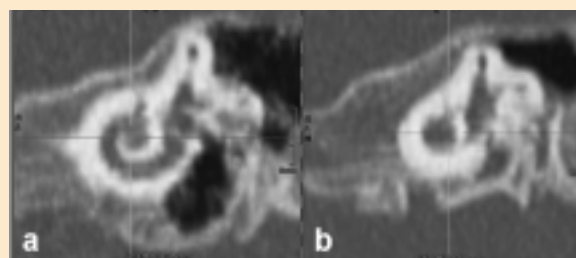
Рис. 1. Схема кохлеарного импланта in situ



1. Имплант. 2. Речевой процессор с катушкой передатчика. 3. Улитка с матрицей электродов. 4. Среднее ухо.

С любезного разрешения Cochlear Deutschland GmbH & Co. KG, Ганновер.

Рис. 2. Компьютерная томография внутреннего уха высокого разрешения



а: нормальная анатомия; б: укороченная, отчасти пузыревидная улитка.

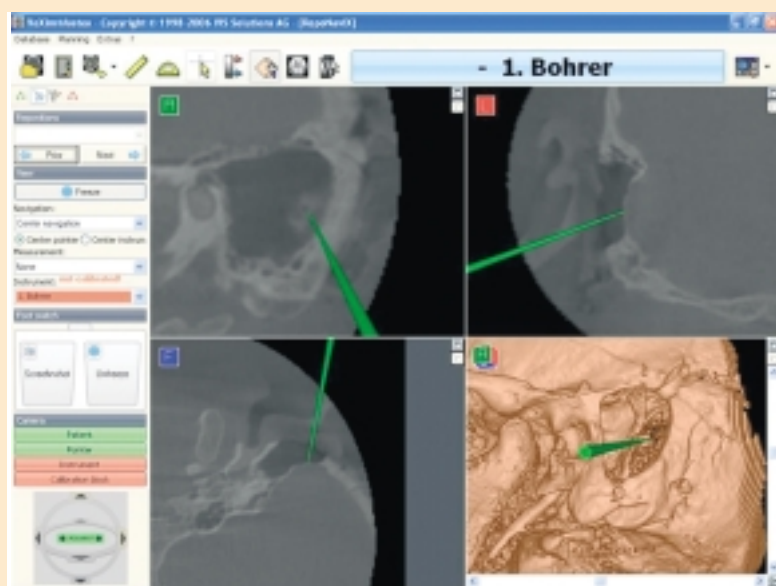
(Buser, et al., 2003). Следует стремиться установить наличие патологии слуха до 6 месяца жизни, т.к. в данном случае можно произвести попытку адаптации к слуховому аппарату с соответствующей полугодовой тренировкой. Затем в короткие сроки необходимо решить вопрос о том, имеются ли показания к кохлеарной имплантации, или для коррекции проблемы достаточно обычного слухового аппарата. Основная цель — обеспечить ребенка кохлеарными имплантами с обеих сторон по возможности с первых дней жизни. Только в этом случае маленький пациент получит максимальную пользу от этой фантастической технологии. Такие дети с вероятностью 70% смогут посещать общеобразовательные детский сад и школу, для них будет открыт широкий спектр профессий и не исключено высшее образование. Они смогут овладеть иностранными языками и разговаривать на своем местном диалекте. Для установки системы кохлеарного импланта малолетним детям необходимы особая квалификация и опыт, которыми обладают специалисты крупных медицинских центров.

Рис. 3. Интраоперационная картина после вскрытия среднего уха



а: надрез эндоста в зоне кохлеостомии (стрелка) с открытием Scala tympani; б: начало введения предварительно сформированного носителя электродов; в: электроды полностью установлены.

Рис. 4. Навигация при кохлеарной имплантации, в т.ч. возможность управления хирургическими инструментами



Зеленая стрелка соответствует бору для мастоидэктомии.

