

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕСТА ВОСПРИЯТИЯ ФОНЕМ В ПРОЦЕССЕ ПОДБОРА И НАСТРОЙКИ СЛУХОВЫХ АППАРАТОВ

Газиз Шарифович Туфатулин\*

Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова,  
г. Санкт-Петербург, Россия

Поступила 13.09.2016; принята в печать 15.11.2016.

**Реферат**

DOI: 10.17750/КМЖ2017-281

**Цель.** Изучить возможность использования теста восприятия фонем для оценки эффективности электроакустической коррекции различными типами слуховых аппаратов.

**Методы.** Выполнено слухопротезирование 100 пациентов в возрасте 45–59 лет с двусторонней хронической сенсоневральной тугоухостью 2–3-й степени. Были сформированы четыре равные группы в зависимости от типа слухового аппарата — заушный со стандартным (BTE) и тонким (BTEslim) звуководом, с ресивером в ухе (RIC), внутриканальный (CIC). Все аппараты имели схожие характеристики и подбирались моноаурально. Эффективность оценивали тестом восприятия фонем, который проводили до слухопротезирования и через 12 нед после коррекции (в аппарате и без него).

**Результаты.** В тесте обнаружения до слухопротезирования выявлено 38 отклонений от ожидаемого значения, после 3-месячной адаптации — 28 без аппарата и 23 в аппарате со значимой динамикой по сравнению с первоначальными данными в группе CIC ( $p < 0,05$ ). Степень различия до слухопротезирования в среднем равнялась 4,3 ( $\sigma=1,2$ ) без значимой межгрупповой разницы, после 3-месячной адаптации — 4,9 ( $\sigma=1,0$ ) без аппарата с достоверно более высокими показателями в группе RIC ( $p < 0,05$ ). В аппарате средний результат составил 5,04 ( $\sigma=1,0$ ) с достоверно более высокими значениями в группах RIC ( $p < 0,01$ ) и CIC ( $p < 0,05$ ). Тест распознавания до слухопротезирования выявил 35 отклонений, после — 24 без аппарата и 25 в аппарате без значимой межгрупповой разницы и динамики ( $p > 0,05$ ). Между результатами всех подтестов была найдена достоверная корреляционная связь.

**Вывод.** При сравнении типов слуховых аппаратов наиболее информативен тест различения, результаты которого свидетельствуют о больших преимуществах RIC и CIC для данного контингента пациентов.

**Ключевые слова:** слуховые аппараты, сенсоневральная тугоухость, тест восприятия фонем.

## EXPERIENCE OF APPLYING PHONEME PERCEPTION TEST TO THE PROCESS OF HEARING AID SELECTION AND FITTING

G.Sh. Tufatulin

North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia

**Aim.** To study the effectiveness of phoneme perception test for evaluation of different hearing aids' types performance

**Methods.** Hearing aid was provided to 100 patients aged 45–59 years with bilateral chronic sensorineural moderate and moderate-to-severe hearing loss. 4 equal groups were formed depending on the type of a hearing aid — behind-the-ear with standard (BTE) and slim (BTEslim) tubes, receiver-in-the-canal (RIC), and completely-in-the-canal (CIC). All devices had comparable characteristics and were fitted monaurally. The efficacy was evaluated by phoneme perception test, which was performed before and 12 weeks after the correction (with and without the hearing aid).

**Results.** The detection test before correction revealed 38 deviations from the expected numbers, after 3-month adaptation — 28 without the device and 23 with it reflecting the significant dynamics compared to baseline parameters in CIC group ( $p < 0.05$ ). Grade of distinction before correction was 4.3 in average ( $\sigma=1.2$ ) without significant intergroup difference, after 3-month adaptation — 4.9 ( $\sigma=1.0$ ) without the device with significantly higher numbers in RIC group ( $p < 0.05$ ). In hearing aid the average result was 5.04 ( $\sigma=1.0$ ) with significantly higher numbers in RIC ( $p < 0.01$ ) and CIC ( $p < 0.05$ ) groups. The recognition test before correction revealed 35 deviations, after it — 24 without the hearing aid and 25 with it without significant intergroup difference and dynamics ( $p > 0.05$ ). There was significant correlation between all tests' results.

**Conclusion.** In comparison of the types of hearing aid the recognition test is the most informative and its results demonstrate advantages of RIC and CIC for such patient cohort.

