

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ПЕРВЫЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА И.П. ПАВЛОВА»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

УДК: 616.28-008.1-079-08

ЖИЛИНСКАЯ

Екатерина Викторовна

**ДИАГНОСТИКА И КОРРЕКЦИЯ НАРУШЕНИЙ
РАЗБОРЧИВОСТИ РЕЧИ ПРИ ТУГОУХОСТИ**

14.01.03 – Болезни уха, горла и носа

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

Мария Юрьевна Бобошко

доктор медицинских наук, доцент

Санкт-Петербург – 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 4 |
| Глава 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ | 11 |
| 1.1 Морфофункциональные основы восприятия речи..... | 11 |
| 1.2 Методы оценки речевой разборчивости..... | 15 |
| 1.3 Разборчивость речи при патологии слуховой системы | 26 |
| 1.3.1 Разборчивость речи при разных степенях и формах тугоухости | 26 |
| 1.3.2 Восприятие речи при центральных слуховых расстройствах... | 31 |
| 1.4. Речевая разборчивость в разных возрастных группах..... | 33 |
| 1.5. Способы реабилитации при нарушениях разборчивости речи..... | 38 |
| Глава 2 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АППАРАТУРЫ, МЕТОДИК И КОНТИНГЕНТА ИСПЫТУЕМЫХ..... | 44 |
| 2.1 Методы аудиологического обследования | 44 |
| 2.1.1 Неречевые методы оценки слуха | 44 |
| 2.1.2 Речевые методы тестирования..... | 47 |
| 2.2 Слуховая тренировка как метод реабилитации при нарушениях речевой разборчивости..... | 50 |
| 2.3 Объем исследований. Контингент испытуемых..... | 52 |
| 2.4 Методы статистической обработки результатов | 54 |
| Глава 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ РАЗБОРЧИВОСТИ РЕЧИ У ЛИЦ РАЗНОГО ВОЗРАСТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАЛИЧИЯ И СТЕПЕНИ ВЫРАЖЕННОСТИ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ И ЦЕНТРАЛЬНЫХ СЛУХОВЫХ РАССТРОЙСТВ | 55 |
| 3.1 Результаты неречевых методов оценки слуха | 55 |
| 3.2 Результаты речевого тестирования..... | 64 |
| 3.2.1 Оценка разборчивости односложных слов в тишине | 64 |

| | |
|---|-----|
| 3.2.2 Тест чередующейся бинаурально речью | 65 |
| 3.2.3 Дихотический числовой тест | 67 |
| 3.2.4 Адаптивный матриксный фразовый тест RUMatrix в тишине и на фоне шума | 69 |
| Глава 4 РЕЗУЛЬТАТЫ РЕЧЕВОГО ТЕСТА С ВЕРБАЛЬНЫМИ ЗАДАНИЯМИ И МОТОРНЫМ ОТВЕТОМ | |
| 77 | |
| Глава 5 РЕЗУЛЬТАТЫ РЕАБИЛИТАЦИИ ПРИ НАРУШЕНИИ РЕЧЕВОЙ РАЗБОРЧИВОСТИ | |
| 81 | |
| 5.1 Результаты слуховой тренировки у испытуемых молодого возраста с различными нарушениями слухоречевой функции | 81 |
| 5.2 Результаты слуховой тренировки у лиц старших возрастных групп с сенсоневральной тугоухостью | 88 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 93 |
| ВЫВОДЫ | 100 |
| ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ | 101 |
| СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ | 102 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | 103 |

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) к настоящему времени в мире насчитывается 360 млн. людей с нарушениями слуха, а среди лиц старше 65 лет приблизительно треть страдает инвалидизирующей тугоухостью [187].

Одна из основных проблем пациентов со снижением слуха, существенно ухудшающая их качество жизни, – нарушение разборчивости речи, ведущее к социальной изоляции больных. Принято считать, что подавляющее большинство случаев нарушения разборчивости речи обусловлено периферическими расстройствами (на уровне улитки), однако все больше исследований доказывают высокую распространенность снижения разборчивости речи центрального генеза, при этом пороги слуха пациентов по результатам тональной пороговой аудиометрии могут быть даже в пределах нормы. Особенно высока частота встречаемости центральных слуховых расстройств у лиц пожилого и старческого возраста: они имеют место у 74% лиц старше 55 лет [147].

На настоящий момент не разработано эффективного медикаментозного лечения дисфункций центральной нервной системы, приводящих к нарушению разборчивости речи [38], поэтому даже при хорошо настроенном слуховом аппарате проблемы пациентов в общении зачастую остаются нерешенными. Это вызывает необходимость поиска новых подходов к диагностике и коррекции нарушений разборчивости речи у пациентов с хронической сенсоневральной тугоухостью.

Степень разработанности темы исследования

Исследование нарушений разборчивости речи занимает существенное место в сурдологии и неврологии; отмечен прогресс в направлении создания новых

методов диагностики и коррекции данных расстройств. Накапливающиеся научные и клинические данные увеличивают наше понимание причин нарушений разборчивости речи, в том числе центрального генеза, механизмов их возникновения, возможностей компенсации дефицита. Число исследований и публикаций, посвященных центральным слуховым расстройствам, включающим нарушение разборчивости речи, в последние годы значительно увеличилось, что показывает растущий интерес к этой теме, критериям постановки диагноза и способам реабилитации [38]. Однако большинство исследований и публикаций проводятся в зарубежных странах и преобладающее количество методик диагностики и коррекции разработано для англоязычных пациентов, в России же на данный момент этой теме не уделяется достаточного внимания, существует немного доступных апробированных тестов и методик реабилитации.

Поиск более точных методик диагностики нарушений разборчивости речи, способов коррекции дефицита приведет к увеличению эффективности реабилитации.

Цель исследования – повышение эффективности топической диагностики и реабилитации при нарушениях речевой разборчивости у пациентов с хронической сенсоневральной тугоухостью.

Задачи исследования:

1. Посредством адаптивного русского матричного фразового теста (RUMatrix) в тишине и на фоне шума оценить разборчивость речи у лиц разного возраста с нормальными порогами слуха и при различной степени хронической сенсоневральной тугоухости.
2. Определить наличие корреляции результатов речевых и неречевых аудиологических тестов с возрастом и степенью снижения слуха испытуемых.
3. Провести апробацию фразового теста с вербальными заданиями и моторным ответом (VTMR – Verbal Tasks and Motor Responses).

4. Разработать для русского языка методику слуховой тренировки для улучшения речевой разборчивости, провести ее апробацию.

Научная новизна исследования

Впервые в России апробирован и применен адаптивный русский матриксный фразовый тест для оценки речевой разборчивости лицам разного возраста с хронической сенсоневральной тугоухостью и нормальными порогами слуха.

Впервые в России произведена апробация фразового теста с вербальными заданиями и моторным ответом для обследования лиц пожилого возраста с нарушениями слуха или когнитивным дефицитом.

Впервые в России разработана и апробирована методика слуховой тренировки для улучшения речевой разборчивости у лиц пожилого возраста с хронической сенсоневральной тугоухостью.

Теоретическое и практическое значение работы

Теоретическая значимость исследования заключается в получении новых данных, касающихся функционирования слуховой системы у лиц разного возраста с хронической сенсоневральной тугоухостью и нормальными порогами слуха, анализа корреляций между показателями разборчивости речи и отдельными психоакустическими функциями слуховой системы.

Практическая значимость определяется внедрением новых методов речевой аудиометрии (адаптивный русский матриксный фразовый тест RUMatrix и фразовый тест с вербальными заданиями и моторным ответом VTMR) с отработкой методики их проведения. Полученные данные способствуют улучшению диагностики нарушений разборчивости речи, прогнозирования эффективности слухопротезирования.

Разработанная методика слуховой тренировки для коррекции нарушений разборчивости речи у лиц пожилого возраста с хронической сенсоневральной

тугоухостью способствует социализации пациентов с тугоухостью, расширению возможностей использования слуховых аппаратов и повышению качества жизни в целом.

База проведения исследования – лаборатория слуха и речи НИЦ ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский Государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Минздрава РФ, сурдологическое отделение СПб ГБУЗ «Городской гериатрический Медико-социальный центр».

Методология и методы исследования

Работа выполнена в дизайне проспективного продольного исследования. Использовались клинические, аудиологические, вербально-коммуникативные и статистические методы исследования.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту

1. Для оценки разборчивости речи наиболее эффективным инструментом является адаптивный русский матриксный фразовый тест (RUMatrix) на фоне шума, который позволяет оценить состояние коммуникативного статуса пациента в условиях реальной жизни.
2. Фразовый тест с вербальными заданиями и моторным ответом эффективен для оценки разборчивости речи у лиц с нарушениями когнитивных функций и контроля эффективности слухопротезирования у лиц старческого возраста.
3. В процесс реабилитации пациентов с нарушениями разборчивости речи необходимо включать специальную программу слуховой тренировки, составленную с учетом индивидуальных особенностей функционирования слуховой системы.

Внедрение результатов исследования

Результаты исследования внедрены в научно-исследовательский процесс лаборатории слуха и речи НИЦ ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова», а также в практическую деятельность при обследовании и ведении пациентов в сурдологопедическом кабинете ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» и сурдологическом отделении Санкт-Петербургского государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Городской гериатрический медико-социальный центр».

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность результатов исследования подтверждается достаточным объемом наблюдений. Обследовано 183 человека. Использованы принципы рандомизации, стратификации, сравнения с контролем, дифференцированного статистического анализа полученных результатов.

Основные материалы диссертации доложены и обсуждены на XI Российском конгрессе оториноларингологов (Москва, ноябрь 2012); VI конференции-школе, посвященной памяти чл.-корр. АН СССР Г.В. Гершуни (Санкт-Петербург, ноябрь 2013); III Петербургском Форуме оториноларингологов России (Санкт-Петербург, апрель 2014); научно-практической конференции с международным участием «Биологические и социальные основы коммуникации» (Санкт-Петербург, октябрь 2014); XIII Российском конгрессе оториноларингологов «Наука и практика в оториноларингологии» (Москва, ноябрь 2014); научно-практической конференции «Современные методы диагностики нарушений слуха и реабилитации больных с различными формами тугоухости и глухотой» (Москва, декабрь 2014); VIII научно-практической конференции с международным участием «Нарушения слуха и современные технологии реабилитации» (Санкт-Петербург, март 2014); IV Петербургском

Форуме оториноларингологов России (Санкт-Петербург, апрель 2015); 6-м Национальном конгрессе аудиологов, 10-м Международном симпозиуме «Современные проблемы физиологии и патологии слуха» (Суздаль, май 2015); 12-м конгрессе EFAS (Стамбул, май 2015); XIV Российском конгрессе оториноларингологов «Наука и практика в оториноларингологии» (Москва, ноябрь 2015); Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня основания ин-та физиологии им. И.П. Павлова РАН «Современные проблемы физиологии высшей нервной деятельности, сенсорных и висцеральных систем» (СПб – Колтуши, декабрь 2015); Всероссийской научно-практической конференции «ФГОС как условие совершенствования качества образования в современной дошкольной образовательной организации. Общие проблемы инклюзивного образования» (Гатчина, март 2016); XIX съезде оториноларингологов России (Казань, апрель 2016); X международной научно-практической конференции «Высокие технологии, фундаментальные и прикладные исследования в физиологии и медицине» (Санкт-Петербург, апрель 2016); Круглом столе с международным участием «Новое понимание проблем абилитации и реабилитации» (Санкт-Петербург, май 2016); XXXIII всемирном конгрессе аудиологии (Ванкувер, сентябрь 2016); XV Всероссийском совещании с международным участием, посвященном памяти академика Л.А. Орбели и 60-летию ИЭФБ РАН (Санкт-Петербург, октябрь 2016).

Публикации результатов исследования

По теме диссертации опубликовано 37 печатных работ, в том числе 16 статей, из которых 13 – в журналах, рекомендуемых ВАК для публикации статей, содержащих материалы диссертаций.

Личный вклад автора в проведенное исследование

Автором работы были изучены данные отечественной и зарубежной литературы по рассматриваемой проблеме. Разработан дизайн исследования

и карты обследования пациентов. Автор самостоятельно проводила обследование пациентов, участвовала в проведении слуховой тренировки. Доля участия автора в сборе информации, обобщении и анализе материала составляет более 90%.

Объем и структура работы

Диссертация изложена на 120 страницах машинописного текста. Состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, библиографии и приложений. Список литературы включает 195 источников, в том числе 13 отечественных и 182 иностранных. Работа иллюстрирована 7 таблицами и 12 рисунками.

Глава 1

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Морфофункциональные основы восприятия речи

Речь является одной из сложнейших человеческих функций. Без речи существование человеческого общества немыслимо. Восприятие речи обеспечивает, прежде всего, слуховой анализатор, преобразующий звуковые сигналы в электрические импульсы, а затем производящий их обработку. Проводящие нервные пути слухового анализатора начинаются в улитке внутреннего уха, идут в составе слухового нерва в кохлеарные ядра, верхний оливарный комплекс (где осуществляется конвергенция информации от обеих ушей), нижние бугорки среднего мозга, медиальное коленчатое тело и оканчиваются в поперечной височной извилине (извилине Гешля), которая является первичной (проекционной) слуховой зоной коры. Слуховая кора не только принимает и обрабатывает звуковые стимулы, но и модулирует эфферентную импульсацию, образуя петлю обратной связи к таламусу, среднему мозгу и далее к нижним отделам, благодаря которой кора способна «отбирать» или изменять относительную силу входящего сигнала [172].

Если рассматривать вопрос в широком смысле, мы «слышим» мозгом. Уши, т.е. периферический отдел слухового анализатора, выполняют лишь функцию проведения звуковой информации к головному мозгу. Среди корковых зон, ответственных за речь, особенное значение имеют центр Вернике, расположенный в левой височной доле мозга, и центр Брока, расположенный в нижней части левой лобной доли мозга. Центр Вернике, отвечающий за понимание речи, является слуховым центром речи (вторичное слуховое поле). Он занимает заднюю треть верхней височной извилины кзади от первичной слуховой коры и часть нижней теменной доли. Основная его функция – преобразование слуховых сигналов в нейронные коды слов, которые активируют

соответствующие образы или понятия. По цитоархитектонической классификации Бродмана первичная слуховая кора обозначается как поле 41, а поле Вернике как поле 22. Именно в поле Вернике сигналы, вызванные речью, направляются из первичной слуховой коры. Повреждения этой области влияют на способность человека воспринимать звуки речи как лингвистически значимые, что ведет к сенсорной афазии: больной все слышит, но не понимает речь, не понимает он и тех слов, которые произносит сам. В результате его собственная речь характеризуется отсутствием смысла. Часто такие больные не могут также читать про себя и вслух, плохо воспринимают музыку [13].

Зона Брока представляет собой двигательный центр речи, при его разрушении нарушается речевая артикуляция: человек понимает все услышанное, но сам не в состоянии произнести ни одного слова. Сохраняется лишь способность издавать отдельные звуки. Зона Брока располагается в латеральной префронтальной области (поля 44, 45), граничит с местом представительства нижней половины лица моторной коры. У человека большого развития достигает также поле 46, непосредственно примыкающее к зоне Брока. Предполагают, что его роль состоит в обеспечении восприятия ритмической последовательности звуков – этапа, необходимого для становления речи в онтогенезе. Зоны Брока и Вернике, объединенные дугообразным пучком, образуют систему, отвечающую за речь [13].

Установлено, что у большинства людей область Вернике левого полушария по своей площади достоверно больше, чем симметричная область правого полушария. Эти различия имеются уже у новорожденных, что указывает на генетическую предопределенность морфологической и функциональной асимметрии головного мозга человека [125]. Считается, что слуховые области правого полушария ответственны за кодирование акустического контура стимула и определение высот, а левое полушарие – за лингвистическую обработку [126]. Результаты позитронно-эмиссионной томографии и функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) подтверждают преимущественную активацию левого полушария при обработке речевого стимула и правого полушария при обработке музыкального стимула [27].

Помимо традиционно слуховых регионов, области головного мозга, которые активируются при действии речевого сигнала, включают амигдалу, стриатум, лобные доли [168]. Важную роль играет мозолистое тело – широчайшая комиссура головного мозга, ответственная за перенос информации из одного полушария в другое. При патологии мозолистого тела монауральное слушание остается в норме, а дихотическое, требующее межполушарного обмена информацией, нарушается [130]. Как показали исследования на пациентах с хирургически рассеченным мозолистым телом, при этом происходит серьезный дефицит вербального ответа от левого уха при дихотическом слушании, поскольку для распознавания вербального стимула требуется передача информации к левому полушарию через мозолистое тело, а также происходит билатеральное ухудшение распознавания частотно-временных параметров стимула [132].

В литературе описан случай пациента с двусторонним повреждением островка (островок, *insula* – небольшой участок коры головного мозга, расположенный в глубине боковой борозды, прикрытый краями лобной, височной и теменной долей и отделенный от соседних областей круговой бороздой) и сохранной извилиной Гешля, у которого развилась центральная глухота, что указывает на важность сохранности функций островка в восприятии звуковой информации [133].

Слуховые пути, идущие от кохлеарных ядер, в основном переkreщиваются и в итоге достигают контралатерального полушария, хотя часть путей идет и ипсилатерально. Если повреждение происходит на уровне кохлеарных ядер или нижних и средних уровней моста головного мозга, дефицит выполнения тестов обычно выявляется на ипсилатеральной повреждению стороне, или он билатеральный. Вовлечение верхних отделов моста и более ростральных областей приводит к дефициту на контралатеральное повреждению ухо. Повреждения коры проявляются в контралатеральном дефиците, при условии, что не вовлечено мозолистое тело [101, 130].

Исследования показали, что, наряду с сенсорными и когнитивными факторами, на восприятие речи влияет лимбическая система, связанная

с механизмами вознаграждения и мотивации, обработкой слуховой информации и еще больше – со слуховым обучением [44]. Опыты на животных доказали, что возникновение связей между звуковым стимулом и наградой или стимулом и поведенческим ответом подразумевает развитие пластических изменений в первичной слуховой коре, связанных с функционированием системы вознаграждения (холинэргической активностью) мозга [184]. Хотя исследований на человеке пока проведено недостаточно, имеющиеся данные предполагают, что вознаграждение и мотивация оказывают значительное влияние на слуховое обучение и у человека [115]. Более того, эмоциональное состояние влияет на функционирование коры головного мозга [105], а, следовательно, и на понимание речи, при этом слуховые вызванные потенциалы (СВП) отражают восприятие вокальных выражений эмоций [123].

