

Тиннитус, тугоухость и слуховые аппараты



Тиннитус – это слуховое ощущение в отсутствие внешней акустической стимуляции. Более чем в 90% случаев тиннитус представляет собой абсолютно субъективный феномен. "Объективный тиннитус", источником которого является какой-либо из органов человеческого тела, встречается редко. Примером объективного тиннитуса может служить пульсирующий шум, вызванный аномалией кровеносных сосудов, пролегающих вблизи уха. В настоящем обзоре мы рассматриваем "субъективный тиннитус", при котором физические источники шума отсутствуют. Феномен тиннитуса был описан уже в египетских, греческих и римских письменных источниках. Термин "тиннитус" впервые использовал Плиний Старший. В древности происхождение тиннитуса объясняли, среди прочего, голосами дѣхов, общающихся с человеком, или звуками, издаваемыми крошечными сверчками, живущими в ухе. К счастью, с тех пор представления о тиннитусе существенно изменились. В настоящее время тиннитус более не относят исключительно к области оториноларингологии. В соответствии с современными представлениями, тиннитус генерируется не в ухе, а в мозге, поэтому тиннитус стал предметом изучения неврологии. Такой подход позволил лучше понять механизмы, участвующие в генерации тиннитуса.

Д-р Roland Schaette, Университетский колледж Лондона, Великобритания

Тугоухость и тиннитус

В ряде исследований, выполненных на пациентах с тиннитусом и на животных, прослеживается причинно-следственная связь между тугоухостью и тиннитусом. Прежде всего, у большинства пациентов с тиннитусом отмечается тугоухость (Axelsson, Ringdahl, 1989; Nicolas-Puel с соавт., 2002), а распространенность тиннитуса существенно выше в группе людей со сниженным слухом (Chung с соавт., 1984). Пороги слышимости у пациентов с тиннитусом выше по сравнению с ровесниками из контрольной группы (Roberts с соавт., 2008). Известно, что тиннитус встречается у 75–90% пациентов с отосклерозом (Ayache с соавт., 2003; Sobrinho с соавт., 2004). Более того, даже у нормально слышащих, с клинической точки зрения, людей (т.е. при порогах слышимости не выше 20 дБ в диапазоне до 8 кГц) с тиннитусом отмечается то или иное поражение улитки, не выявляемое обычной аудиометрией. Такую "скрытую тугоухость" можно выявить с помощью психофизических тестов (Weisz с соавт., 2006) или путем записи стволомозговых вызванных потенциалов. В последнем случае у людей с тиннитусом при нормальной аудиограмме наблюдается снижение амплитуды потенциала слухового нерва (Schaeffe, McAlpine, 2011; Gu с соавт., 2012). Еще одним свидетельством связи тугоухости с тиннитусом служит измерение частоты тиннитуса. Как правило, ощущаемая пациентом частота тиннитуса совпадает с областью повышения порогов слышимости (Norena с соавт., 2002; König с соавт., 2006; Sereda с соавт., 2011). Вероятно, наиболее очевидное подтверждение связи тиннитуса с тугоухостью можно найти у пациентов с идиопатической тугоухостью, 80% которых жалуются на шум в ушах (Nosrati-Zarenoe с соавт., 2007). Кроме того, фантомные звуковые ощущения возникают при имитации кондуктивной тугоухости путем obturации наружного слухового прохода. Из 18 нормально слышащих добровольцев, пользовавшихся ушными затычками в течение 7 дней, 14 жаловались на фантомные звуки, а у 11 к седьмому дню развилось стойкое фантомное звуковое ощущение. Через несколько часов после извлечения затычек фантомные звуки исчезли (Schaeffe с соавт., 2012). Эти данные свидетельствуют о возможной причинно-следственной связи между тугоухостью и тиннитусом у большинства пациентов.

Связь между тугоухостью и тиннитусом детальнее изучена на животных. После акустической травмы у животных появляются поведенческие признаки тиннитуса (Brozoski с соавт., 2002; Kaltenbach с соавт., 2004; Engineer с соавт., 2011; Longenecker, Galazyuk, 2011; Middleton с соавт., 2011), коррелирующие с изменением спонтанной активности нейронов слуховых зон головного мозга (Brozoski с соавт., 2002; Kaltenbach с соавт., 2004; Longenecker, Galazyuk, 2011). Увеличение частоты спонтанных разрядов нейронов в центральных отделах слуховой системы и повышение их синхронной активности рассматривается как нейронный коррелят тиннитуса (Eggermont, Roberts, 2004; Roberts с соавт., 2010). Такие аномальные паттерны спонтанной активности нейронов после индуцированной тугоухости наблюдаются вдоль центрального слухового пути, но не в слуховом нерве (Eggermont, Roberts, 2004; Roberts с соавт., 2010). Моделирование тиннитуса на животных позволяет прийти к выводу о том, что повреждение структур уха и слухового нерва может запустить механизм пластических изменений головного мозга, в свою очередь, проявляющихся аномальной нейронной активностью. Поскольку эти нарушенные паттерны спонтанной активности схожи с активностью, вызванной звуком, они могут создать иллюзию звукового ощущения в отсутствие реального источника звука. Таким образом, само ощущение тиннитуса генерируется в головном мозге, но пусковым механизмом являются некие нарушения на периферическом уровне.