**Keywords:** hearing aid device, sensorineural hearing loss, phoneme perception test.

Адрес для переписки: dr.tufatulin@mail.ru

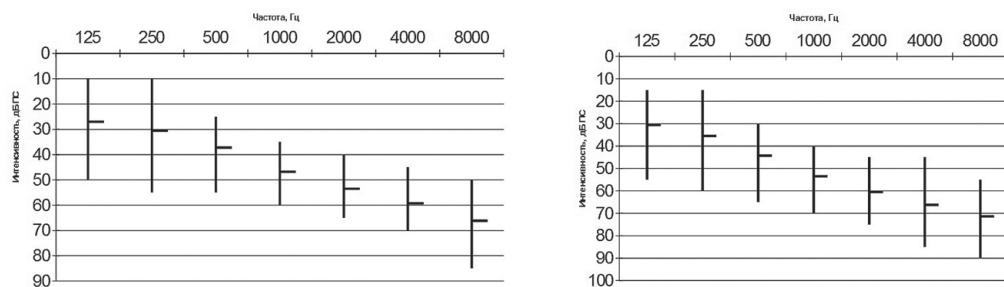


Рис. 1. Усреднённые аудиометрические кривые пациентов с диапазонами разброса: а — лучше слышащее (протезируемое); б — хуже слышащее ухо

Современные слуховые аппараты (СА) — сложные электронные устройства, призванные обеспечить пациенту аудиторные возможности, максимально близкие к физиологическим. Прогресс в технологиях слухопротезирования и появление новых возможностей реабилитации пациентов с тугоухостью диктуют потребность в надёжных и чувствительных методах оценки эффективности электроакустической коррекции слуха. В рутинной практике эта оценка зачастую сводится лишь к проведению речевой аудиометрии живой речью в свободном звуковом поле в тишине. Однако этот метод не всегда даёт прямые указания на необходимость изменений отдельных параметров настройки СА, часто не способен зафиксировать минимальные различия в звуковой перцепции при сравнении нескольких высокотехнологичных аппаратов.

В связи с этим в качестве оригинального вспомогательного метода оценки слуховой функции до и после слухопротезирования был разработан тест восприятия фонем (PPT — от англ. Phoneme Perception Test) [1]. PPT представляет собой независимый от языка речевой тест, основанный на тех же принципах, что и обычная речевая аудиометрия в свободном поле. Однако в отличие от последней PPT предлагает специалисту непосредственные рекомендации по настройке СА.

Целью теста — оценка восприятия средне- и высокочастотных фонематических звуков, имеющих определяющее значение в функции разборчивости речи, а также улучшение этого восприятия за счёт коррекции настройки СА в соответствии с результатами PPT. Тест даёт возможность сравнить различные варианты настройки, разные модели СА, его можно применять при любой степени снижения слуха. PPT отражает слуховой потенциал пациента в комплексе с плюсами и минусами настройки СА.

Метод представляет собой программное обеспечение, которое даёт возможность последовательного проведения трёх тестов: обнаружения, различения и распознавания [2, 3]. Тестируется диапазон 2–10 кГц и определяются способность к фонематическому различению, частотная дискриминация, адекватность настройки СА [4]. Преимущество PPT — его языковая универсальность, поскольку частота, ам-

плитуда, длительность и временная структура используемых фонем практически одинаковы во всех языках. Кроме того, в тесте отсутствует словесная и фразовая смысловая нагрузка [5].

Использование PPT в исследованиях, посвящённых эффектам нелинейной частотной компрессии в детском слухопротезировании, продемонстрировало его высокую чувствительность и большую достоверность по сравнению с другими общепринятыми методиками речевой аудиометрии [6, 7]. Отмечают, что большинство речевых тестов не чувствительно к изменениям на частотах 8 кГц и выше, где находится часть важной фонематической информации. В этом смысле PPT служит более подходящим инструментом, особенно при оценке эффективности коррекции с применением высокотехнологичных СА. [7]. Дело в том, что различные типы СА различаются (в том числе) и по ширине амплитудно-частотной характеристики (АЧХ), что наиболее существенно в области высоких частот. Однако в предыдущих исследованиях PPT не использовали для сравнения преимуществ различных типов СА. Нет данных и о применении PPT в российской практике слухопротезирования как перед коррекцией, так и для оценки её эффективности.

Целью настоящего исследования было сравнение эффективности электроакустической коррекции различными типами СА с применением метода PPT.

Было произведено слухопротезирование 100 пациентов, ранее не применявших СА, в возрасте от 45 до 59 лет с двусторонней хронической сенсоневральной тугоухостью 2–3-й степени, длящейся от 2 до 5 лет без резко отрицательной динамики за последний год (анамнестически), и идентичными конфигурациями аудиограмм (пологая или полого-нисходящая; рис. 1).

Пациенты были разделены на четыре равные группы в зависимости от выбранного типа СА: заушный классический (ВТЕ), заушный с тонким звуководом (ВТесlim), заушный с ресивером в ухе (РИС) и внутриканальный (СИС). Межгрупповые различия по возрастному и половому признакам были статистически незначимы ( $p > 0,05$ ). Усреднённые пороги по речевым частотам на протезируемом ухе у пациентов обследуемых групп составляли 49,15; 48,75; 49,75 и

49,05 дБ соответственно.