Таким образом, благодаря многочисленным исследованиям, уже не вызывает сомнения, что восприятия речи – сложный процесс, требующий функционирования не только изолированно слуховой системы. Любая операция, выполняемая над потоком слуховой нейрональной информации, вовлекает в действие регионы головного мозга, находящиеся за пределами классической центральной слуховой системы. Это подтверждается анатомическими исследованиями, показывающими наличие связи между центральной слуховой системой и лимбической системой [175], моторной системой [149], пространственной системой внимания [148], префронтальной корой [60]. Таким образом, процессы, необходимые для полноценного общения, такие как сортировка конкурентно активных источников звука, классификация какого-либо звука как похожего или отличающегося от других, различение временной последовательности сигналов, идентификация звука, установление эмоционального ответа на звук, требуют активности многих регионов головного мозга.

Восприятие речи начинается с качественного восприятия речевого сигнала, за которое отвечает острота периферического слуха, и требует вовлечения сложных процессов, начиная с анализа акустических компонентов речевого сигнала в улитке и переходя в семантический и синтаксический анализ,

затрагивающий слуховую и когнитивную функции центральной нервной системы (ЦНС). Стадии восприятия речевой информации показаны на рисунке 1. Дефицит на любой стадии обработки может привести к снижению разборчивости речи.



Рисунок 1 – Факторы, влияющие на разборчивость речи [38].

Принципиально, восприятие речи – это процесс взаимодействия периферического слуха, центральной обработки слуховой информации и когнитивных механизмов [144], поэтому нарушения разборчивости речи встречаются и при сохраненных порогах слуха, а у больных с сенсоневральной тугоухостью даже при адекватном слухопротезировании часто не удается достигнуть стопроцентной разборчивости речи.

1.2 Методы оценки речевой разборчивости

Методика, позволяющая осуществлять количественную оценку разборчивости речи, получила название речевой аудиометрии. В качестве тестирующих сигналов в речевой аудиометрии могут использоваться слоги, слова или целые предложения.

Речевая аудиометрия выполняется после выяснения анамнеза и обследования состояния периферического отдела слухового анализатора (требуется отоскопия, тональная пороговая аудиометрия, импедансометрия). При сборе анамнеза следует уточнить у пациента его способность к пониманию речи в различных обстановках (на фоне шума, при общении в группе), способность к восприятию музыки, локализации звука, наличие звона или шума в ушах и слуховых галлюцинаций, состояние памяти пациента, способность к концентрации внимания [38]. Если пациент предъявляет жалобы на снижение разборчивости речи, необходимо выяснить, возникли ли симптомы остро (например, после острого нарушения мозгового кровообращения) или имели постепенный прогрессирующий характер (что наводит на мысль о постепенных дегенеративных изменениях головного мозга) или эти симптомы присутствовали у пациента всю жизнь с детства (что свидетельствует о нарушении развития).

Самый простой и общедоступный способ речевой аудиометрии – исследование «живой» речью; при этом определяется, на каком расстоянии пациент способен воспринимать шепотную или разговорную речь или крик на исследуемое ухо при закрытом втором. Результаты подобного исследования не всегда достоверны, поскольку сильно зависят от дикции исследователя, громкости, с которой тот произносит слова. Врачи могут непроизвольно повышать громкость шепотной и разговорной речи, особенно, когда они ожидают от испытуемого лучших результатов, например, после слухоулучшающих операций [4]. В качестве тестирующего материала в основном используются двузначные числа, что удобно тем, что исследователю не приходится заучивать специальные списки слов. Таким образом, несмотря на доступность исследования слуха «живой речью», этот метод имеет весьма существенные недостатки, главными из которых являются трудность сохранения интенсивности речи исследуемого на постоянном уровне и невозможность дозированного изменения ее интенсивности в показателях, соизмеримых с тональными [2].

Необходимость стандартизации речевой аудиометрии привела к созданию методик, при которых используется не «живая», а записанная на носитель речь;

в настоящее время такими носителями, в основном, являются компакт-диски. При таком подходе к речевой аудиометрии есть возможность точной регулировки интенсивности подаваемого речевого материала, количественного отражения результата, использования общепринятого стандартизованного стимула при тестировании.

Для проведения речевой аудиометрии необходимо следующее оборудование:

1) клинический двухканальный аудиометр, позволяющий дозированно менять интенсивность речевого сигнала в дБ, а при выполнении бинауральных тестов – подавать сигнал на оба уха (одновременно или последовательно);

2) воспроизводящее устройство (CD или DVD- проигрыватель), подключаемое к аудиометру, и компакт-диск с записью предъявляемого фонетического материала (артикуляционных таблиц);

3) акустические излучатели: головные телефоны воздушного проведения для правого и левого уха; динамические громкоговорители (звуковые колонки) для выполнения речевой аудиометрии в свободном звуковом поле; костный телефон для оценки речевой разборчивости в костно-тканевом режиме.

Также речевая аудиометрия может выполняться с использованием компьютера (ноутбука) со специальной звуковой картой и головных телефонов или звуковых колонок [2].

В качестве речевого материала используются записанные мужским или женским голосом артикуляционные таблицы, составленные с учетом фонетических особенностей языка и состоящие из слогов, слов или предложений. Громкость записываемого материала контролируется в звукозаписывающей студии специальной аппаратурой. Речевой материал, представленный слогами, например, предложенный Н.Б. Покровским (1962), не получил широко распространения. Исследование посредством предъявления фраз также используются в России нечасто; большее распространение они получили в иностранной практике при усложненной речевой аудиометрии, например в тестах HINT (Hearing in Noise Test), SSI-ICM (Synthetic Sentence Identification with

Ipsilateral Competing Message) и других. В нашей стране фразовый материал стал шире использоваться не так давно, в частности, для оценки эффективности слухопротезирования, в том числе кохлеарной имплантации [5]. Наиболее широкое распространение в России получили словесные артикуляционные таблицы.

В классической речевой аудиометрии результатом является график зависимости разборчивости речи от интенсивности подаваемого речевого сигнала, который получил название кривой разборчивости речи или артикуляционной кривой [1]. На этом графике по оси ординат отражается разборчивость слов в процентах, а по оси абсцисс – интенсивность сигнала в дБ. При интерпретации результатов оценивается сдвиг речевой аудиограммы по горизонтали, наклон кривой вправо по вертикали.

Однако построение речевой аудиограммы требует затраты довольно большого количества времени, поэтому на практике используется редко. Вместо этого определяют процент разборчивости слов (чаще односложных) на комфортном уровне громкости. Тест по оценке разборчивости односложных слов является ориентировочным и не может считаться достаточно чувствительным для выявления патологий слуховой системы. Для этих целей была создана сенсibilизированная речевая аудиометрия или аудиометрия речевыми сигналами в условиях, затрудняющих их различение [7], при которой используются преобразованные речевые сигналы (прошедшие частотные фильтры, ускоренные во времени) или неизмененные речевые сигналы, подаваемые на фоне помехи.

Тесты усложненной речевой аудиометрии могут быть разделены на следующие группы:

1. монауральные низкоизбыточные речевые тесты;
2. дихотические речевые тесты;
3. тесты бинаурального взаимодействия.

1. Монауральные низко избыточные речевые тесты

Для полноценной обработки речевых сигналов, являющихся сложной акустической информацией, слуховая система обладает характеристикой

избыточности, как и другие сенсорные отделы ЦНС. Избыточность необходима для нивелирования помех и нейронального шума, неизбежно возникающих при передаче информации. Избыточность облегчает слуховую обработку и делает ее более точной. Можно выделить два вида избыточности: 1) внешняя избыточность – это характеристика речевого сигнала. Она является результатом множественных и перекрывающихся акустических (частота, интенсивность, временные параметры) и лингвистических (фонемических, просодических, морфологических, синтаксических и семантических) ключевых моментов [142]; 2) внутренняя избыточность возникает благодаря строению и физиологии центральных отделов слуховой системы, в которой множественные параллельные и последовательные пути одновременно отвечают за передачу информации [79]. Сочетание нормальной внутренней избыточности (правильное функционирование центральной слуховой системы) с нормальной внешней избыточностью приводит к полноценному пониманию речевого стимула. При снижении внешней избыточности человек с нормальной внутренней избыточностью обладает способностью заполнять пробелы звукового стимула с помощью навыков слухового восполнения и достигать хорошего понимания речи. При снижении внутренней избыточности (что является следствием дисфункции центральной слуховой системы), но сохраняющейся внешней избыточности стимула, также можно ожидать нормального понимания стимула. Однако при снижении и внутренней, и внешней избыточности возникает существенное нарушение восприятия речи.

Целью монауральных низкоизбыточных тестов является выявление нарушений внутренней избыточности центральной слуховой системы. Тесты этой группы относятся к одним из самых используемых тестов для оценки центральных слуховых расстройств [127]. Их легко использовать, легко подсчитывать и интерпретировать результаты.

Существует несколько путей уменьшения внешней избыточности:

1) изменение частотного спектра речи (например, речь, прошедшая через низкочастотный спектр), как в тесте фильтрованных слов SCAN [106];

2) изменение временных параметров речи (ускоренная речь); 3) добавление фонового шума.

При исследовании речью на фоне ипсилатеральной помехи речевой сигнал звучит на фоне маскера, в качестве которого могут выступать различные виды шума (белый шум, шум дождя, ветра, транспорта и т.п.) или конкурирующие речевые сигналы. Ключевой фактор при тестировании речью в шуме – отношение сигнал-шум (signal-to-noise ratio – SNR), показывающее, насколько уровень сигнала превосходит уровень шума в децибелах. Взрослым для полноценного понимания речи требуется отношение сигнал-шум +6 дБ, для детей это отношение должно быть больше вследствие неврологической незрелости и отсутствия накопленного жизненного опыта слушания [25].

Тестирование речью на фоне шума широко используется в зарубежной практике. Разработано большое количество тестов на английском языке, среди них наиболее распространенные HINT (Hearing in Noise Test), Quick SIN (Quick Speech In Noise test, быстрый тест речи в шуме), CST (Connected Speech Test, тест связной речи), SPIN (Speech Perception In Noise test, тест восприятия речи в шуме) [173].

Для русского языка в лаборатории слуха и речи ПСПбГМУ им. И.П. Павлова разработан «Русский речевой аудиометрический экспресс-тест» [6]: пациенту подаются речевые сигналы (разносложные слова) на фоне различных маскеров (многоголосье, шум ветра, шум дождя) при фиксированном для каждой артикуляционной таблицы отношении сигнал/шум (-6 дБ, 0 дБ или +6 дБ).

Кроме того, для русского языка адаптирован так называемый Matrix Test (тест-матрица), также носящий название Oldenburger Satztest, OLSA (Ольденбургский фразовый тест), разработанный в Германии в рамках программы исследований по оценке речевой разборчивости в шуме [155]. На настоящий момент существует 18 версий данного теста для разных языков (немецкого, английского, французского, испанского, итальянского, турецкого, финского и других), из которых 9 доступно для клинического использования [177]. Общий принцип тестирования позволяет использовать матричный тест в качестве

универсального инструмента в международных исследованиях. Речевой материал в тесте представлен фразами из 5 слов с так называемой матричной структурой, синтаксически фиксированных, но семантически непредсказуемых, формируемых путем комбинации слов в случайном порядке. Отсутствие смыслового содержания фраз позволяет избежать использования пациентом контекста и затрудняет запоминание, поэтому тест можно выполнять многократно в процессе обследования и реабилитации. Для создания фраз используется «матрица» из 50 слов (10 имен собственных, 10 глаголов, 10 числительных и 10 существительных), отобранных по следующим критериям: 1) высокая частота встречаемости в соответствии с частотным словарем соответствующего языка; 2) высокий уровень узнаваемости и простота слов; 3) семантическая нейтральность отдельных слов/фраз; 4) сбалансированное количество слогов в группах слов; 5) специфичное для языка распределение фонем. Для русского языка порядок слов следующий: 1-е – мужское или женское имя, 2-е – глагол, 3-е – числительное, 4-е – прилагательное и 5-е – существительное. Например, «Коля видит пять красных шаров». Фразы произносятся женским голосом. В процессе тестирования треки, состоящие из 20 или 30 фраз, могут подаваться как в тишине, так и в шуме. В процессе формирования речевого материала для данного теста 100 разных фраз записывали так, что для каждого слова имелось 10 различных версий в зависимости от коартикуляции с прилегающим словом. Затем фразы разрезались на отдельные слова с сохранением коартикуляции со следующим словом, и путем рекомбинации 500 одиночных слов в новые предложения было составлено 28 списков, состоящих из 10 фраз. Каждый из этих списков содержал все 50 слов «матрицы» и был фонетически сбалансирован. В качестве помехи выбран стационарный долговременный усредненный шум речевого спектра (Long-term average speech spectrum), специально созданный путем суперналожения указанных 280 фраз несколько раз. Отношение сигнал/шум может быть фиксированным или регулироваться автоматически в зависимости от ответов испытуемого [47]. Таким образом, тест моделирует повседневную ситуацию (восприятие фраз на фоне шума). Русская версия данного теста получила сокращенное название RUMatrix

[47]. Одной из задач настоящего исследования стало уточнение диагностических возможностей адаптивного русского матричного фразового теста RUMatrix в тишине и на фоне шума для оценки разборчивость речи у лиц разного возраста с разным состоянием слуховой функции.

2. Дихотические речевые тесты.

Термин дихотического слушания впервые введен S.S. Stevens и H. Davis в 1938 году, которые описали его как «одновременная стимуляция обоих ушей, но разными сигналами в каждое ухо» [167]. С помощью метода дихотического предъявления стимулов D.E. Broadbent в 1958 году изучал влияние внимания на восприятие звукового стимула, а D. Kimura в 1961 использовала метод для диагностики дефицита обработки в слуховой системе у пациентов с эпилепсией, а затем – для изучения межполушарной асимметрии [29]. Она выявила нарушения результатов дихотических тестов контралатерального уха при поражении височных долей и показала, что на дихотическое слушание речи оказывает большее влияние повреждение левого полушария.

Известно, что у людей с подтвержденным доминированием в обработке речи левого полушария при дихотическом предъявлении стимула правое ухо является ведущим, т.е. больше правильных ответов пациент дает с правого уха [107]. Зачастую существует связь между ведущей рукой и ведущим ухом, однако она не обязательна. Это объясняется превосходством контралатеральных проводящих путей в слуховой системе над ипсилатеральными и наличием межполушарной асимметрии в процессе обработки речи, при котором доминирует левое полушарие. Следовательно, стимул с правого уха проводится напрямую в левое полушарие и обрабатывается быстрее, чем стимул с левого уха, который сначала обрабатывается в правом полушарии, а затем информация через мозолистое тело проводится в левое полушарие. Показано, что у пациентов с повреждением задней порции мозолистого тела, которая содержит слуховые пути, значительно усиливается преимущество правого уха из-за нарушения передачи информации с левого уха в левое полушарие [56]. Некоторые исследования также связывают аномально большую междушарную асимметрию

результатов, полученных при дихотическом тестировании, с неврологическими нарушениями, затрагивающими мозолистое тело, в том числе рассеянным склерозом [99]. Описан случай, при котором лейкоэнцефалопатия, вызванная 5- фторурацилом, с временным повреждением задних отделов мозолистого тела, подтвержденным нейровизуализацией, привела к снижению результатов дихотического тестирования с почти 100% разницей в результатах между ушами. Спустя 9 недель лечения функции мозолистого тела по данным нейровизуализации восстановились, и результаты дихотических тестов также вернулись в норму [152]. Подобный дефицит при дихотическом тестировании наблюдается и у пациентов, перенесших травму головного мозга [54].

По модели М. Kinsbourne (1970) правое и левое полушария направляют слуховое внимание к противоположным путям, и это внимание регулируется системой обратного подавления, заключенной в мозолистом теле [109]. Процессы подавления, генерируемые в мозолистом теле, помогают распределить внимание в равной степени между полушариями. При патологии мозолистого тела и нарушении ингибиторных механизмов внимание распределяется более асимметрично, механизмы направления внимания правого полушария к левым путям нарушаются, и преобладает внимание левого полушария.

Существуют две формы ответов при проведении дихотического теста:

1) бинауральная интеграция – свободный ответ, когда пациент повторяет речевой материал в произвольном порядке; 2) бинауральное разделение – направленный ответ, при котором пациент повторяет материал, подаваемый на заданное испытателем ухо. Второй вариант ответа задействует когнитивные модуляции ответа, в частности внимание, и дает возможность изучать влияние высших нервных процессов на обработку слуховой информации [125]. Вовлечение когнитивных зон головного мозга при направленном ответе во время дихотических тестов подтверждается фМРТ: активируются не только слуховые области коры, но также передняя цингулярная кора, медиальная средняя лобная извилина, нижние теменные извилины. При усложнении задания приток крови к лобной и теменной областям увеличивается, что доказывает их дополнительную

активацию, и, наоборот, при упрощении задания приток крови уменьшается [57]. Таким образом, можно продемонстрировать взаимодействие сенсорных и когнитивных факторов, которые формируют и модулируют обработку речевого сигнала в естественных условиях, например, разговор людей друг с другом, требующий расшифровки фонологии наравне с исправным вниманием и фокусировкой и селективной когнитивной обработкой воспринимаемого сигнала.

В ряде исследований показано, что способность к направленному ответу с правого уха мало меняется с возрастом; она достигает своего максимума после 10 лет и остается примерно постоянной на протяжении всей жизни. Направленный ответ с левого уха является более сложным, так как больше задействует когнитивные функции для преодоления влияния ведущего правого уха. [125]. При изучении направленного ответа с левого уха было продемонстрировано, что дети младше 10 лет еще не обладают способностью использования интеллекта для подавления входящей информации с ведущего правого уха, а лица старше 60 лет эту способность зачастую утрачивают, причем лица женского пола приобретают эту способность раньше и сохраняют дольше по сравнению с лицами мужского пола [125]. S. Passow и соавторы (2012) показали, что пожилые пациенты хуже, чем молодые, используют когнитивные функции для осуществления направленного ответа с левого уха при усложнении дихотического задания путем увеличения интенсивности сигнала, подаваемого на правое ухо [91].

В качестве речевого материала при дихотическом тестировании можно использовать слоги (например в тесте Dichotic Consonant-Vowel Test – дихотический тест согласный-гласный), слова (Dichotic Rhyme Test – дихотический рифмованный тест; Staggered Spondaic Word Test – ступенчатый просодический тест), фразы (Competing Sentences Test – тест конкурирующих предложений; Dichotic Sentence Identification Test – дихотический тест идентификации предложений), двузначные числа (Dichotic Digits Test – дихотический числовой тест) [125].