Теория развития тиннитуса: Тиннитус как побочный эффект попыток мозга компенсировать тугоухость

Один из остающихся открытым вопросов – как именно тугоухость приводит к тиннитусу, т.е. каков функциональный механизм, лежащий в основе возникновения фантомных звуков? Этому было посвящено несколько теоретических исследований с использованием компьютерного моделирования известных механизмов нейронной пластичности, способных привести к соответствующим изменениям в головном мозге. Моделирование показало, что тугоухость снижает активность волокон слухового нерва и нейронов

центральных отделов слуховой системы. Это может привести к активации центрального механизма, известного как гомеостатическая пластичность. Последняя стабилизирует среднюю активность нейронов в длительном масштабе времени, обеспечивая средний уровень активности нейронов, промежуточный между бездействием и гиперактивностью. Пытаясь восстановить целевой уровень активности нейронов после наступления тугоухости, гомеостатическая пластичность повышает уровень их "усиления", т.е. усиливает реакцию нейронов на входной сигнал. Более выраженная реакция нейронов на поступающие по слуховому нерву сигналы, в свою очередь, усиливает уровень активности слуховых отделов головного мозга, восстанавливая уровень, отмечавшийся до наступления тугоухости. Однако "расплатой" за такую компенсацию становится усиление нейронного шума, т.е. спонтанной активности слухового нерва. Определенный уровень спонтанной беспорядочной активности всегда присутствует в здоровой слуховой системе, однако в норме такая активность не воспринимается человеком как звук, а, напротив, служит нейронным кодом тишины. Если же, в случае тугоухости, слуховая система пытается компенсировать утраченный входной сигнал дополнительным усилением, неинформативная спонтанная активность может повыситься до уровня, имитирующего поступление реального звукового сигнала. Если это происходит на начальных этапах слуховой обработки, высшие отделы слуховой системы могут ошибочно расценить поступающий сигнал как реальный звук, что и порождает фантомное звуковосприятие. Моделирование показало, что этот механизм может отвечать за развитие нейронных коррелятов тиннитуса в стволомозговых отделах слуховой системы (Schaette, Kempster, 2006, 2008, 2009), а также на уровне слуховых зон коры головного мозга (Dominguez с соавт., 2006; Chrostowski с соавт., 2011). Применив описанную модель к аудиограммам пациентов с тугоухостью шумового генеза и сопутствующим тональным тиннитусом, Schaette и Kempster (2009) смогли теоретически спрогнозировать частоту тиннитуса, очень близкую к реально полученным результатам. Таким образом, компьютерная модель развития тиннитуса позволяет предположить, что тиннитус может быть побочным эффектом попытки мозга компенсировать тугоухость. Механизмы, вовлеченные в нейропластичность, по всей видимости могут действовать в обоих направлениях. Поэтому при восстановлении надлежащего уровня поступления сигналов в слуховую систему произошедшие изменения могут стать обратимыми.

Лечение тиннитуса путем восстановления слуха: Результаты хирургического лечения кондуктивной тугоухости

На основании компьютерного моделирования тиннитуса можно прийти к выводу, что от тиннитуса можно избавиться, если устранить тугоухость. В настоящее время невозможно вылечить шумовую или возрастную тугоухость, однако кондуктивную тугоухость вполне можно устранить хирургическим путем. Действительно, у пациентов с отосклерозом стапедэктомия или стапедотомия приводит к существенному уменьшению тиннитуса. В двух исследованиях установлено, что более, чем у половины пациентов тиннитус полностью прекратился после операции, а у трети пациентов существенно уменьшился (Ayache с соавт., 2003; Sobrinho с соавт., 2004). Обнаружена корреляция степени уменьшения костно-воздушного интервала со степенью уменьшения тиннитуса: чем лучше результаты операции, тем более выражено уменьшение тиннитуса. Аналогичные результаты получены после тимпанопластики: в 80% случаев после операции тиннитус существенно уменьшился или исчез (Lima Ada с соавт., 2007). Эти данные соответствуют нашим результатам, полученным при имитации кондуктивной тугоухости с помощью затычек. После извлечения затычек из уха фантомные слуховые ощущения полностью исчезли у всех участников исследования (Schaette с соавт., 2012). Таким образом, от тиннитуса можно успешно избавиться путем лечения лежащей в его основе тугоухости.