Сравнение с помощью критерия Манна–Уитни не показало статистически значимых различий между группами в значениях порогов на речевых частотах как на лучше слышащем, так и на хуже слышащем ухе ( $p > 0,05$ ).

СА были изготовлены одним производителем, имели идентичные технические характеристики (мощность, количество каналов, тип компрессии, набор функций). Различалась ширина частотного ответа: до 6,8 кГц в ВТЕ/ВТЕslim, до 8,5 кГц в RIC и до 7,9 кГц в CIC, что связано с длиной акустического тракта и расположением телефона в СА.

Аппараты настраивались монаурально на лучше слышащем ухе по формуле NAL-NL2 без активации функций частотного понижения. Верификация значений усиления проводилась при выполнении теста обратной связи и реального уха. Тестирование проводили в режиме всенаправленного микрофона. Для заушных аппаратов изготавливался индивидуальный ушной вкладыш (корпус ресивера), для CIC — индивидуальный корпус. Диаметр вента выбирали на основании аудиограммы.

Пациентам рекомендовали использовать СА ежедневно и не менее 8 ч в сутки. Соблюдение пациентом режима эксплуатации аппарата в периоде адаптации контролировалось счётчиком, встроенным в программу настройки слуховых аппаратов.

РРТ проводили с использованием программного обеспечения Phoneme Perception Test 2.1, Phonak AG. Использовали переднюю центральную (0°) колонку, расположенную на расстоянии 1 м от головы исследуемого. Перед каждым выполнением теста проводилась широкополосная и спектральная калибровка свободного звукового поля средствами, встроенными в РРТ.

Тест проводили:

- в свободном звуковом поле до слухопротезирования;
- в свободном звуковом поле без СА через 12 нед после подбора СА;
- в свободном звуковом поле со СА через 12 нед после подбора СА.

Последовательно проводили три подтеста.

1. *Тест обнаружения* подобен тональной аудиометрии в свободном звуковом поле, однако вместо чистых тонов используются глухие фриктивные фонемы «ш» с центральной частотой 3 кГц (мужской голос) и 5 кГц (женский голос), «с» с центральной частотой 6 кГц (мужской голос) и 9 кГц (женский голос). На основании аудиометрических порогов программой формируется область ожидаемого обнаружения фонем. Определялось соответствие ожидаемых и измеренных порогов. На основании этого теста можно сделать вывод о соответствии или несоответствии настроек, акустического сопряжения и самого СА потере слуха и необходимости дальнейшей оптимизации настроек.

2. *Тест различения* проводят для оценки

способности различать высокочастотные фонемы «с» и «ш». Предъявляются четыре фонемы, одна из которых отличается от остальных. Пациенту необходимо определить различающийся стимул. Данный тест позволяет диагностировать нарушение частотной селективности, при котором не следует ожидать большого эффекта от применения повышенного усиления или технологий понижения частоты в высокочастотной области. Он также помогает выявить недостатки в настройке СА, ограничения в его функционале, из-за которых у пациента ухудшается возможность различать близкие по частоте фонемы. Тест различения проводили после двух тренировочных серий. Сам тест включал две последовательности по пять серий. В каждой серии предъявлялось четыре звука: три одинаковых и один отличающийся от них. В качестве стимулов использовались фонемы «с» (6 кГц и 9 кГц), «ш» (5 кГц и 3 кГц). Исследуемым определялся различающийся стимул. Результат теста оценивался программой в каждой последовательности по 3-балльной шкале (таким образом, общая сумма 2 балла свидетельствовала о минимальном различении, 6 баллов — о максимальном).

3. *Тест распознавания* заключается в предъявлении логатомов из трёх фонем: «а» в начале и в конце, согласной в середине («ада», «афа», «аха», «ака», «ама», «аса» и «аша»). Пациента просят выбрать согласную, которую он услышал в середине слова. Интенсивность стимулов регулируется программой автоматически в соответствии с результатами теста обнаружения. Определялось соответствие порогов распознавания и обнаружения. Разницу 6 дБ и более рассчитывали как несоответствие порогов.

По результатам РРТ формировался комплексный отчёт, который включал соответствие порогов обнаружения степени снижения слуха (или разница по частотам с шагом  $\pm 5$  дБ), соответствие порогов распознавания порогам обнаружения (или превышение по частотам на 6 дБ и более), степень различения фонем (от 2 до 6).

РРТ также проводили при промежуточных настройках СА для корректировки параметров усиления. При этом учитывали рекомендации программы для достижения оптимальной настройки. Так, если по результатам теста обнаружения порог оказывался ниже ожидаемой области, то производилось уменьшение усиления в соответствующей частотной области, если выше — то выбирались более высокие значения усиления. При низком результате теста различения предпринимались попытки изменения параметров акустического сопряжения (диаметр вента, звуковода). Данные теста распознавания, как будет отмечено ниже, не дают прямых указаний на необходимость корректировки отдельных параметров настройки, а низкий результат может свидетельствовать о необходимости более длительной адаптации к СА.