В России наиболее часто применяется именно дихотический числовой тест, который обладает высокой чувствительностью и специфичностью в определении

наличия центральных слуховых расстройств [96], прост в проведении и не требует больших затрат времени.

3. Речевые тесты бинаурального взаимодействия

Одна из наиболее сложных акустических обстановок связана с наличием многочисленных меняющихся источников звука (т.е. двух и более голосов, звучащих одновременно с разных сторон с дополнительными искажениями вследствие отражений от стен комнаты). Головной мозг человека обладает удивительной способностью отделять объект интереса, например, целевой голос, в сложной акустической обстановке, например, на вечеринке [195]. Бинауральные различия во времени и интенсивности наравне с другими процессами слуховой обработки вносят вклад в понимание ухудшенного сигнала в данных случаях [31]. Если источники звука разнесены в пространстве, слушателю легче понимать целевой сигнал. Это происходит как благодаря монауральному улучшению отношения сигнал/шум, так и бинауральным преимуществам вследствие бинаурального снятия маскировки низкочастотных частей речевого сигнала за счет междуушной временной разницы [84]. Следовательно, дефицит бинаурального взаимодействия приводит к затруднениям слушания в сложной акустической обстановке.

Американская ассоциация речи и слуха (ASHA – American Speech-Language-Hearing Association) определила, что бинауральное взаимодействие – один из основных показателей функционирования центральной слуховой системы, который обязательно должен оцениваться, особенно при наличии соответствующих жалоб (трудности с локализацией звука или пониманием речи на фоне шума) [20].

Тесты бинауральной интеграции оценивают эффективность объединения акустической информации, полученной от обеих ушей, разнящейся по времени, интенсивности или частоте. Тестовый стимул может быть как речевым, так и тональным сигналом. Тесты разработаны для оценки способности центральной слуховой системы воспринимать различающуюся информацию от разных ушей и объединять ее в единое перцептивное событие. Предполагается, что подобное

объединение информации происходит в стволе головного мозга, на уровне верхнеоливарного комплекса, поэтому тесты данной категории чувствительны к патологии ствола [23].

Среди разработанных тестов для оценки бинауральной интеграции информации можно назвать CVC Fusion Test – тест слияния «согласный-гласный-согласный», RASP (Rapidly Alternating Speech Perception Test) – тест быстрого попеременного восприятия речи [125].

В России используется аудиометрия чередующейся бинаурально речью (ЧБР), при которой половина слова подается пациенту через головные телефоны на одно ухо, а затем вторая половина – на другое ухо. Задача пациента – полностью повторить услышанное слово [9].

Преимущества речевой аудиометрии определяются социальной значимостью, возможностью их применения не только для топической диагностики слуховых расстройств, но и для настройки слуховых аппаратов (СА) и процессоров кохлеарных имплантов, а также для оценки эффективности различных видов слухопротезирования [2].

При интерпретации результатов важно осознавать, что аудиологическое тестирование проводится в звукоизолированной камере, с минимальными отвлекающими факторами, как правило, в утренние часы, когда пациент приходит отдохнувший, поэтому результаты тестов могут не полностью отражать истинное состояние разборчивости речи пациента в реальной жизненной обстановке.

1.3 Разборчивость речи при патологии слуховой системы

1.3.1 Разборчивость речи при разных степенях и формах тугоухости

Безусловно, хорошая слышимость сигнала важна для восприятия речи. Если сигнал недостаточно громкий, чтобы быть «услышанным» слуховой корой,

он не будет точно воспринят и обработан. Хорошо слышимый сигнал – основа хорошей разборчивости речи [95]. Снижение интенсивности воспринимаемого сигнала из-за тугоухости, даже при отсутствии рекрутмента или других улитковых искажений, – главный фактор, влияющий на разборчивость речи у пожилых людей [93, 180]. Чем меньше интенсивность сигнала, доходящего до внутреннего уха, то есть чем больше степень тугоухости, тем, соответственно, тяжелее слуховому анализатору производить качественный анализ речевого сигнала. Однако если при кондуктивной тугоухости для достижения полноценной разборчивости речи достаточно усилить интенсивность входящего сигнала путем использования СА, то при сенсоневральной тугоухости это не всегда помогает. При наличии хронической сенсоневральной тугоухости (ХСНТ) проблема заключается не только в снижении интенсивности входящего сигнала, но и в том, что точное отражение звука не достигает головного мозга. Ухудшение функционирования улитки влияет не только на слышимость сигнала, но и на его качество [37]. Многими исследованиями доказано, что ХСНТ является первичным фактором, влияющим на выполнение речевых тестов как пожилыми, так и молодыми людьми [42]. Даже ХСНТ легкой степени может повлиять на результаты речевых тестов [59, 135]. Снижение слышимости не всегда может быть скорректировано использованием подходящего СА, поскольку обработка звуковых сигналов начинается на периферии со значительного их преобразования в улитке. С потерей наружных волосковых клеток (НВК), происходящей при ХСНТ, нарушаются многие нормальные функции улитки, в том числе нелинейное функционирование базилярной мембраны [141], что приводит к феномену ускоренного нарастания громкости и снижению частотной селективности [72], сужению динамического диапазона [78], аномальному нелинейному росту маскировки [192], искажению временных и спектральных характеристик сигнала [36]. Эти изменения улитковой функции влияют на разборчивость речи: у пациентов с кохлеарной дисфункцией обычно снижена разборчивость речи в шуме, ускоренной речи [165]. Гибель НВК не только приводит к снижению тональных порогов слуха, но также к нарушению способности улитки выполнять

спектральный анализ звука, таким образом, при ХСНТ звук проводится в высшие отделы искаженным, как бы «смазанным», тогда как при сохранной функции улитки обработка информации в центральных отделах слуховой системы более эффективна [156]. Особенно страдает обработка сложной звуковой информации, какой является речевой сигнал, имеющий непростую спектрально-временную структуру, формируемую быстро изменяющимися по частоте и во времени гармоническими элементами, и, следовательно, требующий синхронной нервной импульсации для обеспечения точного декодирования [112].

Нарушение функции НВК приводит к снижению стимуляции слухового нерва, что снижает точность синхронного возбуждения нейронов. С течением времени снижение входящей стимуляции от слухового нерва дестабилизирует точную регуляцию возбуждающих и тормозных нейротрансмиттеров, работающих в слуховой системе, что приводит к перманентным изменениям областей головного мозга, отвечающих за частотно-временную обработку [17]. Тормозные нейроны и синапсы, хотя и уступают по численности возбуждающим, служат для обострения рецептивных полей, и при их деактивации происходит расширение этих полей. Это ведет к уменьшению селективности стимула и ухудшению временных параметров звукового сигнала [38].

Нельзя также забывать, что длительно персистирующая не скорректированная тугоухость ведет к слуховой депривации. В пластичной ЦНС недостаток эффективной звуковой стимуляции приводит к возникновению дефицита и усилению дисфункции мозга [65]. Причем в ЦНС происходят не только функциональные, но и анатомические изменения: при некоррегированной ХСНТ выявлялись изменения извилины Гешля, в том числе увеличение объема серого и уменьшение белого вещества и отсутствие типичной асимметрии (в норме левая извилина больше правой) [121]. Было найдено линейное соотношение остроты слуха и объема слуховых нейронов в стволе мозга [183] и в первичной слуховой коре [87]. Периферическая слуховая дисфункция и сенсорная депривация вызывают транссинаптическую дегенерацию центральных слуховых структур [68, 81, 158].

Опыты на животных после абляции улитки, призванные смоделировать условия ХСНТ, показывают, что частотные повреждения улитки у взрослых животных также влияют на тонотипичекую организацию слуховой коры [62, 158]. Реорганизация включает потерю областей представления частот, соответствующих выпадающим в улитке секторам, и расширение, «экспансию» областей представления соседних частотных секторов в улитке. Такая реорганизация не является быстрым процессом, она является последствием именно ХСНТ [153]. Можно сделать предположение, что частотно-ограниченная тугоухость у человека вызывает те же изменения в коре, что и у животных. При этом частотная дискриминация «краевых» частот, т.е. соседних с поврежденными секторами улитки, чьи области представления в слуховой коре расширяются взамен областей представления поврежденных регионов улитки, не улучшается [98]. Возможно, это объясняется тем, что частотная дискриминация у человека изначально настолько хороша, насколько ее могут обеспечить нервные механизмы, поэтому расширение областей представления не улучшает ее [143].

D.R.F. Irvine и соавт. (2000) полагают, что корковая реорганизация вслед за частичными повреждениями улитки не может рассматриваться как компенсаторный механизм: чувствительность к частотам, за которые отвечают поврежденные регионы, никаким образом не восстанавливается после реорганизации. Возможно, «краевой» эффект реорганизации просто является следствием конкуренции за постсинаптическое корковое пространство [98]. Чаще происходит замещение областей, отвечавших за распознавание высоких частот, зонами низких частот [188]. Естественно, это ведет к ухудшению декодирования сигналов высоких частот. Кроме того, низкочастотные слуховые каналы по своей природе имеют более низкую временную разрешающую способность [170], и вероятно, такая тонотопическая реорганизация приведет к ухудшению временного кодирования звукового сигнала.

Перечисленными нейропластическими изменениями можно объяснить тот факт, что даже при подборе адекватного СА и полноценном восстановлении слышимости сигнала при длительной ХСНТ сохраняются нарушения разборчивости речи. В подобных случаях слуховая тренировка может помочь

улучшить ситуацию, частично вернув центральную слуховую систему в состояние, предшествовавшее развитию ХСНТ [189].

По данным ряда исследований, снижение разборчивости речи при ХСНТ объясняется частично и теорией перераспределения ресурсов. Эта теория предполагает, что в процессе обработки информации может произойти перераспределение ресурсов головного мозга, необходимых для выполнения задания. Таким образом, любая ситуация, требующая диспропорциональной затраты энергии на какой-либо процесс, соответственно приводит к затрате меньшей энергии на другой процесс. Например, нарушение восприятия периферической базовой сенсорной информации, которое происходит при ХСНТ или в шумной акустической среде, создает ситуацию, при которой слушателю приходится выделять дополнительные ресурсы на слушание. А это приводит к уменьшению ресурсов, доступных для выполнения высших когнитивных функций (ухудшенное понимание и\или запоминание информации даже при изначально нормальной памяти и при отсутствии языковых расстройств) [136]. И наоборот, пациенты с дефицитом высших нервных функций, таких как внимание, память, интеллект, могут хуже выполнять тесты по оценке базовой сенсорной обработки вследствие перераспределения ресурсов на понимание и запоминание стимула. Наличие данного эффекта на нейробиологическом уровне подтверждено исследованиями, продемонстрировавшими, что даже относительно небольшое снижение периферического слуха ведет к изменениям нервной активности ствола, таламуса и коры [87], а при восприятии ухудшенного или усложненного звукового сигнала у людей с нормальным слухом меняется очаг нервной активности [70, 138]. Как следствие можно ожидать ухудшения слуховой памяти или слухового понимания у людей с нарушением сенсорной обработки, включая ХСНТ, вследствие перераспределения ресурсов на обработку стимула на более низких уровнях.

Подводя итоги, можно сказать, что целостность и нормальное функционирование периферического отдела слухового анализатора – один из ключевых факторов, влияющих на восприятие и разборчивость речи.

1.3.2 Восприятие речи при центральных слуховых расстройствах

Затруднения в понимании речи не всегда связаны с нарушениями в периферических отделах слухового анализатора. Нормальное функционирование центральных отделов слуховой системы – необходимое условие для обнаружения и обработки быстрых акустических изменений звукового сигнала, лежащих в основе понимания языка и фонологической настороженности [114]. Существование нарушений разборчивости речи при нормальном тональном слухе было обнаружено давно и получило название диссоциированного слуха [12] или тонально-речевой диссоциации [7].

По определению Американской Академии Аудиологии центральная обработка слуховой информации – это перцептивная (нейрональная) обработка слуховой информации в ЦНС с лежащей в ее основе нейробиологической активностью, проявляющейся в возникновении электрофизиологических слуховых потенциалов. Эта обработка включает нейрональные механизмы, отвечающие за латерализацию / локализацию звука, опознавание обедненного, распадающегося или ухудшенного акустического стимула, временные и частотные аспекты звуковых сигналов, включая временную интеграцию и дискриминацию (определение временных промежутков), временной порядок, временную маскировку, восприятие звуковых стимулов на фоне конкурирующего сигнала, слуховую дискриминацию [125].

Нарушения этой обработки составляют группу расстройств, получившую название центральных слуховых расстройств. Вследствие интерактивной природы функции мозга центральные слуховые расстройства могут сочетаться с другими нарушениями (дефицит внимания, гиперактивность, дислексия, нарушения речи), но не являются их результатом [131]. Центральные слуховые расстройства представляют сложную и гетерогенную группу дефицитов слуховой природы, возникающую из-за множества причин и дисфункций на разных уровнях центральных отделов слуховой системы. У большинства пациентов

с центральными слуховыми расстройствами обнаруживаются неточная обработка частотно-временных параметров, неточная синхронизация нервной импульсации, нетипичная полушарная асимметрия при обработке слухового сигнала, особенно речи, и неэффективный межполушарный обмен информацией [39].

Ведущими жалобами пациентов с центральными слуховыми расстройствами обычно являются трудности в понимании разговорной речи в шумной обстановке, при наличии конкурирующего сигнала, в условиях реверберации, неправильное понимание звуковых сообщений, особенно быстрой речи [21].

Этиология центральных слуховых расстройств крайне многообразна. К приобретенным причинам относятся образования головного мозга, нейродегенеративные процессы (например, рассеянный склероз, болезнь Альцгеймера), травмы головного мозга, нарушения мозгового кровообращения, возрастные изменения (центральный пресбиакузис), воздействие шума, действие нейротоксичных химикатов и тяжелых металлов (свинец, ртуть), метаболические дисфункции, недоношенность, инфекционные болезни (менингит, герпесный энцефалит, болезнь Лайма), хирургические вмешательства, эпилепсия, синдром Ландау-Клеффнера, психические расстройства (шизофрения, биполярные расстройства) [125].

Даже небольшие травмы головного мозга могут привести к сенсорному дефициту, затрагивающему как периферические, так и центральные отделы слуховой системы. Особенно часто травмируется мозолистое тело вследствие аксонального разрыва при одновременном ускорении полушарий в момент травмы [58]. Даже при таких травматических повреждениях, которые напрямую не затрагивают слуховые регионы головного мозга, в них могут происходить изменения вследствие дегенерации аксонов на протяжении и пластических изменений.

Длительное воздействие шума средней интенсивности, не вызывающего развития периферической ХСНТ, тем не менее, повреждает центральную слуховую систему, приводя к дефициту частотно-временной обработки

и разборчивости речи в шуме, именно поэтому у пациентов с ХСНТ, связанной с работой в шуме, необходимо также заподозрить наличие центральных слуховых расстройств [194].

Хотя изучение генетических предпосылок центральных слуховых расстройств находится на ранних стадиях, накапливающиеся литературные данные свидетельствуют о генетических основах некоторых специфических процессов обработки слуховой информации (например, дихотического слушания, амузии). Были выявлены нарушения межполушарной передачи звуковой информации при PAX6 мутациях, подтвержденные поведенческими тестами и МРТ. Сложности с пониманием речи в шуме при нормальной остроте слуха – наиболее частые первичные проявления аденолейкодистрофии, связанной с X хромосомой, редкого метаболического заболевания, приводящего к демиелинизации [22].

Доказано, что увеличение степени центральных слуховых расстройств ведет к увеличению субъективно ощущаемой самим пациентом слуховой инвалидности, что неудивительно, учитывая возникающий дефицит в разборчивости речи, испытываемый пациентом, который влечет выраженное снижение качества жизни [73], поэтому так необходимо проведение речевой аудиометрии для своевременной диагностики и составления плана реабилитации при этой патологии.

1.4 Речевая разборчивость в разных возрастных группах

Процесс старения затрагивает все системы организма, ведя к общему упадку физических, когнитивных и психологических функций. Многие из этих изменений затрагивают слуховую систему, навыки общения, способность к слуховой реабилитации и наличие мотивации к ней.

Хорошо известно, что разборчивость речи ухудшается с возрастом. Большое количество исследований показало наличие трудностей у людей пожилого возраста

при обработке речевого сигнала, особенно на фоне шума, в условиях реверберации [16, 19, 134] или речи с временными искажениями [75]. При отсутствии периферической тугоухости возможности к восприятию речи в тишине у пожилых не сильно отличаются от таковых у молодых слушателей [89]. Однако при усложнении акустической обстановки путем добавления конкурирующего шума или введения каких-либо искажений речевого сигнала, даже пожилые лица с нормальными порогами слуха демонстрируют снижение разборчивости речи по сравнению с молодыми [154]. Было показано, что пожилые люди с тугоухостью выполняют речевую аудиометрию значительно хуже, чем молодые пациенты с аналогичной степенью тугоухости [100]. Такие результаты свидетельствуют о том, что на снижение разборчивости речи у пожилых лиц влияют возрастные изменения не только периферического, но и центрального отдела слуховой системы, в том числе нарушения частотно-временной обработки сигнала [75], межполушарного обмена [24], дефицит более глобальных когнитивных способностей, таких как память и скорость обработки информации [193].

Существуют три первичные гипотезы снижения разборчивости речи у пожилых людей [37]:

1) Периферическая гипотеза объясняет ухудшение разборчивости речи у пожилых лиц наличием пресбиакузиса – возрастной дисфункции улитки и слухового нерва [94].

2) Центральная гипотеза предполагает снижение разборчивости речи вследствие возрастных дегенеративных изменений в центральной слуховой системе, не зависящих от состояния периферических отделов, причем, по мнению некоторых исследователей, ведущая роль в нарушениях разборчивости речи в пожилом возрасте отводится именно этой гипотезе [73].

3) Когнитивная гипотеза объясняет нарушения разборчивости речи общим возрастным снижением интеллекта, приводящим к перцептивному дефициту. Предполагается, что возрастные изменения когнитивных функций, таких как кратковременная память и скорость обработки информации, снижение интеллектуально-мнестических способностей, во многом ответственны за трудности в понимании речи у пожилых людей [40, 125].

Однако, скорее всего, существует влияние всех этих трех факторов, взаимодействующих сложным и взаимоусугубляющим образом, и наличие преобладания влияния одного из них у каждого пациента строго индивидуально.