Дистресс, связанный с тиннитусом

До сих пор мы рассматривали только само восприятие тиннитуса и механизм возникновения фантомного звука. Другой аспект – воздействие тиннитуса на пациента, т.е. реакция пациента на тиннитус. Несмотря на то, что многие пациенты страдают из-за фантомного шума, наличие тиннитуса вовсе не обязательно

приводит к дистрессу. Действительно, большинство людей с тиннитусом приспосабливаются к нему и не слишком обеспокоены его наличием (Dobie, 2004). Важным фактором в развитии дистресса, вызванного тиннитусом, является эмоциональная реакция на тиннитус, например, если пациент расценивает тиннитус как потенциальную угрозу жизни и здоровью. К сожалению, это приводит к изменению самого восприятия фантомного звука – он кажется более заметным и громким. Поэтому процесс развития дистресса при тиннитусе можно разделить на два этапа: первый – появление фантомных слуховых ощущений, и второй – последующая реакция на них. Нейрофизиологическая модель, предложенная Jastreboff с соавт. (1996), описывает процесс превращения негативной реакции на тиннитус в порочный круг, когда первичная отрицательная реакция приводит к приданию чрезмерного значения звуку тиннитуса и усилению его восприятия. Кроме того, негативные автоматические мысли о тиннитусе могут воспрепятствовать привыканию и внести весомый вклад в развитие дистресса (Andersson, McKenna, 2006). Любопытно, что степень дистресса почти не связана с измеримыми показателями тиннитуса, такими как громкость, минимальный уровень маскировки и тональность (Andersson, 2003). Современные подходы к лечению тиннитуса не могут воздействовать на его причину, поэтому они сконцентрированы на изменении реакции человека на фантомный звук с целью уменьшения дистресса. Успех лечения заключается в превращении человека, страдающего от тиннитуса, в человека, слышащего некий звук в ушах. Если разорвать порочный круг самоподкрепления тиннитуса, он может ослабнуть или вовсе исчезнуть в результате восстановления нормального процесса привыкания.

Критерии оценки результатов лечения тиннитуса

Прежде, чем перейти к обзору литературы, посвященной лечению тиннитуса, остановимся на критериях оценки результатов такого лечения. Самыми популярными средствами оценки являются анкетирование, шкалы визуальных аналогий и рейтинги по числовой шкале, как правило, от 0 до 10. К наиболее распространенным анкетам относятся Tinnitus Handicap Inventory (THI) (Newman с соавт., 1996), Tinnitus Questionnaire (TQ) (Hallam с соавт., 1988; Goebel, Hiller, 1994; Hiller, Goebel, 2004), Tinnitus Handicap Questionnaire (THQ) (Kuk с соавт., 1990), Tinnitus Reaction Questionnaire (TRQ) (Wilson с соавт., 1991) и Tinnitus Functional Index (TFI) (Meikle с соавт., 2012). Все они позволяют рассчитать общий показатель, отражающий степень дистресса, вызванного тиннитусом. Шкалы визуальных аналогий часто используются для субъективной оценки тиннитуса пациентами при ответах на такие вопросы, как "Насколько громким кажется вам шум в ушах?". Пациент должен отметить точку на шкале длиной 10 см; при этом крайние точки шкалы соответствуют самому тихому и самому громкому из возможных, с точки зрения пациента, звуков. Затем ответ переводят в числовую форму, измерив расстояние от начала шкалы до отмеченной точки. Похожие показатели получают и в случае рейтингов от 0 до 10. С их помощью оценивают раздражающий эффект тиннитуса, его громкость и заметность для пациента.

Слуховые аппараты в лечении тиннитуса

Исходя из теории тиннитуса, рассматривающей его как побочный эффект попыток мозга компенсировать тугоухость, и великолепных результатов устранения тиннитуса при хирургическом лечении кондуктивной тугоухости, можно было бы предположить, что "идеальный слуховой аппарат", полностью компенсирующий нарушение слуха и нормализующий активность слухового нерва, мог бы стать "серебряной пулей" для избавления от тиннитуса. Однако, во-первых, следует напомнить, что при кондуктивной тугоухости сенсорные клетки внутреннего уха остаются практически неповрежденными, благодаря чему в результате хирургического вмешательства во многих случаях удается почти полностью восстановить нормальный слух. Во-вторых, при тугоухости шумовой или возрастной этиологии поражение или даже гибель волосковых клеток и волокон слухового нерва не позволяют восстановить нормальную стимуляцию путем звукоусиления. В-третьих, как уже упоминалось, в развитии тиннитуса и связанного с ним дистресса важную роль играют психологические факторы. Поэтому эффективность слуховых аппаратов весьма вариабельна у

разных пациентов, и этот вид терапии тиннитуса можно рассматривать лишь в комплексе с другими мерами, направленными на решение психологических проблем.