Для итоговой оценки эффективности коррекции различными типами аппаратов исполь-

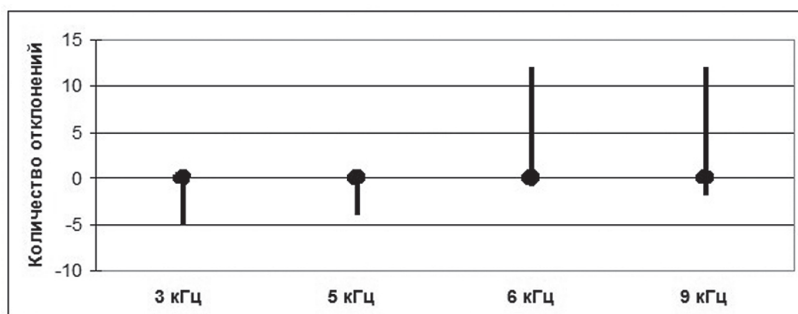


Рис. 2. Направленность отклонений в тесте обнаружения до слухопротезирования

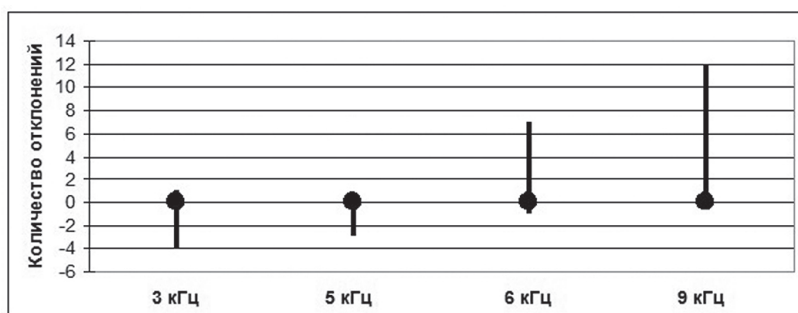


Рис. 3. Направленность отклонений в тесте обнаружения без слухового аппарата после 3-месячной адаптации

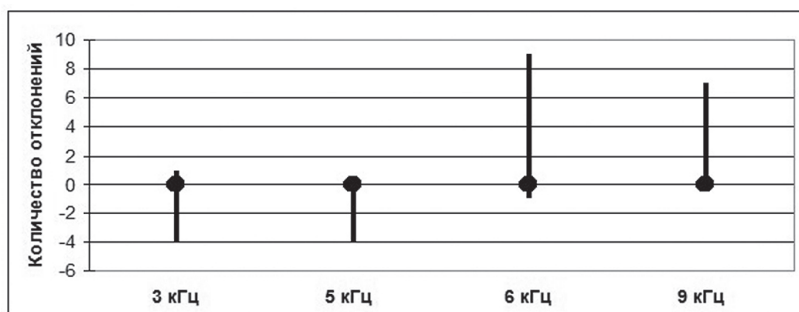


Рис. 4. Направленность отклонений в тесте обнаружения в слуховом аппарате

зовались результаты РРТ, полученные при окончательном обследовании пациента (после 12 нед адаптации, с оптимальной настройкой СА). Для статистической обработки данных использовали непараметрический метод.

**Результаты теста восприятия фонем**

*Тест обнаружения.*

До слухопротезирования выявлено отклонение порога обнаружения от ожидаемого значения у 28 пациентов из 100 (всего 38 отклонений), при этом отклонения не превышали 5 дБ. Распределение по частотам представлено на рис. 2. Значимых межгрупповых различий в количестве отклонений не обнаружено ( $p > 0,05$ ).

При проведении теста обнаружения без СА после 3 мес его использования количество отклонений снизилось до 28 с аналогичным частотным распределением (рис. 3).

Значимых межгрупповых различий в количестве отклонений также не выявлено ( $p > 0,05$ ). Анализ динамики результатов теста обнаруже-

ния до и после слухопротезирования без СА с помощью критерия Уилкоксона не показал достоверных сдвигов ( $p > 0,05$ ).

Тест обнаружения в СА выявил отклонения в 23 случаях: по 7 — в группах ВТЕ и ВТЕslim, 4 — в группе RIC, 5 — в группе СІС. Тенденция частотного распределения отклонений сохранялась (рис. 4).

Межгрупповых различий в тесте обнаружения со СА не было ( $p > 0,05$ ). Определена значимая отрицательная динамика в количестве отклонений со СА по сравнению с результатами до слухопротезирования в группе СІС ( $p < 0,05$ ).