В.А. Stach и соавторы (1990) были, возможно, первыми, кто ввели термин «центральный пресбиакузис», определяемый как дисфункция центральных отделов слуховой системы вследствие возрастных изменений у пожилых пациентов. Они обнаружили, что у 70% людей старше 60 лет проявляются в той или иной степени признаки центральных слуховых расстройств [166]. Более того, некоторые исследования показывают, что, начиная с 70 лет, ухудшение функционирования центральных отделов слуховой системы происходит более прогрессивно, чем снижение порогов восприятия чистых тонов [71].

Электрофизиологические исследования показали, что у пожилых лиц по сравнению с молодыми увеличивается абсолютный латентный период волн СВП и снижается их амплитуда, причем это относится как к коротколатентным, так и к средне- и длиннотатентным потенциалам [125]. Нейрофизиологическое отображение звукового сигнала у пожилых пациентов больше подвержено изменению при подаче сложного речевого сигнала, нежели простых невербальных стимулов. У пожилых лиц присутствуют также изменения СВП, доказывающие нарушения межполушарной асимметрии [63, 102].

Результаты вскрытий напрямую доказывают возрастные изменения слуховых отделов головного мозга вследствие уменьшения количества глиальных клеток, потери нейрональных дендритов и аксональных цилиндров, уменьшения межклеточного пространства и миелиновой оболочки нейронов [111]. Причем наибольшее уменьшение количества нейронов с возрастом наблюдалось в верхней височной извилине, прецентральной извилине и полосатой лучистости (area striata) – областях, особенно важных для обработки речи [30]. Головной мозг у пожилых лиц имеет прогрессивно уменьшающийся объем серого вещества по сравнению с молодыми [83], в том числе в связи с уменьшением синаптической плотности [174]. Есть данные о снижении миелинизации мозолистого тела, которое вряд ли является результатом периферической тугоухости, но влияет на центральную обработку звукового стимула [118].

Помимо анатомических изменений, доказаны и функциональные особенности центральной слуховой системы: с возрастом нарушается баланс возбуждающих и тормозных нейрональных факторов, регулирующих синхронность нервного ответа, что ведет к ухудшению точности обработки стимула в центральных отделах слухового анализатора [125]. Наблюдается выраженное возрастное уменьшение количества ингибиторных нейротрансмиттеров в дорсальном кохлеарном ядре, латеральной верхней оливе, нижнем двухолмии, что, вероятно, влияет на кодирование параметров сигнала, чрезвычайно важных для его обработки [38]. Исследования на животных подтвердили гипотезу о том, что возрастные ингибиторные изменения ствола головного мозга, а именно снижение содержания глицинэргических ингибиторных нейротрансмиттеров в дорсальном кохлеарном ядре, связаны с нарушением анализа временных параметров сигнала, способности к обнаружению паузы и чувствительности к модуляции амплитуд [17]. В слуховой коре человека было зарегистрировано снижение ГАМК-ергической передачи, которое ведет к увеличению спонтанной нервной активности и повышению «нейронального шума» в центральной слуховой системе [97]. Есть предположения, что это увеличение нейронального шума и уменьшение действия латерального подавления, необходимого для точной обработки сигнала, лежат в основе снижения разборчивости речи на фоне шума у пожилых людей [137]. Плохая разборчивость речи в шуме связана и со снижением нейрональной синхронности у этого контингента пациентов [14].

Также в исследовании на мышах было показано, что слуховые нейроны с возрастом требуют большего времени для восстановления от начального возбуждения, что изменяет их ответ на быстро предъявляемые акустические стимулы [181].

Таким образом, возрастные изменения нейрональной синхронности и нейрональных соотношений сигнал-шум, замедление рефрактерного периода, наравне с ухудшением временной обработки и неэффективной межполушарной передачей слуховой информации, приводят к деградации нервного кодирования

акустического стимула и нарушению разборчивости речи даже в отсутствии ХСНТ или нарушений интеллекта, особенно это касается слушания на фоне конкурирующего шума.

Обработка ухудшенного входного сигнала, вызванного нарушениями в слуховой системе, в свою очередь, предъявляет еще большие запросы к высшим когнитивным ресурсам [160]. Данные фМРТ показали чрезмерную активацию головного мозга, особенно префронтальной локализации, у пожилых по сравнению с молодыми при выполнении заданий, оценивающих вербальную и пространственную память [151]. Повышенные усилия, затраченные на начальных этапах распознавания речи, приводят к нарушениям когнитивных операций по обработке и запоминанию услышанного [86]. У пожилых выявляется сниженная активность слуховой коры и повышенная активация областей головного мозга, отвечающих за память и внимание [18]. С возрастом повышается слуховая рассеянность [15].

Важную роль играют возрастные нарушения памяти. Когда информация поступает через слуховую систему, стимул быстро угасает через 1-2 секунды. Для обработки его требуется задействование селективного внимания, чтобы отфильтровать ненужные звуки и получить значимую информацию. Некоторые исследователи считают, что сниженная функция рабочей памяти приводит к трудностям в слушании и отборе значимой информации. Жалобы, предъявляемые пациентами, такие как необходимость повторения информации, сложность следования устным инструкциям, их запоминания, трудности в понимании устной информации, могут быть проявлениями нарушений памяти [186].

Однако пожилые люди, имеющие обширный жизненный опыт, имеют и преимущества в слушании по сравнению с молодыми. Лингвистический опыт у пожилых лиц помогает частично скомпенсировать дефицит сенсорной и перцептивной обработки. Исследования показали, что пожилые слушатели лучше молодых используют контекст для распознавания слов [103] и больше способны полагаться на словарный запас и понятийную память при распознавании ускоренной речи [75].

1.5 Способы реабилитации при нарушениях разборчивости речи

Подходы к реабилитации пациентов с нарушениями разборчивости речи можно разделить на 2 вида:

1) подход «снизу-вверх» (от периферии к центральным отделам, т.е. обусловленный поступающим звуковым сигналом) включает усиление интенсивности звукового стимула, улучшение его качества, модификацию акустического окружения, специальные слуховые тренировки, системы ассистирования слушания;

2) подход «сверху-вниз», при котором основное внимание уделяется высшим функциям ЦНС, объединяет языковые стратегии, когнитивные и метакогнитивные тренировки, стратегии обучения.

В целом, эти два подхода дополняют друг друга и должны применяться в комплексе для достижения максимальных результатов – улучшения разборчивости речи и компенсации остающегося дефицита [38].

Конкретная разработка плана реабилитации должна проводиться индивидуально в зависимости от профиля дефицита пациента, образа его жизни, социально-коммуникативных нужд, наличия сопутствующих заболеваний и т.д.

Очевидно, что реабилитация пациентов с нарушениями разборчивости речи на фоне ХСНТ должна начинаться с подбора СА для усиления интенсивности входящего сигнала и выбора персональных систем ассистирования слушания для улучшения акустической среды. Например, в целях уменьшения фонового шума, который зачастую является основной причиной ухудшения понимания речи пожилыми людьми, эффективно использование FM системы (беспроводного устройства для усиления звука, состоящего из передатчика и приёмника: звуковой сигнал попадает в передатчик говорящего через микрофон и посредством радиоволн поступает на приемник; таким образом, звук передается практически прямо в ухо и становится гораздо более четким и понятным) [38]. Однако даже адекватное слухопротезирование не всегда может полноценно восстановить

разборчивость речи пациента, особенно пожилого возраста из-за наличия изменений в центральной слуховой системе.

На данный момент не существует направленного медикаментозного лечения нарушений разборчивости речи, вызванных дисфункцией центральных отделов слухового анализатора, хотя ведутся активные разработки в данной области, связанные с влиянием введения различных нейротрансмиттеров на функционирование центральной слуховой системы. Эти разработки основываются на данных об улучшении порогов слышимости в шуме при введении атропина сульфата из-за его влияния на оливокохлеарную систему [145], на выявлении изменений показателей СВП после введения селективных ингибиторов захвата серотонина [74], на данных об улучшении процессов частотно-временной обработки после введения ГАМК [26].

Несмотря на отсутствие к настоящему времени значимых успехов в создании лекарств для восстановления разборчивости речи, улучшить обработку речевых сигналов в центральных отделах слуховой системы можно благодаря слуховой тренировке.

Слуховая тренировка – это комплекс акустических условий и заданий, созданных для активации слуховой и связанных с ней систем таким образом, чтобы произошли позитивные изменения нейрональной деятельности и связанного с ней слухового поведения.

Концепция слуховой тренировки как звуковой стимуляции известна не одно столетие. Еще в VI веке до нашей эры использовали звуки ударов большого колокола в попытке активировать слух у глухих. В 1800 году Itard в парижской школе глухих учил своих подопечных определять и различать гласные и согласные, а также тональные стимулы разной высоты, что приводило к улучшению слухового восприятия. Похожие работы выполняли и английские исследователи. В США аудиология достигла больших успехов после второй мировой войны, когда появилось много военнослужащих с тугоухостью, тогда же получили развитие и основные принципы слуховой тренировки. В 1950-60-е годы она применялась, чтобы облегчать пациентам с тугоухостью пользование слуховым аппаратом.

В 1960-70-е годы интерес к слуховой тренировке снизился из-за отсутствия доказательной базы и теоретических обоснований эффективности ее применения. Однако в конце 1990-х появились первые подтверждения влияния слуховой депривации на слуховую систему, а затем и доказательства пластичности, свойственной головному мозгу, после чего принципы слуховой тренировки вновь получили свое развитие [38].

Результаты последних исследований окончательно доказали, что головному мозгу свойственна пластичность, т.е. способность к реорганизации как коры, так и низших отделов, и что эти модификации выражаются в поведенческих изменениях [146, 164]. Хотя способность головного мозга к нейропластичности наиболее выражена в детском возрасте, свойство реорганизации в ответ на обучение сохраняется и в зрелой ЦНС [139].

Слуховая тренировка ведет к реорганизации коры и ствола головного мозга, увеличению эффективности синаптических передач, повышению плотности нервной ткани [45, 48, 146, 164]. Даже процессы, происходящие на относительно периферическом уровне, такие как определение высоты сигнала, претерпевают изменения при тренировке [33].

Корковые изменения, вызванные звуковой стимуляцией при слуховой тренировке, захватывают достаточно широкие области головного мозга и долго остаются неизменными [38]. Они включают четыре типа реорганизации коры: 1) расширение карт, т.е. областей, ответственных за тренируемую функцию; 2) компенсаторное перенесение выполнения тренируемого навыка в другую область головного мозга; 3) кроссмодальное переподчинение с включением регионов головного мозга, получающих входной сигнал от других сенсорных модальностей; 4) адаптация гомологичных регионов, т.е. перенос функции в гомологичную область противоположного полушария [77].

Исследования на животных моделях доказали, что слуховая стимуляция вызывает изменения соответствующего нервного субстрата. Основными являются структурные и физиологические изменения слуховых регионов ЦНС, происходящие вследствие участия в слуховых заданиях. Например, была

обнаружена тонотопическая реорганизация слуховой коры обезьян после интенсивной тренировки по различению частот: тонотопический градиент изменился в сторону тренируемых частот. После слуховой тренировки произошло увеличение амплитуды и уменьшение латентного периода вызванных потенциалов, увеличение объема нервной ткани коры в области, отвечающей за тренируемые частоты. У обезьян в группе контроля реорганизации слуховой коры не наблюдалось. Также было выявлено повышение содержания РНК в нейронах слуховой коры после повторной стимуляции тональными послылками, что может свидетельствовать о начале процесса деления клеток. Похожих изменений не наблюдалось в контрольной группе [38].

Опыты на крысах показали, что улучшения в слуховой коре могут происходить на фоне слуховой тренировки, даже если повреждение (в опытах – воздействие шума) произошло в детстве. Это доказывает возможность улучшения, а, возможно, и восстановления нормальной слуховой функции у взрослых особей даже спустя долгое время после первоначального повреждения слуховой коры [49]. Еще одно исследование на крысах продемонстрировало, что возрастной дефицит различения звуковых характеристик также может быть восстановлен путем интенсивной слуховой тренировки, причем вследствие тренировки происходят не только функциональные, но и структурные изменения слуховой коры [150].

Можно предположить, что у человека при слуховой стимуляции должны происходить изменения в центральных отделах слуховой системы, подобные животным.

До испытания на пациентах с тугоухостью слуховая тренировка была апробирована на лицах с нормальным слухом. Были показаны положительные эффекты тренировки у людей с нормальным состоянием слуховой системы (как периферической, так и центральной): после слуховой тренировки на различение стимула согласная-гласная в течение одной недели у слушателей наблюдалось улучшение результатов психоакустических и электрофизиологических тестов [34, 35]. Причем изменения результатов электрофизиологического тестирования

происходили у подавляющего большинства тренируемых, тогда как результаты психоакустических тестов улучшились не у всех. Это может свидетельствовать о том, что изменения, вызванные слуховой тренировкой, могут быть ниже уровня сознательного обнаружения у некоторых пациентов [34].

После восьминедельной слуховой тренировки с использованием ряда заданий (речь в шуме, ускоренная речь) у молодых нормально слышащих людей наблюдалось значительное улучшение разборчивости речи в шуме. Это улучшение результатов психоакустических тестов подтверждается соответствующим усилением нервного кодирования высот, особенно фундаментальной частоты и второй гармоники [178]. Таким образом, слуховая тренировка ведет к изменению нервной активности, улучшению нервной импульсации, обеспечивающей кодировку для речевых сигналов [179]. После тренировки были показаны позитивные изменения негативного потенциала рассогласования, увеличение амплитуды P1, N1 и P2. Считается, что N1-P2 потенциал отражает ранние кортикальные процессы, связанные с декодированием стимула и обнаружением речи. Негативный потенциал рассогласования отражает более поздние процессы, включающие различение изменений речевого сигнала.

По данным фМРТ, у пациентов, получавших слуховую тренировку, происходит уменьшение активности верхней височной извилины билатерально и *planum polare* правого полушария, что, соответственно теории «быстрого обучения», отражает усиление эффективности работы этих областей и улучшение способности к слуховому различению [161]. Некоторые авторы считают, что данное улучшение происходит только для тренируемого звукового стимула, другие – что распространяется и на другие стимулы [46].

Обнаружено, что нейроны слуховой коры, селективно настроенные на какие-либо частоты или амплитуды, могут поменять свою селективность после поведенческой слуховой тренировки [185].

Можно образно сказать, что мы формируем мозг так же, как мы формируем мышцы. Эти данные открывают новые возможности реабилитации, а именно, возможность тренировки собственных центральных ресурсов. Хотя исторически

при реабилитации пожилых пациентов компенсируется лишь периферический слуховой дефицит (усиление интенсивности входящего сигнала), не следует недооценивать роль дефицит-специфичных, интенсивных слуховых тренировок.

При наличии сопутствующих расстройств внимания, обучения применяются и когнитивные тренировки [38]. Компенсаторная тренировка представляет собой подход «сверху-вниз», призванный минимизировать влияние дефицита слуховой обработки, остающегося после модификации акустической среды и слуховой тренировки. Компенсаторная тренировка включает предоставление пациенту информации о стратегиях общения, направленных на усиление использования центральных когнитивных ресурсов (языковые особенности, память, способность к решению проблем, упражнения на расширение словарного запаса, развитие активного слушания, тренировка фокусировки). Для уменьшения риска развития когнитивного дефицита также могут быть полезны общие рекомендации по изменению стиля жизни, такие как сохранение интеллектуальной активности, поддержание физической активности, минимизация хронического стресса, здоровое, полноценное питание [125]

Помимо реабилитационных мероприятий, осуществляемых в клинике, важно модифицировать и слуховую среду пациента, круг его общения, особенно родственников. Целесообразно инструктировать родных о необходимости говорить с пациентом четко и ясно, соблюдая правильную артикуляцию и небыстрый темп речи. Желательно садиться ближе к пациенту и обращаться к нему, находясь лицом к лицу, чтобы обеспечить визуальное подкрепление. Даже эти простые рекомендации приводят к положительной модификации слухового восприятия, что помогает пациентам с нарушением разборчивости речи легче понимать обращенную речь [38].

Глава 2

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АППАРАТУРЫ, МЕТОДИК И КОНТИНГЕНТА ИСПЫТУЕМЫХ

2.1 Методы аудиологического обследования

Перед аудиологическим обследованием всем пациентам выполнялась отоскопия, удаление серной пробки при ее наличии, ориентировочная оценка слуха методом восприятия шепотной речи, камертонами. Все аудиологические тесты проводились в заглушенной камере с уровнем фонового шума не выше 32-34 дБ (данные усредненных измерений). Для тональной пороговой аудиометрии, речевой аудиометрии и неречевых психоакустических тестов использовалось следующее оборудование: клинический аудиометр МА 42 (Германия), головные телефоны Maico, переносной CD-плеер AEG portable mp3, диски с записью неречевых и речевых тестов. Для проведения теста RuMatrix использовался ноутбук с программным обеспечением Oldenburg Measurement Application (HörTech GmbH, Oldenburg), звуковая карта EarBox (Auritec, Hamburg, Germany), головные телефоны Sennheiser HDA200.

2.1.1 Неречевые методы оценки слуха

Острота слуха определялась с помощью **тональной пороговой аудиометрии**, при которой устанавливались пороги слуха в диапазоне частот от 125 до 8 000 Гц при воздушном проведении и 250-8 000 Гц при костно-тканевом проведении звука. Результаты отражались графически на бланке в двух координатах: ось абсцисс – частоты в Гц и ось ординат – потеря слуха в дБ нПС. Сначала определялись пороги на частоте 1 000 Гц и выше, а затем – на 500 Гц

и ниже. При исследовании применялся модифицированный метод «границ» [3] по «восходящей» технике измерения (от «больших» интенсивностей к «малым»). Потеря слуха определялась в дБ относительно нормального порога слышимости (дБ нПС). Степень тугоухости оценивалась в соответствии с международной классификацией, принятой в России, на основании пороговых величин по воздушной проводимости для частот 500, 1 000, 2 000 и 4 000 Гц: определялась их средняя арифметическая для каждого уха в отдельности. Если это значение составляло 26-40 дБ, устанавливался диагноз тугоухости I степени; 41-55 дБ – II степени; 56-70 дБ – III степени; 71-90 дБ – IV степени [10].