Ниже мы обратимся к работам, в которых изучалось влияние слуховых аппаратов на тиннитус. Часть исследований была посвящена комбинированному применению слуховых аппаратов и генераторов шума. Обратите внимание, что ни в одной из работ слуховые аппараты не использовались изолированно. Как правило, их применяли в сочетании с консультированием, TRT (tinnitus retraining therapy – метод лечения тиннитуса путем контролируемого отвлечения внимания), когнитивно-поведенческой терапией или комбинацией нескольких методик.

Surr с соавт. (1999) провели исследование с привлечением 34 пациентов, жаловавшихся на снижение слуха и тиннитус. Все участники исследования были действующими или вышедшими в отставку военнослужащими. Слуховые аппараты подбирались на основании аудиометрических порогов, а не как маскиры тиннитуса. В качестве основного средства оценки результатов лечения использовали анкетирование THI – до подбора слуховых аппаратов и через 6 недель после начала их использования. В целом, показатели дистресса существенно снизились, но лишь у 6 из 34 пациентов снижение превысило 20%.

Folmer и Carroll (2006) изучали эффективность заушных устройств у 150 пациентов с тиннитусом. Реабилитационная программа включала консультирование и последующее анкетирование (индекс тяжести тиннитуса и самооценка громкости тиннитуса по шкале от 1 до 10). Анкеты высылались пациентам по почте в период от 6 до 48 недель после первого посещения специалиста. 50 пациентам были подобраны слуховые аппараты, 50 – генераторы шума. Наконец, 50 пациентов не пользовались никакими устройствами. Последующее исследование выявило существенное снижение показателей TSI и субъективной громкости тиннитуса во всех трех группах пациентов. В группе со слуховыми аппаратами показатель TSI снизился с $38,2 \pm 8,3$ до $29,6 \pm 8,4$, а субъективная громкость тиннитуса – с $7,5 \pm 1,7$ до $6,3 \pm 1,9$. Около 70% пациентов оценили эффективность слуховых аппаратов в отношении тиннитуса как умеренную и выше. В группе пациентов с генераторами шума отмечалась сходная картина: показатель TSI снизился с $39,6 \pm 8,9$ до $32,8 \pm 8,9$, а субъективная громкость тиннитуса - с $7,6 \pm 1,6$ до $6,2 \pm 1,9$. Любопытно, что в группе, не пользовавшейся техническими устройствами, также наблюдалось существенное улучшение, хотя и выраженное в меньшей степени, чем в двух предыдущих группах: показатель TSI снизился с $38,1 \pm 9,0$ до $33,8 \pm 8,9$, а субъективная громкость тиннитуса – с $7,1 \pm 1,9$ до $6,5 \pm 1,8$. В целом, в группах пациентов, пользовавшихся слуховыми аппаратами и генераторами шума, эффективность лечения составила соответственно 1,0 и 0,8, тогда как в группе пациентов, не пользовавшихся техническими устройствами, этот показатель был существенно меньше – 0,5. Авторы пришли к выводу, что "заушные устройства, такие как слуховые аппараты или звуковые генераторы, могут помочь значительному числу пациентов с хроническим тиннитусом. Оба типа устройств уменьшают восприятие тиннитуса пациентами и способствуют привыканию к нему. Звукоусиление дополнительно облегчает звуковосприятие и коммуникацию".

Trotter и Donaldson (2008) опубликовали результаты применения слуховых аппаратов у пациентов с тиннитусом на протяжении 25 лет – с 1980 г. по 2004 г. До и после подбора аппаратов проводилась субъективная оценка тиннитуса с использованием визуальной и аналоговой шкал. Консультирование пациентов было неотъемлемой частью программы лечения. Одним из самых удивительных результатов исследования было существенное улучшение показателей после начала применения цифровых слуховых аппаратов в 2000 г., по сравнению с предшествующим периодом использования аналоговых аппаратов. У 80% пациентов, бинаурально пользовавшихся цифровыми слуховыми аппаратами (2000-2004 г.г.), улучшение достигло не менее 50% (по данным визуальной аналоговой шкалы), тогда как у пациентов, бинаурально пользовавшихся аналоговыми слуховыми аппаратами, улучшение не превышало 30%. По мнению авторов, "подбор слуховых аппаратов лицам с повышенными порогами слышимости может играть

очень важную роль в лечении тиннитуса. Внедрение в практику программируемых цифровых слуховых аппаратов оказало суммационный эффект на результаты вмешательства".

В 2010 г. Searchfield с соавт. опубликовали результаты применения слуховых аппаратов в дополнение к консультированию. В этом ретроспективном исследовании приняли участие 58 пациентов с тугоухостью, с каждым из которых проводилось консультирование на протяжении 1-2 часов. Всем пациентам был рекомендован подбор слуховых аппаратов, но лишь 29 человек согласились пользоваться ими. Конфигурация аудиограмм была одинаковой в обеих группах. До вмешательства и примерно через год после его начала пациенты заполняли анкету THQ. В группе пациентов, пользовавшихся слуховыми аппаратами, показатели THQ снизились с 59,2 до 37,4, а в группе пациентов, прошедших только консультирование, показатели THQ снизились с 50,8 до 43,6. Статистически значимым снижением было только в первой группе. Иерархический анализ результатов THQ показал, что, помимо улучшения слышимости, использование слуховых аппаратов оказало лечебный эффект на тиннитус. Авторы пришли к выводу, что "пациентам с тугоухостью и тиннитусом необходимо, по крайней мере пробно, подбирать слуховые аппараты".