*Тест различения.*

До слухопротезирования у пациентов степень различия в среднем составляла 4,3 балла ( $\sigma=1,2$ ) без значимой межгрупповой разницы ( $p > 0,05$ ). Проведение теста различения без СА после 3 мес его использования показало в среднем 4,9 балла ( $\sigma=1,0$ ) с достоверно более высокими показателями в группе RIC ( $p < 0,05$ ).

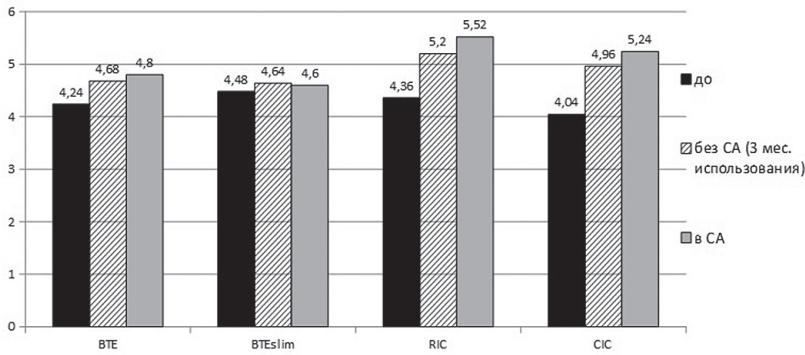


Рис. 5. Динамика результатов теста различения. Значения — средняя степень различения в группе. СА — слуховой аппарат

Выявлена корреляционная связь с результатами теста обнаружения без СА через 3 мес после слухопротезирования ( $r_s=0,254$ ).

В группах RIC и СИС прирост различения был достоверно более выражен (критерий Манна–Уитни,  $p < 0,05$ ). В СА средний результат теста различения оказался равным 5,04 балла ( $\sigma=1,0$ ). При этом наблюдалось достоверно более высокое различение в группе RIC ( $p < 0,01$ ) по сравнению с группами ВТЕ и ВТЕslim, а также в группе СИС ( $p < 0,05$ ) по сравнению с группой ВТЕslim.

Данные в СА коррелировали с результатом теста обнаружения в СА ( $r_s=0,315$ ). Анализ прироста степени различения в СА по сравнению с результатом до слухопротезирования показал значимую динамику во всех группах ( $p < 0,05$ ), кроме ВТЕ. Выраженность прироста в паре «различение в СА — различение до слухопротезирования» определялась критерием Манна–Уитни после введения коэффициента. В группах RIC и СИС прирост различения был достоверно более выражен ( $p < 0,05$ ; рис. 5).

*Тест распознавания.*

До слухопротезирования тест распознавания показал превышение над порогом обнаружения на 6 дБ у 28 пациентов (всего 35 случаев). Данные не демонстрировали значимой межгрупповой разницы ( $p > 0,05$ ), коррелировали с результатами теста обнаружения до слухопротезирования ( $r=0,42$ ,  $p < 0,05$ ).

После 3 мес использования СА тест распознавания без аппарата выявил отклонения у 19 пациентов (24 случая). Статистический анализ не выявил достоверной разницы в количестве отклонений между группами (критерий Манна–Уитни,  $p > 0,05$ ), а также значимой динамики по сравнению с тестом до слухопротезирования (критерий Уилкоксона,  $p > 0,05$ ). Результаты имели корреляционную связь с данными тестов обнаружения ( $r=0,489$ ) и различения ( $r=0,307$ ) без СА после 3 мес эксплуатации.

Тест распознавания в СА показал превышение над порогом обнаружения у 20 пациентов (25 случаев). Разница в количестве отклонений между группами была статистически незначимой (критерий Манна–Уитни,  $p > 0,05$ ). Анализ с применением критерия Уилкоксона не показал

статистической значимости сдвигов по сравнению с результатами теста без СА ( $p > 0,05$ ). Результаты теста распознавания в СА коррелировали с данными тестов обнаружения ( $r=0,519$ ) и различения ( $r=0,299$ ). Таким образом, данные теста распознавания не имели значимой динамики ни в одной из групп как до, так и после слухопротезирования.

**Обсуждение**

РРТ впервые применялся нами для сравнения эффектов различных типов СА в однородной выборке пациентов. Выбор этого нового для российской аудиологической практики метода был обусловлен необходимостью регистрации минимальных различий в фонематической перцепции и частотной селективности. На рис. 6 показано сравнение АЧХ рассматриваемых типов аппаратов применительно к спектральной форме звуков «с» и «ш», произнесённых женским (9 и 5 кГц соответственно) и мужским (6 и 3 кГц соответственно) голосами. Как видно, частотный диапазон ВТЕ и ВТЕslim не позволяет добиться адекватного усиления в области пиков спектральной плотности высокочастотных фонем. Частотный ответ RIC и СИС захватывает эти области.