Тест обнаружения паузы (GDT – gap detection test) в нашем исследовании выполнялся в модификации R. Keith (2000) [106]. Испытуемому через наушники на комфортном уровне громкости бинаурально подаются чистые тоны частотой 500, 1 000, 2 000 и 4 000 Гц или щелчки (широкополосный шум), в которые вставлены беззвучные паузы. Длительность одного акустического сигнала составляет 15 мс. Сигналы с паузами продолжительностью от 0 до 40 мс подаются в случайном порядке, где продолжительность пауз составляет 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 или 40 мс. Задача слушателя – ответить, воспринял ли он поданный сигнал как один звук или как два. Всего в тесте подается 9 сигналов на каждой частоте, после чего оценивается минимальная пауза, которая улавливается испытуемым на данной частоте (пациент различает в подаваемом сигнале два звука). Порог обнаружения паузы подсчитывается как среднее арифметическое порогов, полученных на исследованных частотах. Затем определяется порог обнаружения паузы в щелчке. Перед проведением теста пациент проходит тренировочный трек для уточнения того, правильно ли он понял задание. В норме среднее арифметическое порогов обнаружения паузы на 3 частотах должно быть меньше 20 мс. Тест считается не пройденным, если порог обнаружения паузы превышает 40 мс для двух и более частот или все парные сигналы воспринимаются как одиночные и, наоборот, даже одиночные сигналы кажутся сдвоенными.

Модифицированный тест по оценке восприятия ритмических последовательностей стимулов (ВРПС) выполняется следующим образом: испытуемому на комфортном уровне громкости бинаурально через головные телефоны в случайном порядке предъявляется 12 последовательностей из 6 вариантов 3-х тональных стимулов: КДД, ДКД, ДКК, ДКД, ККД, КДК (К-короткий сигнал, Д-длинный), то есть дважды повторяется каждый из 6 вариантов ритмического рисунка. Частоты стимула составляют 500, 1 000, 2 000 и 4 000 Гц. Задача испытуемого – ответить, какую последовательность сигналов он услышал (например, «короткий-длинный-короткий»). Результат подсчитывается как процент правильных ответов из 12 предъявлений.

Бинауральное освобождение от маскировки проявляется, если сигнал или шум варьируют по фазе от 0 до 180 градусов при подаче на одно ухо относительно другого, при этом конкурирующий сигнал или шум подаются в одной фазе бинаурально. Это приводит не только к разделению фазы начала стимула между ушами, но также к увеличению воспринимаемого уровня громкости вследствие добавления амплитуды волны, накладывающейся при бинауральной суммации. Пациенту подается тон надпороговой интенсивности частотой 500 Гц в одно ухо. В это же ухо подается маскирующий шум и повышается его интенсивность до полного исчезновения сигнала. При подаче в другое ухо сигнала с обратной фазой (антифазный сигнал), несмотря на то, что интенсивность сигналов и маскеров не меняется, сигнал воспринимается испытуемым, то есть исключается эффект маскировки. Аналогичная ситуация наблюдается и при изменении фазы маскера в одном из ушей. Чтобы вновь замаскировать сигнал, необходимо повысить интенсивность маскера. В соответствии с действующей номенклатурой приняты следующие обозначения: S – сигнал, N – шум, o – монофазная бинауральная подача звука, ¶ – противофазная бинауральная подача звука. Условия проведения теста бинаурального освобождения от маскировки: 1) однофазная SoNo, при которой сигнал подается в одной фазе на оба уха, и шумовой маскер также подается в одной фазе на оба уха. Это условие используется как точка отсчета, поскольку

при нем маскировка максимально выражена, а порог обнаружения сигнала наименьший; 2) противофазная $S\text{¶}No$, при которой сигнал подается с разницей по фазе 180° на разные уши, а шум подается в одной фазе; при этом происходит освобождение от маскировки и достигается наилучший порог обнаружения сигнала. Результат подсчитывается как разность между порогом обнаружения сигнала в шуме при условии подачи $SoNo$ и порогом обнаружения сигнала в шуме при условии подачи $S\text{¶}No$. В норме показатель бинаурального освобождения от маскировки составляет 13-15 дБ. [10].

Для **определения дифференциального порога по частоте (ДПЧ)** пациенту монаурально (на ведущее ухо) с комфортным уровнем громкости подаются звуковые сигналы на двух частотах (500 и 1 000 Гц). Сначала подается сигнал без модуляций по частоте, который звучит как ровный звук. Затем подаются сигналы с постепенным увеличением модуляций по частоте (0,2 Гц; 0,4 Гц; 0,6 Гц; 0,8 Гц; 1 Гц; 2 Гц; 3 Гц; 5 Гц). Задача пациента – ответить, когда подаваемый звук перестает звучать как ровный, а воспринимается как колеблющийся, вибрирующий. Наименьшее значение модуляции по частоте, при котором пациент воспринимает звук как колеблющийся, считается дифференциальным порогом по частоте и в норме составляет 0,4-0,6 Гц.

2.1.2 Речевые методы тестирования

Оценка монауральной разборчивости односложных слов в тишине выполняется следующим образом: на комфортном уровне громкости монаурально через головные телефоны пациенту подают односложные слова, сначала – на ведущее (или лучше слышащее) ухо, затем – на второе ухо [2]. Для определения комфортного уровня громкости слова начинают предъявлять с интенсивностью, на 35 дБ превышающей порог слышимости на 1 кГц, затем интенсивность меняют с шагом в 5 дБ в зависимости от пожеланий пациента, который должен

выбрать громкость сигнала, достаточную, чтобы слышать слово, но не дискомфортную. Задача пациента – повторять каждое услышанное слово. Всего на каждое ухо подается по 20 слов. Результатом считается процент правильно повторенных пациентом слов (одно слово оценивается как 5%). Нормой считается результат $\geq 90\%$ [2].

В тесте по **оценке разборчивости разнотонных слов в шуме** был использован стандартный список из 30 разнотонных слов, произносимых на фоне шума (многоголосие) с отношением сигнал/шум 0 дБ [7]. Тест проводился в свободном поле с использованием 2 звуковых колонок, расположенных под углом 90 градусов; расстояние от колонок до головы пациента составляло 1 метр. Интенсивность сигнала контролировалась с помощью шумомера и соответствовала интенсивности 65 дБ НПС при частоте калибровочного сигнала 1 кГц, что соответствует громкости разговорной речи. Пациент был инструктирован повторить слово, как он его услышит. Результатом являлось количество правильно повторенных слов в процентах, каждое слово составляло 3,3%.

Для исследования бинаурального взаимодействия в нашей работе использовался **тест чередующейся бинаурально речью (ЧБР)**. В этом тесте на комфортном уровне громкости пациенту через головные телефоны подаются 20 односложных слов, каждое из которых делится пополам: одна половина слова подается на одно ухо, а другая половина сразу после этого подается на второе ухо. Задача пациента – повторять каждое услышанное слово. Результат рассчитывается как процент правильно повторенных слов. В норме процент разборчивости в тесте ЧБР может быть ниже, чем процент моноауральной разборчивости односложных слов, но эта разница не должна превышать 20% [11].

При проведении **дихотического числового теста (ДЧТ)** две различные пары двузначных чисел от 11 до 99 на комфортном уровне громкости подаются одновременно на разные уши. Всего предъявляют 20 пар чисел. Задача пациента – повторить оба услышанных числа в произвольном порядке. Результат подсчитывается как процент правильно повторенных чисел с каждого уха (каждое число оценивается как 5%). У людей с нормальными порогами слуха результат

должен составлять $\geq 90\%$ на каждое ухо, а у людей с хронической сенсоневральной тугоухостью слабой и средней степени $\geq 80\%$ [125].

В адаптивном русском фразовом матричном тесте (RuMatrix) речевой материал состоит из 5 слов. Для создания фраз используется 10 имен собственных, 10 глаголов, 10 числительных и 10 существительных. Порядок слов следующий: 1-е – мужское или женское имя, 2-е – глагол, 3-е – числительное, 4-е – прилагательное и 5-е – существительное. Например, «Иван хочет пять красных залов». При создании теста было записано 100 фраз, произносимых диктором-женщиной, которые затем разрезались на отдельные слова. Новые фразы создавали путем объединения соответствующих слов в случайном порядке с сохранением коартикуляции с прилегающим словом, таким образом, при тестировании пациенту подаются синтаксически фиксированные, но семантически бессмысленные предложения, что устраняет влияние фактора догадки на результат. В процессе тестирования фразы могут подаваться как в тишине, так и на фоне шума. Маскирующий шум образован 30-кратным случайным наложением всех фраз [47]. Длительность типичного трека из 20 фраз – около 4 минут. Задача пациента — повторить услышанное предложение или хотя бы отдельные слова, если полностью повторить фразу пациент затрудняется.

В нашем исследовании сначала пациенту монаурально (на ведущее или лучше слышащее ухо) подавали 20 фраз *в тишине* с адаптивно меняющимся уровнем громкости. Оценивали интенсивность, при которой достигалась 50%-ная разборчивость речи в дБ УЗД (относительно исходного уровня звукового давления). Затем на том же ухе проводили тестирование *на фоне шума*. Предъявляли три трека по 20 фраз на фоне шума: 1-й – при фиксированном отношении сигнал/шум, равном 2 дБ УЗД (для ознакомления с речевым материалом), 2-й и 3-й – в адаптивном режиме на фоне шума интенсивностью 65 дБ УЗД: при фиксированном уровне шума интенсивность речевого сигнала менялась автоматически, уменьшаясь при правильном ответе испытуемого и увеличиваясь при неправильном ответе. Оценивали отношение сигнал/шум (в дБ SNR), при котором достигался уровень 50% речевой

разборчивости (SRT_{50}). Измерения выполняли в условиях открытого выбора (испытуемые повторяли услышанные фразы, не имея визуальной опоры). Оценивали данные, полученные по итогам предъявления 3-го трека (первые два трека считались тренировочными).

Фразовый тест с вербальными заданиями и моторным ответом (VTMR – Verbal Tasks and Motor Responses) проводился в свободном поле. Для предъявления сигнала использовались 2 звуковые колонки, расположенные под углом 90 градусов; расстояние от колонок до головы пациента составляло 1 метр. Интенсивность сигнала контролировалась с помощью шумомера и соответствовала интенсивности 65 дБ НПС при частоте калибровочного сигнала 1 кГц, что соответствует громкости разговорной речи. Оборудование, необходимое для проведения теста VTMR, включает пять колец разного цвета, одно основание для них, один молоточек, одну деревянную конструкцию с четырьмя разноцветными палочками и CD диск с вербальными командами, например, «Возьмите зеленое кольцо» или «Молоточком стукните по красной палочке один раз», подаваемыми на фоне усредненного шума речевого спектра. Задача пациента – не повторить услышанную команду, а выполнить инструкцию. Всего пациенту подается 25 команд, пауза между которыми длится 8 секунд. Результат рассчитывается как процент правильно выполненных заданий (моторных ответов), каждое задание оценивается в 4%.

2.2 Слуховая тренировка как метод реабилитации при нарушениях речевой разборчивости

Реабилитация пациентов с ХСНТ и нарушениями разборчивости речи включала 2 направления: 1) подбор и настройка СА; 2) слуховая тренировка.

Слуховая тренировка, как часть процесса реабилитации, необходима, поскольку СА не восстанавливает состояние слуховой системы до нормы, а лишь

улучшает слышимость звука. Звуковые сигналы, передаваемые СА, акустически отличаются от нормальных необработанных звуков, следовательно, воспринимать и обрабатывать их для извлечения смысловой информации труднее. Кроме того, центральные отделы слуховой системы пациентов с ХСНТ чаще всего уже претерпели изменения вследствие слуховой депривации в течение длительного времени, что не позволяет достичь максимальной разборчивости речи даже при оптимальном слухопротезировании.

Для обеспечения процедуры слуховой тренировки и оценки результатов использовалось программное обеспечение, представляющее собой модификацию системы «Учись слушать» с возможностью проводить слуховые тренировки в условиях разного акустического фона [8]. В набор упражнений для слуховой тренировки входили задания: 1) на различение неречевых сигналов с изменениями их длительности (пауза, ритм), частоты (высота), интенсивности (ударение); 2) на распознавание речевых стимулов (одно- и разнотелные слова, восприятие целевого слова на фоне речевой помехи).

Перед проведением слуховой тренировки пожилым пациентам с ХСНТ и сниженной разборчивостью речи программа тренировок была апробирована на школьников и лицах молодого возраста, как с нормальными порогами слуха, так и со слухо-речевыми расстройствами. Для тренировки взрослых пациентов использовались преимущественно упражнения с речевыми сигналами, а для тренировки детей были больше представлены задания на развитие слухового анализа с предъявлением неречевых сигналов. Слуховая тренировка строилась по общему алгоритму, предполагающему постепенный переход от простых заданий к более сложным.

Занятия по слуховой тренировке всем пациентам проводились 1-2 раза в неделю в течение 8 недель, длительность одного занятия для взрослых пациентов составляла 60 минут, а для детей – 35 минут.

В процессе тренировки использовали положительную и отрицательную обратную связь для подтверждения правильности ответа или ошибки. Все сигналы могли прослушиваться повторно в удобном для слушателя темпе (использовалась

произвольная команда «вызова стимула»). Дополнительно фиксировалось время реакции испытуемого. Испытуемые с нарушениями слуха тренировались в СА или в наушниках с помощью стандартной звукоусиливающей аппаратуры.

Для оценки эффективности занятий, помимо нарастания уровня сложности и качества выполняемых заданий по аналитическому восприятию, определялось изменение скорости реакций, состояние коммуникативного статуса. С этой целью проводилось повторное логопедическое и аудиологическое обследование.

Большую помощь в составлении программ слуховой тренировки оказала Е.А. Огородникова – кандидат биологических наук, зав. лабораторией психофизиологии речи ФГБУН Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, а в процессе проведения занятий по слуховой тренировке и логопедического обследования – Л.Г. Ломоватская – учитель-дефектолог сурдологопедического кабинета ПСПбГМУ им. И.П. Павлова.

2.3 Объем исследований. Контингент испытуемых

В процессе работы было обследовано **183 человека**.

94 пациента (54 человека с ХСНТ и 40 человек с нормальными порогами слуха, составивших контрольную группу), были обследованы с помощью **набора неречевых тестов и методов речевой аудиометрии, включая тест RUMatrix**.

Из 54 пациентов с ХСНТ было выделено две подгруппы:

- 1) 40 человек пожилого возраста (60-74 года, средний возраст $68,6 \pm 3,9$) с двусторонней хронической сенсоневральной тугоухостью (ХСНТ) 2-3 степени;
- 2) 14 пациентов молодого возраста (20-44 лет, средний возраст $32,6 \pm 6,4$) с двусторонней ХСНТ 2-3 степени.

Контрольная группа также была разбита на две подгруппы:

- 1) 20 пациентов пожилого возраста (60-74 года, средний возраст $66,9 \pm 4,2$) с нормальными порогами слуха;

- 2) 20 лиц молодого возраста (20-44 года, средний возраст $29,3 \pm 5,7$) с нормальными порогами слуха.

Критериями включения в контрольную группу являлись: нормальные пороги слуха в соответствии с международной классификацией, принятой в России, тимпанограмма типа «А», отсутствие субъективных жалоб на нарушение разборчивости речи.

Критериями исключения для всех групп являлись: заболевания наружного уха, наличие хронического отита, наличие неврологической патологии.

При изучении *теста с вербальными заданиями и моторным ответом* было обследовано **32 человека** (24 женщины и 8 мужчин) в возрасте от 60 до 88 лет, из которых были выделены 2 группы:

- 1) первую группу составили 20 пациентов без нарушений когнитивных функций (средний возраст $72,4 \pm 4,6$ лет) с ХСНТ 2-3-й степени, пользующихся СА;

- 2) во вторую группу вошли 12 пациентов (средний возраст $74,5 \pm 8,9$ лет) с нарушениями когнитивных функций легкой степени и нормальными порогами слуха (когнитивный статус оценивался с помощью шкалы Mini-Mental State Examination, MMSE, описанной в главе 4).

Курс занятий по *слуховой тренировке* прошли **56 человек**:

- 1) 21 школьник в возрасте 9-10 лет с нормальными порогами слуха (у 10 из них имели место признаки центральных слуховых расстройств и нарушения речевого развития; 11 детей без признаков слухоречевой патологии составили контрольную группу);

- 2) 29 взрослых лиц в возрасте 19-22 лет (7 – с нормальными порогами слуха и признаками центральных слуховых расстройств; 12 – с ХСНТ 2-3-й степени и признаками центральных слуховых расстройств; 10 – контрольная группа без нарушений слуха и речи). Испытуемые обеих контрольных групп проходили разовое тестирование по всему набору тренировочных заданий; их результаты были использованы для сравнительного анализа полученных данных.

- 3) 7 пожилых пациентов – пользователей СА с ХСНТ 2-3-й степени и нарушениями разборчивости речи.

Все исследования проводились на базе лаборатории слуха и речи НИЦ ПСПбГМУ им. И.П. Павлова, сурдологического отделения СПб ГБУЗ «Городской гериатрический Медико-социальный центр».

2.4 Методы статистической обработки результатов

При анализе данных использовались следующие методы математической статистики:

Проверка соответствия выборочных данных нормальному закону распределения проводилась с помощью критерия Колмогорова-Смирнова.

При сравнении средних значений групп использовался t-test или непараметрический критерий Манна-Уитни (Mann-Whitney). В случае трех и более групп применялся метод дисперсионного анализа ANOVA с post-hoc анализом (тест Шеффе).

- Различия между зависимыми переменными исследовались с применением дисперсионного анализа для повторных наблюдений ANOVA Repeated или критерия Вилкоксона (Wilcoxon) для зависимых переменных.
- Расчет корреляций проводился с использованием корреляций по Пирсону (Pearson) и Спирмену (Spearman). Значимость связей между категориальными переменными проверялась с использованием таблиц сопряженности признаков и критерия хи-квадрат (χ^2).

Статистические решения принимались на 5%-ном уровне значимости.

Расчеты проводились при помощи программного комплекса SAS на кафедре клинической фармакологии и доказательной медицины ПСПбГМУ им. И.П. Павлова.

Глава 3

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ РАЗБОРЧИВОСТИ РЕЧИ У ЛИЦ РАЗНОГО ВОЗРАСТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАЛИЧИЯ И СТЕПЕНИ ВЫРАЖЕННОСТИ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ И ЦЕНТРАЛЬНЫХ СЛУХОВЫХ РАССТРОЙСТВ

Наличие дисфункций периферического и центрального отдела слуховой системы приводит к нарушению анализа речевых сигналов и, соответственно, снижению разборчивости речи. В связи со сложностью устройства центральной слуховой системы не существует единого теста, позволяющего однозначно оценить ее состояние и количественно определить нарушение разборчивости речи. Различные тесты направлены на оценку разных способностей слуховой системы (временной и частотный анализ, освобождение от маскировки, бинауральное взаимодействие и т.д.), лежащих в основе восприятия речи как сложной акустической информации. Это послужило основанием к созданию рабочей гипотезы о возможной связи результатов неречевых тестов с речевой разборчивостью, а также побудило к поиску наиболее чувствительного теста речевой аудиометрии, позволяющего комплексно оценивать слуховую систему (как периферический, так и центральный ее отделы), чему посвящена данная глава.