Еще одна работа, посвященная сочетанному эффекту слуховых аппаратов и консультирования, была опубликована Forti с соавт. (2010). Консультирование и подбор слуховых аппаратов (открытое протезирование) были выполнены у 100 пациентов с тиннитусом. В начале исследования и через девять месяцев после начала лечения применялось анкетирование THI. Через девять месяцев показатели THI существенно снизились (с $54,22 \pm 20,37$ до $28,32 \pm 16,50$).

Слуховые аппараты и генераторы шума используются также в рамках лечения тиннитуса по методу TRT (Jastreboff с соавт., 1996). Зависимость результатов TRT от типа используемого технического устройства изучали Parazzini с соавт. (2011). В исследование включили 101 человека с симметричными порогами слышимости (меньше 25 дБ на частоте 2 кГц и больше 25 дБ на частотах выше 2 кГц). Половина пациентов пользовалась двусторонними генераторами звука, вторая половина – двусторонними слуховыми аппаратами открытого типа. Эффективность лечения оценивали по результатам анкетирования THI и показателям самооценки громкости, заметности и раздражающего эффекта тиннитуса. Оценку производили до начала лечения, а также через 3, 6, 9 и 12 месяцев после начала лечения. Существенное улучшение всех изучавшихся показателей отмечалось с 3-го месяца по 1 год лечения. Положительная динамика отмечалась также между отдельными временными этапами обследования. Методика TRT была одинаково эффективной в обеих группах пациентов (со слуховыми аппаратами и с генераторами звука), существенных различий между группами не было. В обеих группах показатели THI снизились приблизительно на 50%.

Недавно McNeill с соавт. (2012) опубликовали результаты ретроспективного анализа результатов лечения тиннитуса у 70 пациентов, пользовавшихся слуховыми аппаратами. Всем пациентам проводилось консультирование по вопросам тиннитуса. В целом, через три месяца лечения показатель TRQ снизился с 49 до 34. Дальнейший анализ показал, что результаты лечения зависели от того, насколько выраженным был эффект маскировки тиннитуса (полная, частичная, отсутствие маскировки), оказываемый слуховыми аппаратами. В группе с полной маскировкой отмечено наибольшее снижение показателей TRQ – с 51,9 до 17,2; в группе с частичной маскировкой показатели TRQ снизились с 53,1 до 34,5; наконец, в группе с отсутствием маскировки показатели TRQ практически не изменились – с 38,6 до 34,5. Снижение показателей TRQ было клинически значимым у всех пациентов с полной маскировкой тиннитуса. То, что при одинаковом подходе к лечению часть пациентов оказалась более восприимчивой к маскирующему эффекту слуховых аппаратов, может свидетельствовать о взаимодействии между акустической стимуляцией и нейронной активностью, связанной с тиннитусом. В результате этого взаимодействия запускается механизм пластичности. Авторы указывают: "Слуховые аппараты можно использовать для лечения тиннитуса. При

этом оказываемая ими маскировка является важным фактором успешности такого лечения". Любопытно, что большая эффективность лечения у пациентов с полной маскировкой тиннитуса противоречит одному из постулатов TRT, гласящему, что уровень звучания вспомогательного устройства должен соответствовать так называемой "точке смешения", когда masker и тиннитус воспринимаются с одинаковой громкостью (Jastreboff с соавт., 1996). Однако в недавней работе Tyler с соавт. (2012) было установлено, что точка смешения и полная маскировка одинаково эффективны при TRT.

Еще одна интересная тенденция заключается в том, что чем новее исследование, тем лучше результаты лечения тиннитуса. Сравните, например, самую раннюю из включенных в наш обзор работ (Surr с соавт., 1999) с достаточно свежей публикацией Forti с соавт. (2010), в которой отмечено улучшение показателей почти на 50%. С другой стороны, изначальный уровень THI был выше в статье Forti с соавт., поэтому у них было больше возможностей для улучшения результатов. Следует также отметить, что сравниваемые статьи опубликованы с интервалом более десяти лет, а за это время технологии, используемые в слухопротезировании, претерпели существенные изменения, что вполне могло привести к большей эффективности устранения тиннитуса. Этот эффект отмечался также в работе Trotter и Donaldson (2008), отметивших, что появление цифровых слуховых аппаратов резко повысило эффективность лечения тиннитуса. Все вышесказанное означает, что при сравнении результатов различных исследований необходимо учитывать технологический уровень использовавшихся слуховых аппаратов. Наша теория развития тиннитуса позволяет предположить причину различия между эффективностью лечения с применением аналоговых и цифровых слуховых аппаратов: более гибкая настройка цифровых аппаратов позволяет в большей степени приблизиться к "нормальному" поступлению звуков в слуховую систему, что ведет к более эффективному устранению тиннитуса.