Именно с этих позиций подходящим методом для сравнения СА с различным ответом в области терминальных частот стал РРТ.

В тесте обнаружения наибольшее количество отклонений от ожидаемого порога на всех этапах проведения выявлялось на частотах 6 и 9 кГц, при этом почти всегда порог восприятия фонем оказывался выше аудиометрического (ожидаемого) порога. На частотах 3 и 5 кГц складывалась обратная картина — большинство отклонений носило отрицательный характер, то есть порог обнаружения фонем оказывался ниже ожидаемого. Любопытно, что данная тенденция сохранялась и после слухопротезирования.

Динамика в количестве отклонений оказалась достоверно отрицательной только у пациентов с аппаратами СИС (по сравнению с результатами, полученными до коррекции), в группе RIC отрицательная динамика была близкой по выраженности. Это можно объяснить лучшими возможностями для восприятия высокочастот-

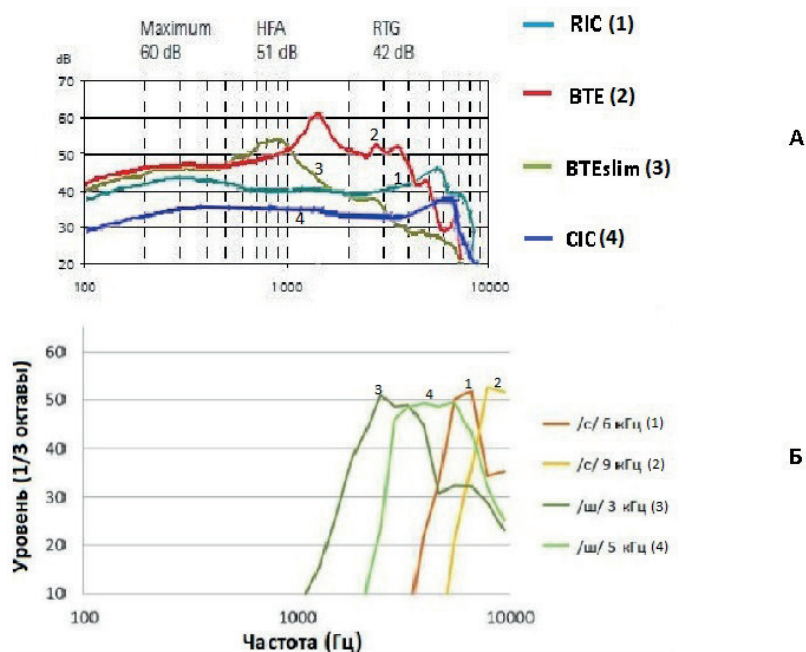


Рис. 6. А. Амплитудно-частотная характеристика аппаратов, применяемых в исследовании. Б. Спектральная форма звуков «с» и «ш», где пик — центральная часть фонемы

ных фонем в этих СА за счёт расширения АЧХ. Благодаря этому пороги обнаружения в СА чаще совпадают с ожидаемыми. Несмотря на малую ценность теста обнаружения для сравнения эффектов различных типов СА, он оказался полезным в процессе точной настройки аппаратов.

Тест различения оказался гораздо показательнее при сравнении различных типов СА. Даже при тестировании без СА пациенты, постоянно использующие RIC и CIC, продемонстрировали лучшие результаты — в среднем на 9% выше, чем в группах BTE и BTEslim. Это подтверждается и более выраженным приростом результатов в группах RIC и CIC по сравнению с первичными данными.

Ещё большая разница получена при тестировании в аппарате — в RIC и CIC различение оказалось в среднем на 14,5% лучше, чем в BTE и BTEslim. Более высокий прирост по сравнению с результатами до слухопротезирования также наблюдался в группах RIC и CIC.

В среднем за 3 мес различение улучшилось на 14% при тестировании без аппарата и на 17,2% при тестировании в аппарате.

Полученные нами результаты теста различения напрямую свидетельствуют о более высокой частотной селективности при слухопротезировании аппаратами RIC и CIC. Это находит своё прикладное значение: различение высокочастотных фонем играет важную роль в разборчивости речи, особенно в русском языке, который является нетональным — смысловая нагрузка ложится в основном на согласные [8]. Тест различения позволяет зафиксировать малейшие сдвиги в восприятии высокочастотных

фонем «с» и «ш», что даёт ценную информацию при выборе типа СА, параметров точной настройки. Данный метод можно рекомендовать к использованию в практике для контроля эффективности слухопротезирования наряду с классической речевой аудиометрией.

Тест распознавания проводили, чтобы оценить фонематическое восприятие логатомов в широком частотном диапазоне (3–9 кГц) и сопоставить его с порогом обнаружения отдельных фонем. Расхождение не превышало 6 дБ на всех этапах тестирования. Отмечена тенденция к повышению количества расхождений между результатами тестов обнаружения и распознавания с увеличением частоты фонем. Статистический анализ не показал связи между типом аппарата и частотой расхождения результатов этих двух тестов.