3.1 Результаты неречевых методов оценки слуха

В контрольной группе среднее арифметическое порогов слуха на 4-х частотах (0,5, 1, 2, 4 кГц) у молодых и пожилых пациентов было меньше 25 дБ НПС ($9,5 \pm 1,9$ дБ НПС и $17,1 \pm 3,4$ дБ НПС соответственно), что удовлетворяло критериям нормального слуха по международной классификации, принятой в РФ. Несмотря на это, было установлено, что у пожилых испытуемых

контрольной группы пороги слуха были достоверно выше (хуже), чем у молодых ($p < 0,001$). Это может быть объяснено пресбиакузисом, присущим нормальному процессу старения.

Анализ результатов теста обнаружения паузы (GDT), оценки восприятия ритмической последовательности стимулов (ВРПС) и определения дифференциального порога по частоте (ДПЧ) показывает аналогичные результаты (таблица 1): выявлена достоверная разница между результатами молодых лиц с нормальным слухом и пожилых как с нормальным слухом, так и с ХСНТ ($p < 0,05$).

Таблица 1 – Результаты неречевых тестов ($M \pm m$)^{*}

| Тест | Молодые пациенты | | Пожилые пациенты | |
|--|---------------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| | Норма слуха | ХСНТ | Норма слуха | ХСНТ |
| Порог слуха на 4-х частотах (0,5, 1, 2, 4 кГц) (дБ НПС) | 9,5±1,9 | 46,6±5 | 17,1±3,4 | 49,1±5,6 |
| Порог обнаружения паузы в тесте GDT (мс) | 6,9±5,9 (n=19) ^{**} | 9,1±7,9 (n=12) | 16,7±14,5 (n=10) | 15,1±10,8 (n=19) |
| Оценка восприятия ритмической последовательности стимулов (число правильных ответов) | 8,1±2,1 | 7,1±1,5 | 5,2±2,4 | 5,9±2,2 |
| Дифференциальный порог по частоте (Гц) | 0,6±0,2 | 0,7±0,4 | 1,5±0,8 | 1,6±1 |
| Величина бинаурального освобождения от маскировки (дБ) | 14,6±1,1 | 15,4±1,3 | 15±1,6 | 10,3±3,4 |

Примечания

^{*} – М – среднее арифметическое; m – стандартное отклонение.

^{**} – n – количество пациентов, прошедших тест GDT.

Достоверной разницы между результатами групп молодых пациентов с нормальным слухом и ХСНТ нет. Нет подобной разницы и между двумя группами пожилых пациентов. Среди пациентов пожилого возраста половина испытуемых не смогли пройти тест GDT (их порог обнаружения паузы составил более 40 мс): 10 человек из 20 пациентов с нормальными порогами слуха и 21 человек среди пациентов с ХСНТ. Молодые пациенты даже с ХСНТ справились с тестом лучше: не смогли пройти его лишь 4 человека с ХСНТ и 1 человек с нормальным слухом.

Результаты тестов GDT, ВРПС и ДПЧ не коррелируют с результатами каких-либо речевых тестов или с тональными порогами слуха.

В тесте бинаурального освобождения от маскировки выявлена достоверная разница между результатами пожилых пациентов с ХСНТ и остальных групп ($p < 0,05$); между результатами других групп достоверной разницы нет. Результаты этого теста имеют корреляцию с показателями в тесте ЧБР ($R = 0,63$).

Результаты всех неречевых тестов суммированы в таблице 1.

По критерию Стьюдента существует достоверное влияние ХСНТ на результаты всех проведенных тестов, кроме тестов GDT, ВРПС.

По результатам анализа ANOVA имелось влияние комбинированного фактора (возраст пациента + состояние периферического слуха) на результаты абсолютно всех неречевых тестов ($p < 0,05$).

Обсуждение полученных результатов

Тест обнаружения паузы (GDT) и модифицированный тест по оценке восприятия ритмической последовательности стимулов (ВРПС) относятся к группе тестов, характеризующих временную обработку стимула. Временная обработка звукового сигнала – одна из базовых способностей слуховой системы. Звуки по своей природе являются физическими событиями, происходящими во времени, поэтому практически неизбежно, что нарушение нейрональной обработки временных параметров выльется в нарушение восприятия звуковой информации. Временная обработка прослеживается на всех уровнях, начиная

от базовой нервной импульсации слухового нерва и до корковой обработки. Она включает 4 компонента: 1) определение временной последовательности; 2) временную разрешающую способность (способность фиксировать быстрые изменения сигнала во времени); 3) временную суммацию (уменьшение порога восприятия тона при увеличении продолжительности сигнала до 300 мс); 4) маскировку во времени. Механизмы нервной системы, отвечающие за временную обработку, до конца не понятны. Несмотря на то, что ствол и подкорковые структуры в какой-то мере обеспечивают временной анализ, в первую очередь, эта функция зависит от состояния слуховой коры и межполушарных взаимодействий [126, 129]. Известно, что при поражении коры височной области пороги восприятия длительных тонов не меняются, тогда как восприимчивость ультракоротких звуков (от 1 до 5 мс) на противоположном ухе нарушается [2]. Этот факт заставляет думать, что роль слуховой коры заключается не только в том, чтобы принимать звуковые сигналы от периферического рецептора, но и в том, чтобы стабилизировать эти сигналы, позволяя человеку воспринимать и их более короткие компоненты.

Определение порога обнаружения паузы (как в тесте GDT) – общепринятый метод оценки временной разрешающей способности, позволяющий определить наиболее короткий промежуток времени, который человек может распознать между двумя звуковыми сигналами. Результаты, полученные в нашем исследовании, а именно достоверная разница между порогами обнаружения паузы у пациентов разного возраста и отсутствие такой разницы у пациентов одного возраста с различным состоянием периферической слуховой системы, а также отсутствие корреляции результатов GDT с тональными порогами слуха, могут свидетельствовать в пользу того, что перцептивные каналы обработки сигнала с целью обнаружения паузы локализованы центрально, поскольку повреждения периферии слуховой системы (ХСНТ) не влияют на их функционирование, зато были обнаружены возрастные разницы в обнаружении паузы. Этот факт был доказан и другими исследователями [159]. В исследованиях прошлых лет было показано, что тест GDT чувствителен к обнаружению

кортикальных нарушений, особенно левого полушария [113, 129]. Как показало наше исследование, пожилые пациенты с нормальным слухом, так же как и пожилые пациенты с ХСНТ, имели более высокие пороги обнаружения паузы, а половина испытуемых вообще была не способна выполнить тест, что указывает на существование возрастной дегенерации центральных отделов слуховой системы. Подобные данные были получены и другими авторами [162, 163]. Результаты пациентов, полученные в тесте GDT, отображены на рисунке 2.

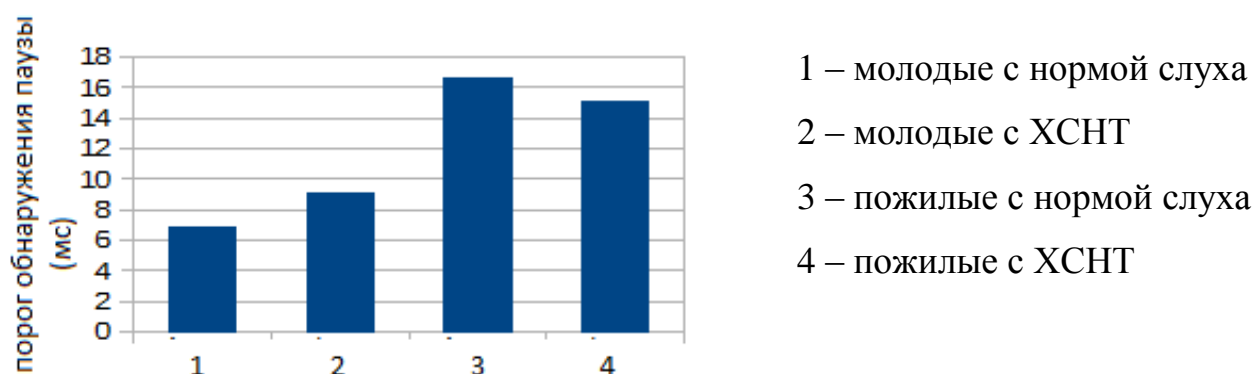


Рисунок 2 – Результаты теста обнаружения паузы.

Нарушения временной обработки сигнала существенно влияют на способности к восприятию речи, поскольку обнаружение тонких временных различий в сигнале важно при обработке речевого сигнала [163]. Однако в нашем исследовании значимых корреляций результатов теста GDT с результатами отдельных речевых тестов выявлено не было.

Тест ВРПС оценивает способность человека к обработке временной последовательности. Точная обработка временной последовательности требует наличия анатомически и физиологически интактных слуховых областей обоих полушарий. Опыты на животных выявили, что билатеральная абляция слуховой коры ведет к серьезному нарушению распознавания слуховых паттернов [41]. Обследования больных с патологией мозолистого тела и коры доказали, что у таких пациентов наблюдается значительный дефицит распознавания длительности и временной последовательности звуков, поскольку обработка контура сигнала происходит в правом полушарии, а затем информация через

мозолистое тело передается в левое полушарие, где сигнал получает вербальное обозначение. В случаях, когда пациент затрудняется словесно обозначить предъявленную последовательность звуков, но при этом способен правильно ее напеть, причину следует подозревать не в перцептивном слуховом дефиците, а в патологии левого полушария или мозолистого тела [125].

В нашем исследовании была выявлена достоверная разница результатов теста ВРПС между группами молодых и пожилых пациентов и отсутствие разницы у пациентов одной возрастной группы с разными порогами слуха, то есть результаты теста ВРПС, как и теста GDT, зависят не от состояния периферической слуховой системы, но от функционирования центральных слуховых отделов. Многими исследователями доказано, что тесты по определению временной последовательности сигналов разной длительности обладают высокой чувствительностью и специфичностью к обнаружению центральных слуховых расстройств [125] и относительно устойчивы к повреждениям улитки, поскольку не зависят от хорошей частотной разрешающей способности [128].

Результаты пациентов, полученные в тесте ВРПС, показаны на рисунке 3.

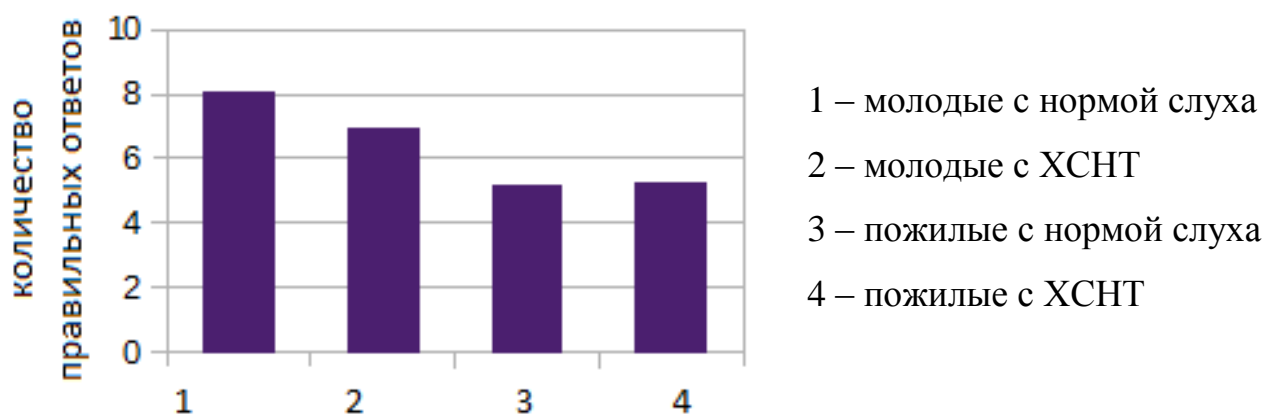


Рисунок 3 – Результаты теста по оценке восприятия ритмических последовательностей стимулов.

Независимость обработки временных параметров от состояния улитки демонстрируется и данными нашего исследования: не было выявлено достоверного влияния ХСНТ на результаты тестов GDT и ВРПС.

Дифференциальный порог по частоте

Области головного мозга, отвечающие за частотный анализ и взаимодействие полушарий, особенно подвержены возрастным изменениям. Поэтому тесты по оценке частотной обработки могут представлять интерес для выявления предполагаемого центрального пресбиакузиса [38]. В нашем исследовании эти данные полностью подтверждаются: выявляется достоверная разница между результатами молодых и пожилых пациентов, что свидетельствует в пользу наличия возрастных изменений в восприятии дифференциальных порогов по частоте. Результаты пациентов, полученные в тесте ДПЧ, отображены на рисунке 4. Подобные данные были получены и другими исследователями [85, 94].

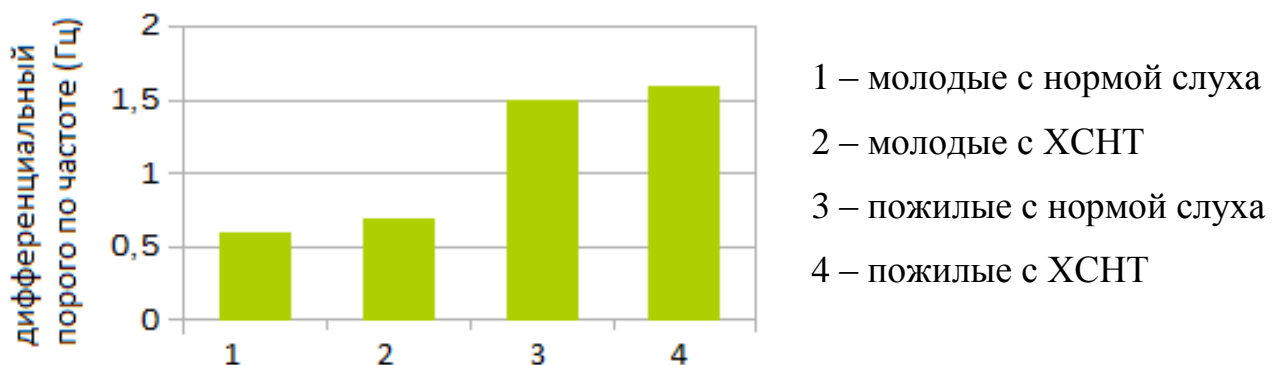


Рисунок 4 – Результаты теста по оценке дифференциального порога по частоте.

Тест бинаурального освобождения от маскировки

Бинауральное освобождение от маскировки происходит вследствие способности слуховой системы использовать едва уловимую разницу фазы и амплитуды между сигналом и маскирующим шумом при бинауральной подаче. Разница в уровнях маскировки обеспечивает нам возможность объяснить некоторые бинауральные процессы, лежащие в основе способности эффективно слушать и общаться, несмотря на наличие шума и ревербераций [10]. Естественно

предположить, что при нарушении этой способности человек может испытывать трудности при общении в шумной среде. Освобождение от маскировки основывается на бинауральных взаимодействиях на уровне ствола головного мозга ниже верхнеоливарного комплекса, где информация от ушей впервые объединяется. Когда однофазно подается только широкополосный шум, детектор совпадения в стволе вызывает нервное возбуждение постоянной амплитуды в широком спектре частот, таким образом, введение однофазно подаваемого сигнала не оказывает эффекта на активность детектора совпадения, ведь межушная временная разница полезного сигнала и маскира не меняются. Когда же сигнал подается антифазно, он аннулирует компоненты маскира на этой частоте, улучшая таким образом порог обнаружения [125].

Исследования на пациентах с нормальным слухом и пациентах, перенесших резекцию слуховой области коры, показывают, что даже при отсутствии билатерально интактной слуховой коры эффект бинаурального освобождения от маскировки имеет место, тогда как у пациентов с патологией ствола головного мозга его не наблюдается [43]. Таким образом, функция бинаурального освобождения от маскировки нарушается при патологии нижних уровней ствола головного мозга [140] или слухового нерва [80].

Мнения о влиянии возрастных изменений на результаты теста бинаурального освобождения от маскировки противоречивы. Некоторые исследователи не обнаружили значительной разницы в порогах бинаурального освобождения от маскировки у молодых и пожилых пациентов, другие, напротив, обнаружили [125]. В отношении оценки возрастных изменений центральной слуховой системы, тест бинаурального освобождения от маскировки обычно не очень показателен, поскольку большинство пациентов не имеют грубых нарушений на уровне ствола [117]. Это подтверждается и данными нашего исследования: достоверная разница результатов была обнаружена лишь между группой пожилых пациентов с ХСНТ, которые существенно хуже справились с тестом, и остальными группами. Результаты пациентов, полученные в тесте бинаурального освобождения от маскировки, показаны на рисунке 5.

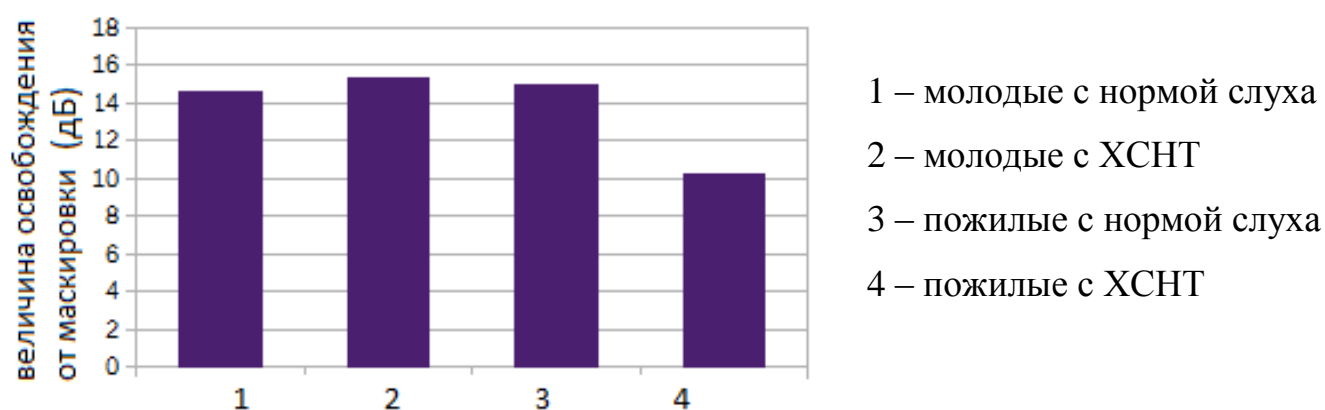


Рисунок 5 – Результаты теста бинаурального освобождения от маскировки.