Общим выводом из всех процитированных работ является очевидная эффективность слуховых аппаратов в борьбе с тиннитусом, в связи с чем их можно рассматривать как важную часть лечебного процесса. Как уже отмечалось, ни в одной из работ слуховые аппараты не использовались в качестве единственного средства, что неизбежно поднимает вопрос о "действующем компоненте" лечения. В настоящее время опубликованы две работы, сравнивавшие результаты сочетанного применения слуховых аппаратов и консультирования с результатами консультирования без дополнительного использования технических средств (Folmer, Carroll, 2006; Searchfield с соавт., 2010). Согласно приведенным в них данным, слуховые аппараты вносят активный вклад в уменьшение симптомов тиннитуса. С другой стороны, изучение эффективности генераторов шума показало, что результаты, полученные при сочетании генераторов шума с когнитивно-поведенческой терапией, были такими же, как при использовании только когнитивно-поведенческой терапии (Hiller, Haerkotter, 2005). Следует отметить, однако, что в упомянутых исследованиях применялся различный подход: в работах Searchfield с соавт. и Folmer и Carroll консультирование было достаточно ограниченным, тогда как в работе Hiller и Haerkotter пациенты проходили курс когнитивно-поведенческой терапии, состоявший не менее, чем из 4-10 занятий, в зависимости от уровня дистресса. Поэтому отсутствие дополнительного положительного влияния при использовании генераторов шума в последней работе может, по крайней мере, частично объясняться эффектом насыщения. Тем не менее, в будущих исследованиях необходимо уточнить вклад в лечение отдельных его компонентов, таких как слуховые аппараты, генераторы шума, TRT, консультирование и когнитивно-поведенческая терапия.

В большинстве исследований слуховые аппараты настраивались по аудиограмме. В настоящее время отсутствуют научно обоснованные рекомендации по максимально эффективной, с точки зрения борьбы с тиннитусом, настройке слуховых аппаратов. В одной из работ использовалось дополнительное усиление тихих звуков с целью повышения уровня фонового шума и обеспечения постоянной звуковой стимуляции (Searchfield с соавт., 2010). Рекомендация по использованию открытого протезирования основана на том же принципе: открытое протезирование (а) более комфортно и (б) не препятствует постоянному поступлению в

ухо внешних шумов, уменьшающих субъективное ощущение тиннитуса (Del Bo, Ambrosetti, 2007; Parazzini с соавт., 2011). Однако идеальная стратегия настройки слуховых аппаратов зависит, в первую очередь, от типа и степени тугоухости конкретного пациента.

Несмотря на то, что слуховые аппараты оказывали положительный эффект в большинстве случаев тиннитуса, примерно в 10% случаев слухопротезирование было безрезультатным (Trotter, Donaldson, 2008). На первый взгляд, это противоречит теории, рассматривающей тиннитус как попытку мозга компенсировать тугоухость, потому что в этом случае слуховые аппараты должны были бы помогать всем пациентам с компенсирруемыми степенями тугоухости. Однако индивидуальные различия эффективности лечения могут объясняться особенностями поражения улитки, например преимущественным поражением наружных или же внутренних волосковых клеток. Поражение наружных волосковых клеток приводит к нарушению слуховой чувствительности, но не влияет на количество нейронных элементов, реагирующих на звуковые стимулы; поэтому такая форма тугоухости лучше компенсируется путем звукоусиления. Поражение же внутренних волосковых клеток, напротив, приводит к стойкому и необратимому снижению уровня сигнала в слуховом нерве, потому что при этом волокна слухового нерва не получают надлежащую импульсацию от внутренних волосковых клеток. Подобную форму тугоухости невозможно компенсировать путем звукоусиления. При этом аудиограммы пациентов с поражением внутренних и наружных волосковых клеток могут быть одинаковыми, в связи с чем предсказать успешность лечения без проведения дополнительных исследований невозможно. Еще одним фактором, влияющим на эффективность слуховых аппаратов в лечении тиннитуса, является их частотный диапазон. Верхняя граница полосы воспроизводимых частот заушных слуховых аппаратов обычно лежит в пределах 6-8 кГц, тогда как частота тиннитуса нередко приходится на более высокий диапазон. В таком случае нейроны, расположенные в частотной области тиннитуса, получают менее эффективную стимуляцию по сравнению с нейронами, находящимися в пределах частотного диапазона слухового аппарата. Поэтому соотношение частоты тиннитуса и диапазона воспроизводимых частот слухового аппарата может определять эффективность подавления патологической нейронной активности, генерирующей тиннитус. Для изучения этого явления мы рекомендуем исследовать две группы пациентов – в одной из них частота тиннитуса должна находиться в пределах частотного диапазона слухового аппарата, а в другой, с высокочастотным тиннитусом, выходить за границу воспроизводимых аппаратом частот. Наша компьютерная модель тиннитуса (Schäette, Kempter, 2006, 2009) прогнозирует бóльшую эффективность звукоусиления в группе с "низкочастотным" тиннитусом. Поэтому при усреднении результатов, полученных у всех пациентов, "истинная эффективность" слуховых аппаратов у пациентов, имеющих надлежащие показания, может быть недооценена. Это предположение было проверено в двух недавно опубликованных работах (Schäette с соавт., 2010; McNeill с соавт., 2012). В обоих исследованиях подавление тиннитуса было более эффективным в группе пациентов, частота тиннитуса у которых находилась в пределах полосы воспроизведения слуховых аппаратов. Кроме того, более, чем у половины пациентов из "низкочастотной" группы удалось полностью замаскировать тиннитус с помощью слуховых аппаратов, тогда как в "высокочастотной" группе этот показатель составил лишь около 15% (McNeill с соавт., 2012). У пациентов с полной маскировкой тиннитуса показатели TRQ снизились более, чем на 40%, а в группе с немаскируемым тиннитусом показатели TRQ в целом не изменились (McNeill с соавт., 2012).