ОПЕРАЦИЯ

Предварительное обследование пациента происходит по утвержденной схеме, охватывающей все определяющие дальнейшую тактику лечения исследования и учитывающей индивидуальные особенности. Важную роль играет аудиометрия, включающая субъективный фрайбургский речевой тест и объективное измерение потенциалов слуховых путей, возникающих в ответ на акустический раздражитель. Неотъемлемыми частями обследования являются посещение специалистов с целью выяснения общемедицинского и локального лор-статуса, консультация логопеда, при необходимости — психологическая поддержка. Для установления причины заболевания можно использовать молекулярно-генетическую диагностику (Birkenhager et al., 2007) и визуализирующие методы — компьютерную томографию и МРТ (Aschendorff et al., 2009). Последние также требуются при планировании хода операции. У больных с

■ В настоящее время увеличивается число пациентов, главным образом детей, которым вживляется второй имплант при изначально одностороннем вмешательстве.

нормальным слух в большинстве случаев ограничивается низкими тонами до 1,5 КГц и может усиливаться слуховым аппаратом, тогда как недостающие высокие частоты восполняются кохлеарным имплантом путем электрической стимуляции. Такой метод называется электроакустическая стимуляция (рис. 5).

Электроника импланта закрепляется позади сосцевидного отростка под надкостницей к костям черепа. Максимальная толщина этой части импланта — 3,9 мм, поэтому его нельзя разглядеть снаружи и можно лишь нащупать через кожу.

Ушивание операционной раны производится рассасывающимся шовным материалом. На 2 дня накладывается повязка. В периоперационном периоде назначают антибиотики. На выбор методов и принципов реабилитации влияют возрастные особенности, билатеральная или односторонняя имплантация, наличие резидуального слуха и т.д. Обычно на 4—5 день пациента отпускают домой, но че-

пораками развития особое значение имеют визуализирующие методики с интегрированной нейронавигацией (рис. 4) (Aschendorff et al., 2009).

Для проведения предварительного обследования требуется 3 дня стационарного пребывания, для операции — 5 дней. Оперативное вмешательство проводится под общим наркозом и длится от 1 до 1,5 часов. Через небольшой разрез кожи (3—5 см) позади ушной раковины просверливается сосцевидный отросток и под микроскопическим контролем открывается барабанная полость, пространство позади барабанной перепонки. Таким образом, формируется доступ к внутреннему уху, минуя наружный слуховой проход и не затрагивая барабанную перепонку. После идентификации ориентиров, таких как круглое и овальное окно, цепочка слуховых косточек, сверлится отверстие диаметром 1 мм в улитку, а именно по возможности точно в Scala tympani (рис. 3), в качестве альтернативного варианта рассматривается овальное окно.

Носитель для 22 (максимально) электродов помещается в улитку на глубину 20—25 мм при ее длине около 32 мм. Толщина носителя составляет от 0,3 до 1 мм. Тонкие носители и высокоточная операционная техника позволяют устанавливать электроды в Scala tympani без дополнительной травматизации. Благодаря этому удастся сохранить собственную остаточную силу слуха. Остаточ-

рез 6 недель на неделю госпитализируют в центр имплантации для первой настройки системы. Настройку проводят на основании полученных в процессе имплантации данных. Во время операции делают измерения, подтверждающие техническую состоятельность импланта. Также выясняют работоспособность нейронов слухового пути. То есть мы не просто стимулируем через имплант, а генерируем биоэлектрический ответ, который учитывается при настройке. Таким образом, активный имплант во внутреннем ухе является одновременно измерительным инструментом.