Известно, что периферическая тугоухость оказывает влияние на бинауральное освобождение от маскировки, возможно, путем худшего кодирования временных параметров сигнала на периферии [157]. Кроме того, длительная слуховая депривация или деградация акустического сигнала на периферии ведет к аномальной стимуляции на уровне ствола [120], возможно этим фактом объясняется ухудшение бинаурального освобождения от маскировки лишь у пациентов при сочетании ХСНТ и возрастных изменений. При этом на бинауральное освобождение от маскировки влияет частотный спектр тугоухости: если повышения порогов на 500 Гц нет, то и нарушения бинаурального освобождения от маскировки на этой частоте не обнаруживается [140].

Особенно страдает бинауральное освобождение от маскировки при долго персистирующей односторонней тугоухости, в т.ч. кондуктивной, однако может восстанавливаться со временем при восстановлении слуха [176]. Поскольку в нашем исследовании участвовали пациенты с двусторонней симметричной тугоухостью, у нас не было возможности проверить эти данные. Таким образом, тест бинаурального освобождения от маскировки целесообразнее проводить пациентам, у которых имеются данные о возможном повреждении ствола или при наличии односторонней тугоухости.

Выявленная в нашем исследовании корреляция результатов тестов бинаурального освобождения от маскировки и ЧБР ($R=0,63$) предсказуема, так как оба теста оценивают процесс интеграции информации, поступающей бинаурально.

Хотя существует много предположений о взаимосвязи отдельных психоакустических характеристик слуховой системы и разборчивости речи [110], в нашем исследовании не было получено значимых корреляций между результатами неречевых и речевых тестов. Подобное отсутствие корреляции было подтверждено и другими исследователями [110, 182]. Это можно объяснить тем, что восприятие речи – сложный процесс, который не может быть предсказан на основе отдельных психоакустических характеристик слуховой системы.

3.2 Результаты речевого тестирования

По результатам анализа ANOVA имелось влияние комбинированного фактора (возраст пациента + состояние периферического слуха) на результаты абсолютно всех речевых тестов ($p < 0,05$).

3.2.1 Оценка разборчивости односложных слов в тишине

Как показало исследование монауральной разборчивости (анализировались результаты ведущего уха), результаты у пожилых пациентов с ХСНТ были достоверно хуже, чем результаты у слушателей контрольных групп с нормальным слухом ($p < 0,05$). Разница между результатами молодых и пожилых пациентов с ХСНТ была не достоверна ($p > 0,05$). Разборчивость односложных слов составила у молодых лиц с нормальным слухом $98 \pm 3,4\%$, с ХСНТ – $90,4 \pm 6,6\%$; у пожилых лиц с нормальным слухом – $92 \pm 10,0\%$, с ХСНТ – $79,6 \pm 20,1\%$. Результаты пациентов, полученные в тесте по оценке разборчивости односложных слов, представлены на рисунке 6. Однако при проведении этого исследования проявлялся так называемый «эффект потолка» (у всех испытуемых

достигались достаточно высокие показатели), поэтому полноценно сравнить результаты не представляется возможным.

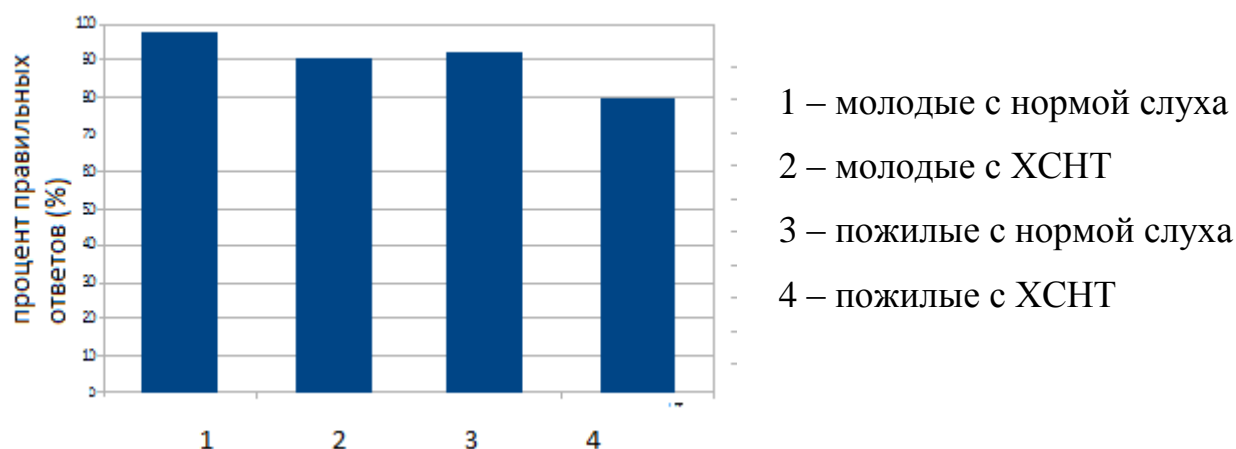


Рисунок 6 – Результаты теста по оценке разборчивости односложных слов.

Можно сделать вывод, что данный тест является ориентировочным для оценки разборчивости речи пациента, и его изолированное использование не позволяет адекватно и всесторонне оценить функционирование слуховой системы.

При анализе результатов всех групп были выявлены корреляции между монауральной разборчивостью односложных слов и результатами теста ЧБР ($R=0,64$), а также с разборчивостью фраз в тесте RUMatrix на фоне шума ($R=0,7$), но не разборчивостью фраз в тесте RUMatrix в тишине.

3.2.2 Тест чередующейся бинаурально речью

В отличие от монауральной разборчивости односложных слов, в тесте ЧБР выявлена достоверная разница между результатами пожилых пациентов с ХСНТ и результатами остальных групп слушателей, в том числе и молодых с ХСНТ ($p<0,05$): бинауральная разборчивость у молодых испытуемых с нормальным слухом составила $95,8\pm5,2\%$, с ХСНТ – $86,4\pm5\%$, у пожилых с нормальным

слухом – $83,5 \pm 9,9\%$, с ХСНТ – $61,4 \pm 1,1\%$. Результаты теста ЧБР у пациентов разных групп показаны на рисунке 7.

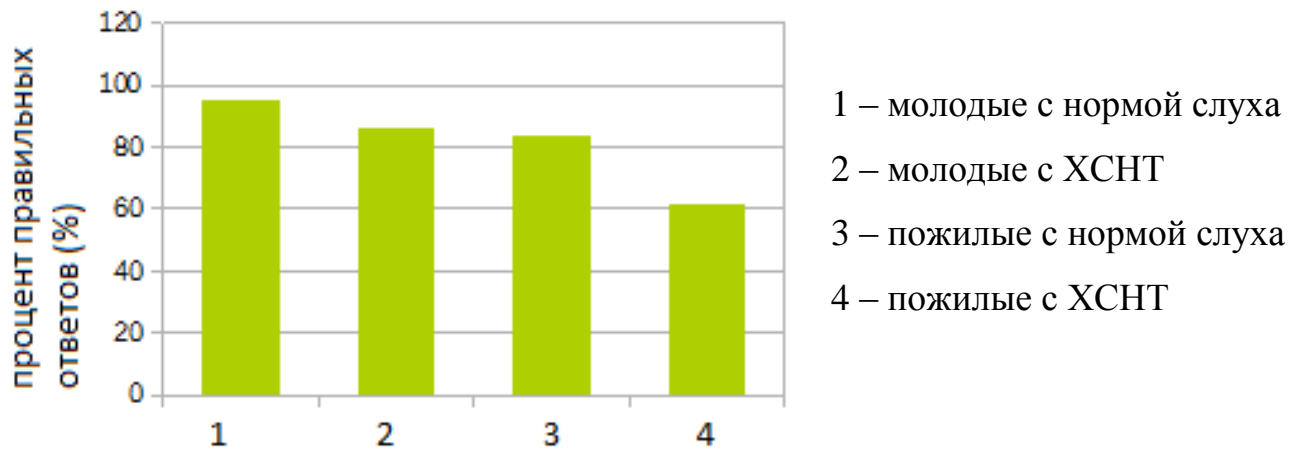


Рисунок 7 – Результаты теста чередующейся бинаурально речью.

Так же как и в монауральном тесте по оценке разборчивости односложных слов, у многих пациентов достигался «эффект потолка». Однако, поскольку в тесте ЧБР, в отличие от теста по оценке монауральной разборчивости слов, выявляется достоверное различие результатов между молодыми и пожилыми пациентами с ХСНТ, можно предположить, что тест ЧБР более чувствителен для выявления возрастных изменений центральных отделов слуховой системы. Данными других исследователей подтверждается, что механизмы бинаурального взаимодействия зависят от сбалансированного входного сигнала с обеих ушей и более чувствительны к длительной периферической тугоухости, нежели механизмы монаурального слушания [125].

Кроме уже упоминавшейся корреляции с результатами теста бинаурального освобождения от маскировки ($R=0,63$), результаты теста ЧБР коррелируют с монауральной разборчивостью односложных слов ($R=0,64$), а также с разборчивостью фраз по данным теста RUMatrix в тишине ($R=-0,61$) и на фоне шума ($R=-0,66$).

3.2.3 Дихотический числовой тест

Результаты дихотического числового теста (ДЧТ) различались для правого уха (которое являлось ведущим у подавляющего большинства пациентов) и левого уха. Для результатов с правого уха была получена достоверная разница только между группами пациентов с нормальным слухом (молодых и пожилых) и пожилых с ХСНТ ($p < 0,05$), между группами пациентов разных возрастов с ХСНТ достоверной разницы нет: разборчивость с правого уха в ДЧТ у молодых с нормальным слухом составила $92,3 \pm 6\%$, с ХСНТ – $83,6 \pm 9,9\%$, у пожилых с нормальным слухом – $89,6 \pm 8,7\%$, с ХСНТ – $77,4 \pm 17,3\%$. Также нет достоверной разницы между пациентами разного возраста с нормальными порогами слуха, хотя результаты группы молодых пациентов удовлетворяют нормативным рамкам ($\geq 90\%$), а пожилых пациентов – нет.

При анализе результатов ДЧТ с левого уха, кроме перечисленных различий, дополнительно выявлена достоверная разница между результатами молодых и пожилых пациентов с ХСНТ ($p < 0,05$). Разборчивость с левого уха в ДЧТ у молодых испытуемых с нормальным слухом составила $91,5 \pm 7,6\%$, с ХСНТ – $85,4 \pm 13,8\%$, у пожилых с нормальным слухом – $83,3 \pm 14,8\%$, с ХСНТ – $60,5 \pm 20,9\%$. Результаты пациентов в тесте ДЧТ представлены на рисунке 8.

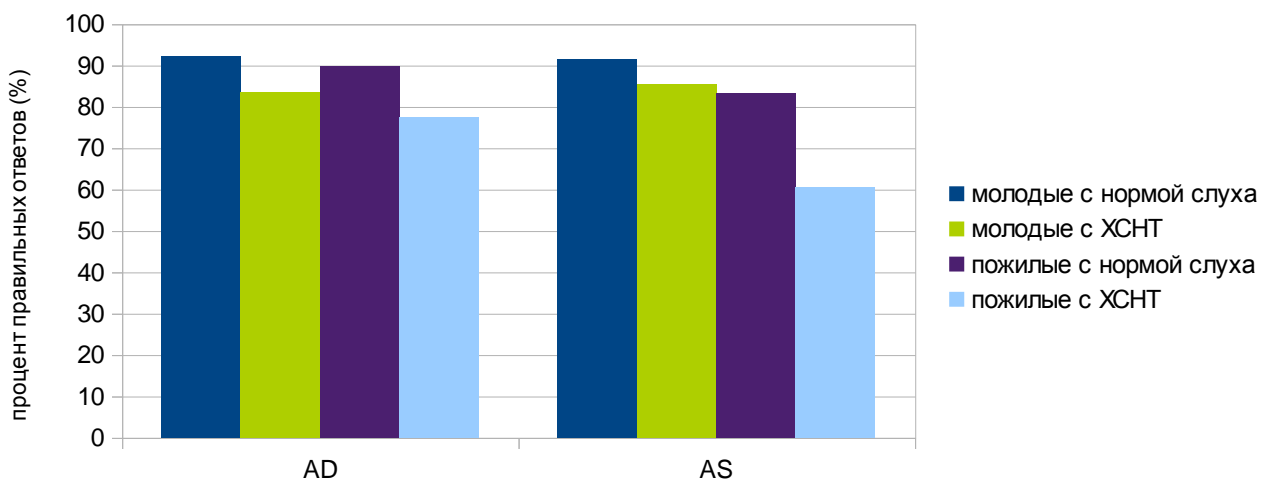


Рисунок 8 – Результаты дихотического числового теста.

На основании таких данных можно сделать вывод о том, что процесс обработки информации, поступающей на не ведущее ухо, больше подвержен изменениям за счет центрального дефицита и нарушается раньше, чем обработка информации, поступающей на ведущее ухо. Также предположительно он первым страдает при нарушении интеграции бинауральной информации, поскольку результаты с правого уха не коррелируют с результатами других тестов, а результаты с левого уха коррелируют с результатами тестов ЧБР ($R=0,67$) и бинаурального освобождения от маскировки ($R=0,6$).

Известно, что повреждение слуховой коры проявляется дефицитом контралатерального уха при дихотическом тестировании [82], а при полном удалении слуховой коры одного полушария наблюдается полное угасание ответов с контралатерального уха [53]. При патологии ствола, наоборот, возможен дефицит ипсилатерального уха [124], что не постоянно и зависит от локализации повреждения. Однако в нашем исследовании у пациентов не было данных об одностороннем повреждении коры, поэтому можно предположить, что за ухудшение результатов пожилых пациентов, особенно с левого уха, ответственна дисфункция мозолистого тела, так как восходящие контралатеральные пути сильнее ипсилатеральных, а следовательно, при ухудшении межполушарного обмена ведущее ухо начинает сильнее доминировать при дихотическом предъявлении стимула. По данным литературы, подобное влияние возрастных изменений на дихотическое слушание было подтверждено с помощью фМРТ. Т. Thomsen и соавторы (2004) обнаружили, что у пожилых лиц усиливается преимущество правого уха даже при инструкции выполнения направленных ответов с левого уха; эти явления имеют место даже у пожилых лиц с сохранной остротой слуха [28]. Известно, что ухудшение результатов дихотического тестирования происходит в возрасте 60-70 лет и прогрессирует с каждым последующим десятилетием [125], при этом возрастное ухудшение результатов с левого уха, как в нашем исследовании, можно считать типичным. Например, J. Jerger и соавторы (1994) показали увеличение междушной асимметрии в дихотических тестах после 50 лет, начиная с 5% превосходства правого уха над левым и увеличиваясь до 10% к 70 годам. В 80 лет наблюдалось резкое

увеличение асимметрии, что было отмечено при выполнении ДЧТ не только в формате бинауральной интеграции, но и разделения [61].

J. Jerger и соавторы (1995) при сравнении результатов дихотического теста у пожилых пациентов без грубых неврологических нарушений и пациентов с патологией мозолистого тела отметили, что дефицит левого уха первых приближался к таковому вторых [55]. Эти результаты позволяют предположить, что ухудшение результатов ДЧТ с возрастом, отмеченное в нашем исследовании, связано, главным образом, с дегенеративными изменениями мозолистого тела в процессе старения. Морфологическим подтверждением данной гипотезы может служить наличие корреляции между размером мозолистого тела и результатами дихотических тестов у здоровых пожилых слушателей, выявленное в исследовании L. Gootjes и соавт. (2007). Авторы обнаружили, что уменьшение размеров isthmus и splenium было связано с увеличением межушной асимметрии [171].

Оценка дихотической обработки информации – важный компонент батареи тестов по оценке функционирования слуховой системы. Больше 50% аудиологов по опросу D.C. Emanuel и соавторов (2011) используют дихотические тесты в своей практике [64]. Эти тесты показывают высокую чувствительность к патологии центральной слуховой системы [51], а также могут использоваться для оценки селективного слухового внимания [90]. Кроме того, при анализе результатов дихотического теста можно минимизировать влияние нарушений когнитивных функций, так как вряд ли снижение интеллекта может асимметрично влиять на речевое восприятие [104].

3.2.4 Адаптивный русский матричный фразовый тест RUMatrix в тишине и на фоне шума

Использование фраз в качестве речевого материала лучше позволяет оценить процесс повседневной коммуникации, чем тестирование отдельными словами. При выполнении речевой аудиометрии посредством фраз максимальная разборчивость

достигается при меньших уровнях интенсивности, что позволяет определять пороги восприятия речи точнее и эффективнее, чем при использовании отдельных слов [119]. Использование семантически бессмысленных фраз, как в тесте RUMatrix, позволяет минимизировать влияние эффекта «догадки» на результаты и исключить возможность использования пациентами контекста. Кроме того, такие фразы трудны для запоминания, что позволяет многократно тестировать пациента при аудиологическом обследовании в процессе лечения и реабилитации. То, что фразы состоят 5 слов, для каждого из которых существует только 10 альтернатив, обеспечивает компромисс между необходимостью использовать широкий набор языковых единиц для повышения точности обследования и необходимостью учитывать ограниченные способности испытуемого к запоминанию. Поддержание стабильной структуры фраз, специфичной для языка, и использование наиболее широко употребляемых слов минимизирует влияние синтаксических и лингвистических знаний испытуемого на результат [177].

Результаты пациентов, полученные нами в тестах RUMatrix в тишине и RUMatrix в шуме приведены в таблице 2.

При анализе результатов теста ***RUMatrix в тишине*** выявлена достоверная разница между показателями, полученными в группах испытуемых с нормальным слухом и с ХСНТ ($p < 0,05$). Между результатами молодых и пожилых пациентов с ХСНТ достоверной разницы не обнаружено, поэтому можно предположить, что на снижение разборчивости речи в тишине основное влияние оказывает именно повышение тональных порогов слуха. Это подтверждается и наличием достоверной разницы между результатами молодых и пожилых пациентов с нормальным слухом: как уже отмечалось выше, у пожилых пациентов пороги слуха, хотя и попадают с точки зрения международной классификации в нормативные интервалы ≤ 25 дБ, все же достоверно хуже, чем у молодых пациентов ($p < 0,001$). Среднее значение порогов слуха в зоне речевых частот (0,5, 1, 2 и 4 кГц) у лиц молодого возраста составило $9,5 \pm 1,9$ дБ НПС, колеблясь у разных испытуемых от 6,3 до 12,5 дБ НПС, а у лиц пожилого возраста – $17,1 \pm 3,4$ дБ УЗД (от 8,8 до 21,3 дБ ПС).