Заключение и выводы

Результаты современных исследований свидетельствуют о прямой связи между тугоухостью и тиннитусом. Тугоухость запускает пластические изменения в мозге, приводящие к аберрантным вариантам спонтанной нейронной активности, воспринимаемой как тиннитус. Эти изменения могут быть обратимыми. Действительно, более, чем половина пациентов с кондуктивной тугоухостью полностью избавляется от тиннитуса после полного или частичного восстановления слуха хирургическим путем. Аналогичным образом, слуховые аппараты во многих случаях могут снизить интенсивность тиннитуса и уменьшить дистресс. В

нескольких недавних работах доказано, что слуховые аппараты сами по себе являются активным элементом лечения тиннитуса, а не только эффективным средством восстановления коммуникативных способностей (Searchfield с соавт., 2010; McNeill с соавт., 2012). Поэтому слуховые аппараты могут быть важной составной частью программы борьбы с тиннитусом, наряду с такими психологическими инструментами, как консультирование и когнитивно-поведенческая терапия (Cima с соавт., 2012). Итак, у пациентов с корректируемыми формами тугоухости слуховые аппараты могут способствовать не только восстановлению коммуникативных способностей, но и уменьшению негативной симптоматики, связанной с тиннитусом (беспокойство, дистресс и т.п.).

Литература

- Andersson G (2003) Tinnitus loudness matchings in relation to annoyance and grading of severity. *Auris Nasus Larynx* 30:129-133.
- Andersson G, McKenna L (2006) The role of cognition in tinnitus. *Acta Otolaryngol Suppl*:39-43. Axelsson A, Ringdahl A (1989) Tinnitus - a study of its prevalence and characteristics. *Br J Audiol* 23:53-62.
- Ayache D, Earally F, Elbaz P (2003) Characteristics and postoperative course of tinnitus in otosclerosis. *Otol Neurotol* 24:48-51.
- Brozoski TJ, Bauer CA, Caspary DM (2002) Elevated fusiform cell activity in the dorsal cochlear nucleus of chinchillas with psychophysical evidence of tinnitus. *J Neurosci* 22:2383-2390.
- Chrostowski M, Yang L, Wilson HR, Bruce IC, Becker S (2011) Can homeostatic plasticity in deafferented primary auditory cortex lead to travelling waves of excitation? *J Comput Neurosci* 30:279-299.
- Chung DY, Gannon RP, Mason K (1984) Factors affecting the prevalence of tinnitus. *Audiology* 23:441-452.
- Cima RF, Maes IH, Joore MA, Scheyen DJ, El Refaie A, Baguley DM, Anteunis LJ, van Breukelen GJ, Vlaeyen JW (2012) Specialised treatment based on cognitive behaviour therapy versus usual care for tinnitus: a randomised controlled trial. *Lancet* 379:1951-1959.
- Del Bo L, Ambrosetti U (2007) Hearing aids for the treatment of tinnitus. *Prog Brain Res* 166:341-345.
- Dobie RA (2004) Overview: Suffering from Tinnitus. In: *Tinnitus: Theory and Management* (Snow JB, ed), pp 1-15: B.C. Decker, Hamilton, London.
- Dominguez M, Becker S, Bruce I, Read H (2006) A spiking neuron model of cortical correlates of sensorineural hearing loss: Spontaneous firing, synchrony, and tinnitus. *Neural Comput* 18:2942-2958.
- Eggermont JJ, Roberts LE (2004) The neuroscience of tinnitus. *Trends Neurosci* 27:676-682.
- Engineer ND, Riley JR, Seale JD, Vrana WA, Shetake JA, Sudanagunta SP, Borland MS, Kilgard MP (2011) Reversing pathological neural activity using targeted plasticity. *Nature* 470:101-104.
- Folmer RL, Carroll JR (2006) Long-term effectiveness of ear-level devices for tinnitus. *Otolaryngol Head Neck Surg* 134:132-137.
- Forti S, Crocetti A, Scotti A, Costanzo S, Pignataro L, Ambrosetti U, Del Bo L (2010) Tinnitus sound therapy with open ear canal hearing aids. *B-Ent* 6:195-199.
- Goebel G, Hiller W (1994) [The tinnitus questionnaire. A standard instrument for grading the degree of tinnitus. Results of a multicenter study with the tinnitus questionnaire]. *Hno* 42:166-172.
- Gu JW, Herrmann BS, Levine RA, Melcher JR (2012) Brainstem Auditory Evoked Potentials Suggest a Role for the Ventral Cochlear Nucleus in Tinnitus. *J Assoc Res Otolaryngol*.
- Hallam RS, Jakes SC, Hinchcliffe R (1988) Cognitive variables in tinnitus annoyance. *Br J Clin Psychol* 27 (Pt 3):213-222.
- Hiller W, Goebel G (2004) Rapid assessment of tinnitus-related psychological distress using the Mini-TQ. *Int J Audiol* 43:600-604.