Также статистически была показана стабильность результатов теста распознавания на всех этапах исследования. Тест распознавания не даёт прямых указаний на необходимость изменения настроек СА, его отрицательные результаты могут свидетельствовать о необходимости адаптации. Однако в нашем исследовании и после постоянного 3-месячного использования СА результаты теста не продемонстрировали значимой динамики.

В данном направлении необходимы накопление данных и более длительное наблюдение за пациентами, использующими СА. Известно, что обнаружение и различение реализуются восходящими процессами, тогда как распознавание управляется нисходящими процессами. СА могут улучшить звуковосприятие, благода-

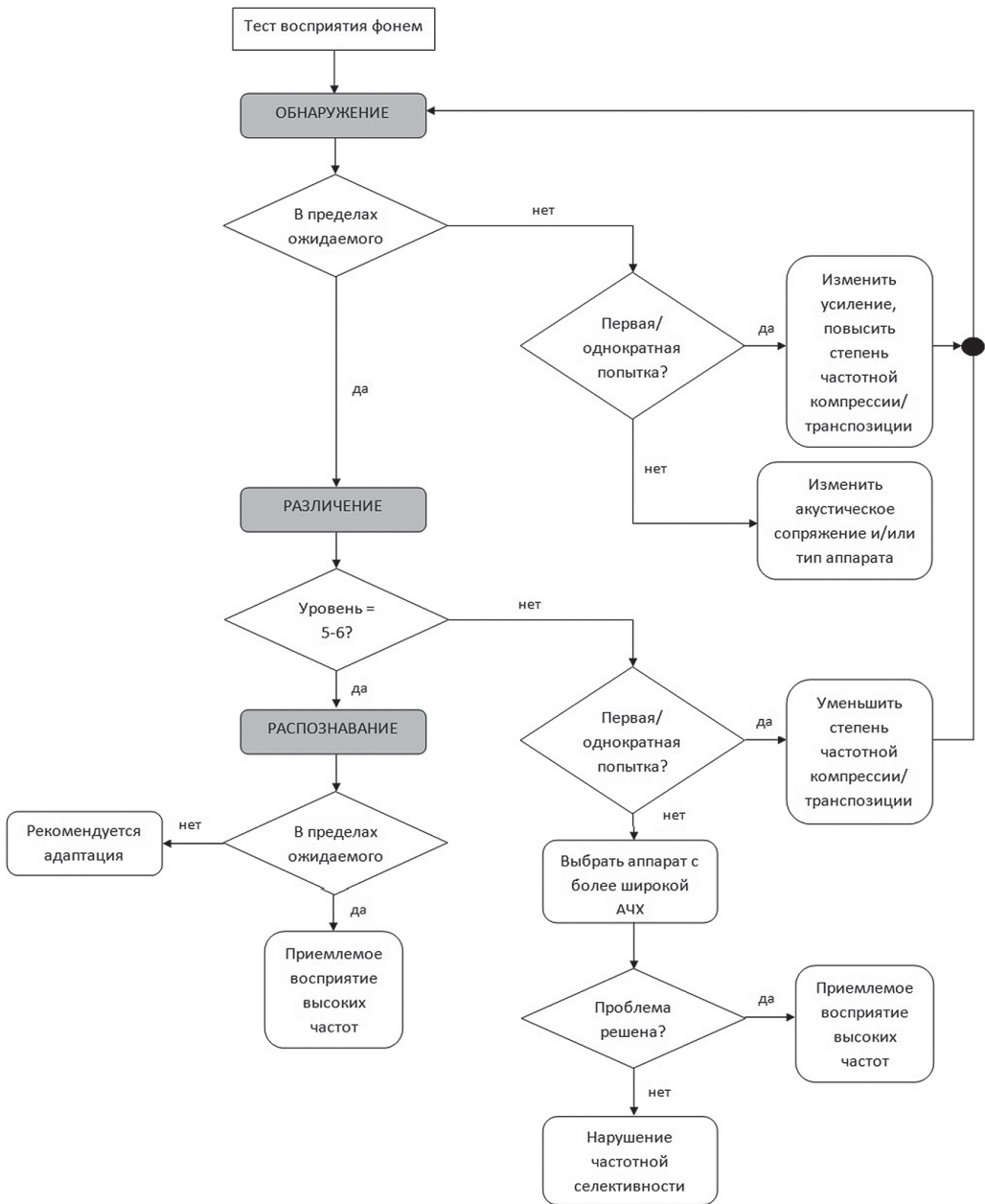


Рис. 7. Алгоритм принятия решений по результатам теста восприятия фонем (источник: www.phonak.com с дополнениями автора); АЧХ — амплитудно-частотная характеристика

ря чему обрабатываемые звуки становятся более различимыми. В результате улучшается и распознавание. Однако в ряде случаев слабослышащему человеку приходится предварительно «скорректировать» свою фонематическую память — данный процесс и называется адаптацией [5]. Этот факт демонстрируют полученные нами данные об улучшении различения даже без СА после адаптации.