ОСЛОЖНЕНИЯ

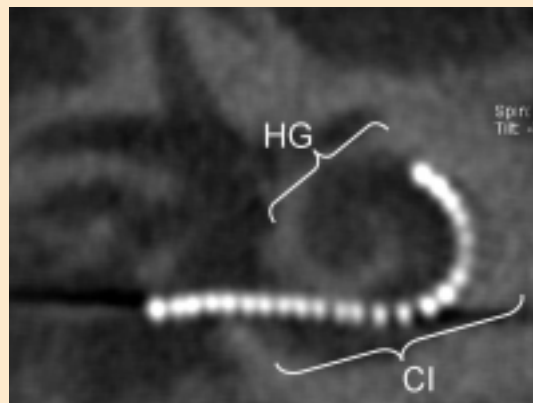
Частота осложнений при проведении операции опытным специалистом чрезвычайно мала (Gysin et al., 2000) и может быть обусловлена техническими дефектами, а также внешним воздействием, например ударом по голове в область импланта. Внутренние технические дефекты встречаются редко — в 2–5% случаев, включая травматические повреждения. Очень важно свести их частоту к минимуму, т.к. вмешательство носит элективный характер и предполагается, что имплант будет служить пациенту всю жизнь.

Медицинские осложнения, возникающие менее чем у 1% пациентов, например замедленное заживление раны, являются исключением. Данных о реакции непереносимости не зафиксировано.

УСТАНОВКА ИМПЛАНТОВ ПАЦИЕНТАМ РАЗНОГО ВОЗРАСТА

Демографические сдвиги ведут к тому, что приходится выполнять вмешательства высокого риска у пожилых пациентов. Например, мы устанавливали имплант пациенту в возрасте 93 лет, и он пользовался им на протяжении всего дня в течение нескольких лет. Таким образом, возрастных границ не существует. Самый юный наш пациент был прооперирован в 4-месячном возрасте. Несомненно, малолетним детям нужны опытные хирурги и анестезиолог, а полноценные мероприятия по профилактике осложнений доступны только в крупных центрах.

Рис. 5. Радиологический контроль после имплантации укороченного носителя электродов для электроакустической стимуляции



За высокие и средние частоты отвечает кохлеарный имплант (CI), за низкие частоты — носимый одновременно слуховой аппарат (HG).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кохлеарная имплантация открывает совершенно новые горизонты для слабослышащих людей, позволяя им социально адаптироваться, осваивать престижные профессии, изучать иностранные языки.

В пользующийся признанием центр кохлеарной имплантации г. Фрайбурга ежегодно поступает около 250 новых пациентов, которые остаются под наблюдением на протяжении всей своей жизни. В последние годы приобретает популярность удаленное наблюдение, которому способствует развитие средств связи и Интернета. По-настоящему большим прорывом станет создание полностью имплантируемой системы, позволяющей максимально интегрировать глухих людей в общество слышащих. Однако на это потребуется еще какое-то время.



ЛИТЕРАТУРА

1. Aschendorff A., Laszig R., Maier W., Beck R., Schild C., Birkenhager R., Wesarg T., Kroger S., Arndt S. Kochleaimplantat bei Innenohrfehlbildungen. HNO. 2009, 57:533–41.
2. Aschendorff A., Maier W., Jaekel K., Wesarg T., Arndt S., Laszig R., Voss P., Metzger M., Schulze D. Radiologically assisted navigation in cochlear implantation for X-linked deafness malformation. Cochlear Implants Int. 2009, 10 Suppl 1:14–8.
3. Birkenhager R., Aschendorff A., Schipper J., Laszig R. Nicht-syndromale hereditäre Schwerhörigkeiten. Laryngo-Rhino-Otol 2007, 86: 299–313.
4. Buser K., Bietenduwel A., Krauth C., Jalilvand N., Meyer S., Reuter G., Stolle S., Altenhofen L., Lenarz T. Modellprojekt Neugeborenen-Horscreening in Hannover (Zwischenergebnisse). Gesundheitswesen 2003, 65: 200–203.
5. Gysin C., Papsin B.C., Daya H., Nedzelski J. Surgical outcome after paediatric cochlear implantation: diminution of complications with the evolution of new surgical techniques. J Otolaryngol. 2000, 29:285–9.
6. Laszig R., Aschendorff A., Beck R., Schild C., Kroger S., Wesarg T., Arndt S. Langzeitergebnisse nach Kochleaimplantatversorgung bei Kindern. HNO 2009, 57:657–662.
7. Murphy J., O'Donoghue G. Bilateral cochlear implantation: an evidence-based medicine evaluation. Laryngoscope 2007, 117:1412–8.