- Hiller W, Haerkotter C (2005) Does sound stimulation have additive effects on cognitive-behavioral treatment of chronic tinnitus? *Behav Res Ther* 43:595-612.
- Jastreboff PJ, Gray WC, Gold SL (1996) Neurophysiological approach to tinnitus patients. *Am J Otol* 17:236-240.
- Kaltenbach JA, Zacharek MA, Zhang J, Frederick S (2004) Activity in the dorsal cochlear nucleus of hamsters previously tested for tinnitus following intense tone exposure. *Neurosci Lett* 355:121-125.
- Konig O, Schaette R, Kempster R, Gross M (2006) Course of hearing loss and occurrence of tinnitus. *Hear Res* 221:59-64.
- Kuk FK, Tyler RS, Russell D, Jordan H (1990) The psychometric properties of a tinnitus handicap questionnaire. *Ear Hear* 11:434-445.
- Lima Ada S, Sanchez TG, Bonadia Moraes MF, Batezati Alves SC, Bento RF (2007) The effect of tympanoplasty on tinnitus in patients with conductive hearing loss: a sixmonth follow-up. *Braz J Otorhinolaryngol* 73:384-389.
- Longenecker RJ, Galazyuk AV (2011) Development of tinnitus in CBA/CaJ mice following sound exposure. *J Assoc Res Otolaryngol* 12:647-658.
- McNeill C, Tavora-Vieira D, Alnafjan F, Searchfield GD, Welch D (2012) Tinnitus pitch, masking, and the effectiveness of hearing aids for tinnitus therapy. *Int J Audiol* 51:914-919.
- Meikle MB et al. (2012) The tinnitus functional index: development of a new clinical measure for chronic, intrusive tinnitus. *Ear Hear* 33:153-176.
- Middleton JW, Kiritani T, Pedersen C, Turner JG, Shepherd GM, Tzounopoulos T (2011) Mice with behavioral evidence of tinnitus exhibit dorsal cochlear nucleus hyperactivity because of decreased GABAergic inhibition. *Proc Natl Acad Sci USA* 108:7601-7606.
- Newman CW, Jacobson GP, Spitzer JB (1996) Development of the Tinnitus Handicap Inventory. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 122:143-148.
- Nicolas-Puel C, Faulconbridge RL, Guitton M, Puel JL, Mondain M, Uziel A (2002) Characteristics of tinnitus and etiology of associated hearing loss: a study of 123 patients. *Int Tinnitus J* 8:37-44.
- Norena A, Micheyl C, Chery-Croze S, Collet L (2002) Psychoacoustic characterization of the tinnitus spectrum: implications for the underlying mechanisms of tinnitus. *Audiol Neurootol* 7:358-369.
- Nosrati-Zarenoe R, Arlinger S, Hultcrantz E (2007) Idiopathic sudden sensorineural hearing loss: results drawn from the Swedish national database. *Acta Otolaryngol* 127:1168-1175.
- Parazzini M, Del Bo L, Jastreboff M, Tognola G, Ravazzani P (2011) Open ear hearing aids in tinnitus therapy: An efficacy comparison with sound generators. *Int J Audiol* 50:548-553.
- Roberts LE, Moffat G, Baumann M, Ward LM, Bosnyak DJ (2008) Residual inhibition functions overlap tinnitus spectra and the region of auditory threshold shift. *J Assoc Res Otolaryngol* 9:417-435.