Проведённое исследование позволяет рекомендовать при плохих результатах теста различения и неэффективности изменений в на-

стройках выбрать СА с более широкой АЧХ, что может привести к улучшению частотного различения у пациента. На рис. 7 представлена модифицированная нами схема разработчиков РРТ. В алгоритм принятия решений внесена возможность смены типа СА при неудовлетворительном результате теста.

Согласованность и воспроизводимость трёх подгестов РРТ подтверждается обнаруженной нами достоверной корреляцией между их результатами на всех этапах исследования. В ходе исследования выявлены следующие преимуще-

щества метода: простота выполнения, чёткость в интерпретации, языковая универсальность, прикладная значимость для настроек СА.

## ВЫВОДЫ

1. Тест восприятия фонем имеет диагностическую ценность для оценки эффективности слухопротезирования, коррекции настройки. Его можно применять для сравнения различных типов аппаратов в комплексе с другими методами.

2. Тест обнаружения полезен в процессе точной настройки, он указывает на необходимость поканального изменения усиления, смены акустического сопряжения и других параметров слухового аппарата. В процессе настройки и адаптации снижается число отклонений от ожидаемых значений, особенно при использовании внутриканальных аппаратов и аппаратов с ресивером в ухе.

3. После 3 мес адаптации различие улучшилось на 14% при тестировании без аппарата и на 17,2% при тестировании в аппарате по сравнению с первичными данными. Во внутриканальных аппаратах и аппаратах с ресивером в ухе показатели достоверно выше, что связано с особенностями их амплитудно-частотной характеристики. Результаты могут быть улучшены не только посредством изменений в настройках, но и путём смены типа аппарата.

4. Результаты теста распознавания оказались наиболее статичными, отражающими стойкие нарушения частотной селективности. Их коррекция требует длительной адаптации к слуховому аппарату.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Boretzki M., Kegel A. *The benefits of nonlinear frequency compression for people with mild hearing loss*. Phonak AG: Phonak Field Study News. 2009; 7.
2. Leifholz B., Eng S., Margolf-Hackl S., Kreikemeier J., Kießling. Wirkung von Frequenzkompression in Hörgeräten auf das Sprachverstehen und das subjektive Klangempfinden der Nutzer. *HNO*. 2013; 61 (4): 335–343. DOI: 10.1007/s00106-012-2613-z.
3. Meisenbacher K. *Entwicklung und Evaluation eines adaptiven Logatomtests zur Ermittlung der Konsonantenverständlichkeit*. In: Dipl. Arbeit, Fachhochschule Oldenburg. 2008.
4. Wolfe J., John A., Schafer E. et al. Evaluation of nonlinear frequency compression for school-age children with moderate to moderately severe hearing loss. *J. Am. Acad. Audiol.* 2010; 21 (10): 618–628. DOI: 10.3766/jaaa.21.10.2.
5. *Тест восприятия фонем 2.0*. [https://www.phonakpro.com/content/dam/phonak/gc\\_ru/b2b/ru/tools/\\_documents/PPT\\_Manual\\_RU.pdf](https://www.phonakpro.com/content/dam/phonak/gc_ru/b2b/ru/tools/_documents/PPT_Manual_RU.pdf) (дата обращения: 05.07.2016). [*Phoneme perception test 2.0*. [https://www.phonakpro.com/content/dam/phonak/gc\\_ru/b2b/ru/tools/\\_documents/PPT\\_Manual\\_RU.pdf](https://www.phonakpro.com/content/dam/phonak/gc_ru/b2b/ru/tools/_documents/PPT_Manual_RU.pdf) (access date: 05.07.2016).]
6. John A., Wolfe J., Scollie S. et al. Evaluation of wideband frequency responses and nonlinear frequency compression for children with cookie-bite audiometric configurations. *J. Am. Acad. Audiol.* 2014; 25 (10): 1022–1033. DOI: 10.3766/jaaa.25.10.10.
7. Jones C. Sound bytes on Sound Recover. *Audiology Online*. 2014; article 12552. <http://www.audiologyonline.com> (access date: 15.09.2016).
8. Аванесов Р.И. *Фонетика современного русского литературного языка*. М.: Издательство Московского ун-та. 1956; 240 с. [Avanesov R.I. *Fonetika sovremennogo russkogo literaturnogo jazyka*. (Phonetics of the modern Russian language.) М.: Izdatel'stvo Moskovskogo un-ta. 1956; 240 p. (In Russ.)]