Таблица 2 – Результаты тестов RUMatrix в тишине и RUMatrix в шуме ($M \pm m$)^{*}

| Оцениваемый показатель в тесте RUMatrix | Молодые пациенты | | Пожилые пациенты | |
|--|------------------|----------|------------------|----------|
| | Норма слуха | ХСНТ | Норма слуха | ХСНТ |
| Интенсивность сигнала, при которой достигался 50%-й порог разборчивости в тишине (дБ УЗД) | 19,4±3,8 | 51,0±9,2 | 27,7±4,6 | 53,1±8,2 |
| Отношение сигнал/шум, при котором достигался 50%-й порог разборчивости (дБ SNR) | -8,8±0,8 | -4,3±1,9 | -7±0,8 | -2,2±2,8 |

Примечание – ^{*} – М – среднее арифметическое; m – стандартное отклонение.

Результаты пациентов, полученные в тесте RUMatrix в тишине, показаны на рисунке 9.

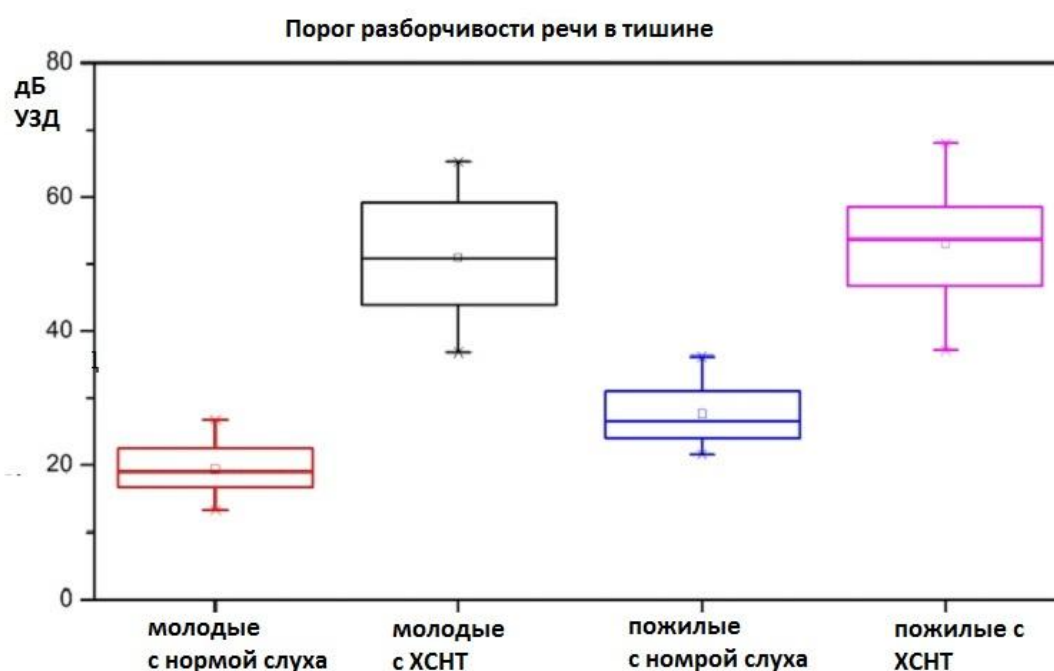


Рисунок 9 – Результаты теста RUMatrix в тишине.

Тест RUMatrix в тишине показал высокую корреляцию разборчивости речи с тональными порогами слуха ($R=0,89$), что показано на рисунке 10. Данная корреляция также может свидетельствовать о том, что показатели разборчивости речи в тишине определяются в первую очередь слышимостью сигнала, т.е. состоянием периферической слуховой системы.

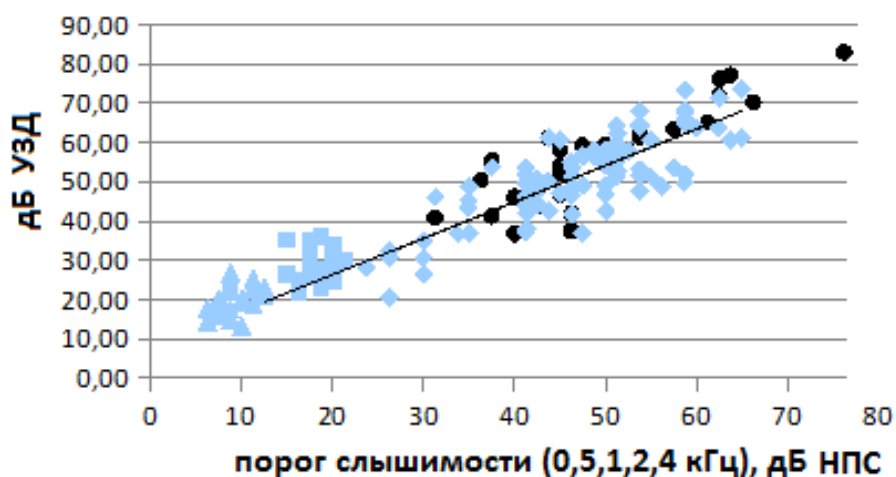


Рисунок 10 – Результаты RUMatrix в тишине и тональные пороги слуха.

По данным теста **RUMatrix в шуме** выявлены достоверные различия результатов между всеми четырьмя группами испытуемых ($p<0,001$); у молодых пациентов с тугоухостью установлена корреляция порогов разборчивости речи в шуме с тональными порогами слуха ($R=0,54$). Среди пожилых лиц с ХСНТ эта корреляция не определялась ($R=0,33$), что указывает на наличие в данной группе, наряду с периферическими (кохлеарными) нарушениями слуха, дополнительных факторов, ухудшающих речевую разборчивость, в частности, центральных слуховых расстройств.

У 19 из 20 молодых испытуемых с нормальным слухом отношение сигнал/шум, при котором достигалась 50%-ная разборчивость речи (SRT_{50}) было в пределах нормального диапазона: среднее значение SRT_{50} составило $-8,7 \pm 0,9$ дБ SNR (разброс от -10,4 до -7 дБ SNR). У пожилых лиц, даже с нормальным слухом, показатели SRT_{50} были хуже, чем у молодых, даже при сравнении испытуемых с одинаковыми порогами слуха ($p<0,001$). Среднее значение SRT_{50} у пожилых лиц

было равно $-6,9 \pm 1,1$ дБ SNR, что, в среднем, на 1,8 дБ SNR хуже, чем у молодых испытуемых (разброс от -8,2 до -3,3 дБ SNR). Эти результаты согласуются с другими данными о снижении разборчивости речи, преимущественно в шуме, у пожилых людей с нормальными порогами слуха [122].

Результаты в группах с ХСНТ составили у молодых пациентов $-4,3 \pm 1,9$ дБ SNR (разброс от -7 до 0,4 дБ SNR), а у пожилых пациентов $-2,2 \pm 2,8$ дБ SNR (разброс от -6,9 до 3,5 дБ SNR).

Результаты пациентов, полученные в тесте RUMatrix в шуме, показаны на рисунке 11.

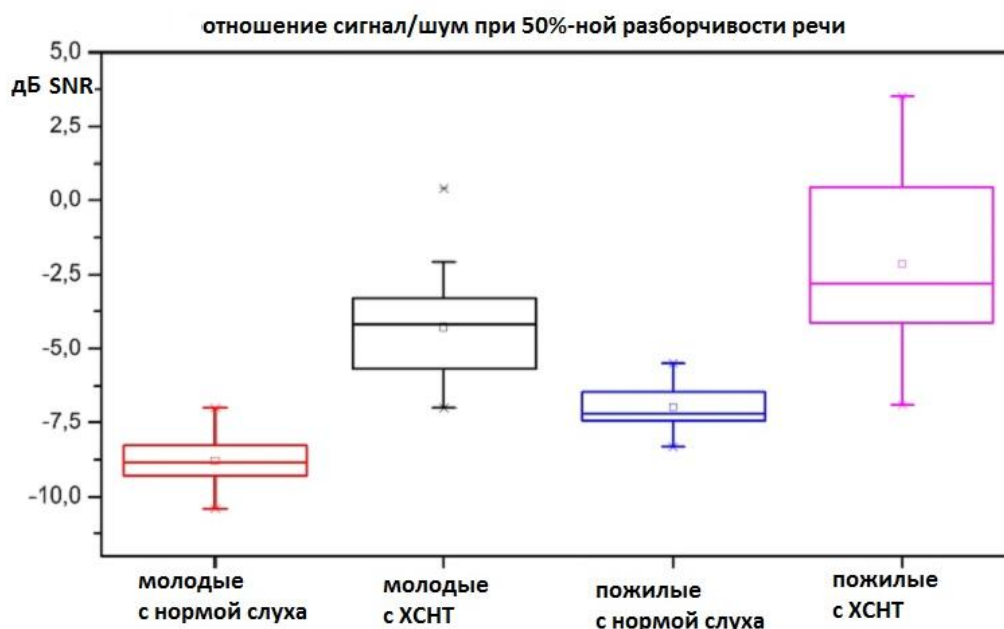


Рисунок 11 – Результаты теста RUMatrix в шуме.

Корреляция между результатами теста RUMatrix в шуме и тональными порогами слуха для всех групп оказалась меньше, чем подобная корреляция с результатами теста RUMatrix в тишине ($R=0,7$ и $0,89$ соответственно). Это указывает на то, что снижение разборчивости речи на фоне шума обусловлено не только периферической тугоухостью, но и искажениями обработки речевого сигнала в центральных отделах слуховой системы.

Полученные результаты согласуются с данными других исследователей, продемонстрировавших, что разборчивость речи на фоне шума у пациентов

с ХСНТ, особенно пожилого возраста, в большинстве случаев гораздо хуже, чем разборчивость речи в тишине, и что хорошая разборчивость речи в тишине не является показателем хорошей разборчивости на фоне шума [191]. В ряде зарубежных клинических исследований было установлено, что тестирование речью на фоне шума определяет способность слуховой системы к слуховому восполнению и чувствительно к патологии слуховой коры, в том числе при ее дегенеративных возрастных изменениях [88]. Также было найдено отклонение от нормальных результатов у пациентов с патологией ствола головного мозга [101], однако в меньшей степени.

Доказано также, что, кроме патологии центральной слуховой системы, к снижению внутренней избыточности слуховой системы приводит наличие ХСНТ. Дефицит спектрального фильтрования и временной разрешающей способности, являющийся следствием ХСНТ, может значительно снизить разборчивость речи при выполнении монауральных низкоизбыточных тестов [125].

Как следует из данных, представленных на рисунке 11, пожилые пациенты с ХСНТ показывают большую вариабельность результатов теста RUMatrix в шуме, чем пациенты других групп или при выполнении теста RUMatrix в тишине. Такой существенный разброс результатов у пожилых пациентов с ХСНТ при исследовании в шуме свидетельствует о том, что показатели разборчивости речи в шуме чувствительны к индивидуальным особенностям функционирования слуховой системы, что не проявляется при тональной аудиометрии или речевых тестах в тишине. Подобные данные были получены и другими исследователями [190].

Результаты тестов RUMatrix в тишине и в шуме коррелируют между собой ($R=0,85$), а также с тестами бинаурального взаимодействия (ЧБР) ($R=0,6$). Кроме того, имеются корреляции между результатами теста RUMatrix в шуме и показателями монауральной разборчивости односложных слов ($R=-0,7$) и результатами дихотического числового теста с левого уха ($R=-0,61$); по данным теста RUMatrix в тишине подобных корреляций нет.

Интересна выявленная нами корреляция между разборчивостью речи на фоне шума и показателями дихотического числового теста с левого уха, поскольку известно, что на результаты монауральных низкоизбыточных тестов не влияет состояние мозолистого тела [130], а следовательно, подобные результаты могут свидетельствовать о том, что нейродегенеративные изменения у пациентов пожилого возраста обычно не ограничены какой-либо одной областью, а захватывают в большей или меньшей степени всю центральную слуховую систему.

По данным К. Strom (2006), меньше половины аудиологов используют в своей практике тестирование речью в шуме [169]. В России подобное положение вещей долгое время поддерживалось отсутствием доступных тестов и нормативных данных. В нашем исследовании мы попытались объяснить, почему проверку разборчивости речи на фоне шума необходимо сделать обязательным компонентом аудиологического обследования. Во-первых, RUMatrix в шуме показал себя высокочувствительным тестом для выявления патологий слуховой системы, в том числе, в качестве скринингового инструмента для выявления центральных слуховых расстройств. Некоторые авторы считают, что при обследовании пожилых пациентов вообще нет необходимости в проведении большого количества аудиологических тестов, если выявляется ухудшение показателей в тестах по оценке разборчивости речи в шуме [32]. Во-вторых, большинство специалистов признают, что наиболее частой жалобой пациентов является именно нарушение разборчивости речи на фоне шума, особенно если фоновый шум представлен многоголосием [32], а тест RUMatrix в шуме позволяет количественно оценить, насколько состоятельна данная жалоба. В-третьих, тест RUMatrix в шуме моделирует повседневную ситуацию (восприятие фраз на фоне шума) и его результаты помогают понять степень функционального дефицита, испытываемого пациентом, тем самым предоставляя практическую информацию для планирования реабилитации, прогнозирования эффективности слухопротезирования и давая возможность проконсультировать пациента относительно его ожиданий от СА.

Таким образом, адаптивный фразовый тест RUMatrix на фоне шума является наиболее чувствительным инструментом для исследования разборчивости речи и комплексной оценки состояния периферических и центральных звеньев слуховой системы.

Глава 4

РЕЗУЛЬТАТЫ РЕЧЕВОГО ТЕСТА С ВЕРБАЛЬНЫМИ ЗАДАНИЯМИ И МОТОРНЫМ ОТВЕТОМ

В апробации теста VTMR участвовали 32 человека (24 женщины и 8 мужчин) в возрасте от 60 до 88 лет, из которых были выделены 2 группы. Первую группу составили 20 пациентов без нарушений когнитивных функций (средний возраст $72,4 \pm 4,6$ лет) с двусторонней симметричной ХСНТ 2-3-й степени, пользующихся СА. Во вторую группу вошли 12 пациентов (средний возраст $74,5 \pm 8,9$ лет) с нарушениями когнитивных функций легкой степени и нормальными порогами слуха.

Для диагностики нарушений когнитивных функций использовалась краткая шкала оценки психического статуса (Mini-Mental State Examination, MMSE), которая состоит из 30 заданий, позволяющих исследователю оценить состояние арифметических способностей, памяти и временно-пространственной ориентации пациента [69]. Отбирались пациенты с результатом теста MMSE в пределах 25-27 баллов.

Средний порог слуха по воздуху на частотах 0,5, 1, 2, 4 кГц у пациентов первой группы составил 56 ± 9 дБ НПС, а у пациентов второй группы он был равен 17 ± 3 дБ НПС.

Всем пациентам проводилась отоскопия, тональная пороговая аудиометрия и речевая аудиометрия в свободном поле: традиционный тест по оценке разборчивости разнотонных слов в шуме [6] и русская версия теста VTMR.

Пациенты с тугоухостью проходили тесты с использованием СА и без него, что потребовало двух посещений. Остальные пациенты проходили тесты во время одного посещения. Все пациенты с ХСНТ использовали заушные цифровые многоканальные СА, оптимально настроенные с помощью формулы NAL NL1.

Тест VTMR и тест по оценке разборчивости разнотонных слов проводились по методике, описанной выше, в разделе 2.1.2.

Все пациенты первой группы прошли тест VTMR значительно лучше, чем тест по оценке разборчивости слов. Процент правильных ответов в тесте VTMR, в среднем, составил $73,2 \pm 29,2\%$ без СА и $88,6 \pm 20,5\%$ в СА, а в традиционном тесте, соответственно, $34,8 \pm 20,9$ и $56,0 \pm 18,4\%$. Таким образом, можно сделать вывод о более высокой чувствительности традиционного теста.

Результаты обоих вариантов речевой аудиометрии, пройденных с использованием СА, были достоверно лучше, чем без него ($p < 0,001$), что указывает на хороший эффект коррекции слуха посредством СА в обследованной группе пациентов. При анализе результатов оценки эффективности слухопротезирования на основании обоих методов речевой аудиометрии было произведено дополнительное деление пациентов первой группы на 2 подгруппы в зависимости от возраста. В подгруппу «А» вошли 10 человек пожилого возраста (от 60 до 73 лет, средний возраст $66,6 \pm 6$ лет), а в подгруппу «Б» – 10 человек старческого возраста (от 75 до 83 лет, средний возраст $78,2 \pm 3,2$ лет). На основании разницы между результатами речевого теста, пройденного с использованием СА и без него, оценивали прирост разборчивости. Установлено, что у пациентов подгруппы «А» прирост разборчивости в СА по результатам традиционного речевого теста был достоверно больше, чем аналогичный прирост в тесте VTMR ($p < 0,001$). А у пациентов подгруппы «Б» результаты были обратными: прирост разборчивости, полученный по данным традиционного теста, был достоверно меньше, чем по данным теста VTMR ($p < 0,001$). Результаты традиционного теста и теста VTMR пациентов обеих подгрупп первой группы приведены в таблице 3.

Следует отметить, что при выполнении традиционного речевого теста имел место значительный разброс результатов, который в максимальной степени был выражен у пациентов подгруппы «А» при оценке разборчивости слов без СА (худший показатель составил 5%, а лучший – 90%); при исследовании в СА эти показатели колебались от 35% до 95%. По данным теста VTMR у 9 из 10 пациентов подгруппы «А» результат был равен или больше 80% (как без СА, так и в СА), что свидетельствует о меньшей чувствительности теста VTMR и объясняет низкий показатель прироста разборчивости при использовании СА.

Таблица 3 – Речевая разборчивость ($M \pm m$)* при оценке эффективности слухопротезирования у пациентов первой группы по данным традиционного теста и теста VTMR

| Подгруппа / Возраст (лет) | Разборчивость по данным традиционного теста (%) | | | Разборчивость по данным теста VTMR (%) | | |
|------------------------------|--|-----------|---------|---|-----------|---------|
| | без СА | в СА | Прирост | без СА | в СА | Прирост |
| «А» (n=10)** 66,6±6 | 39±25,3 | 64,5±15,4 | 25,5 | 84,8±22,8 | 91,2±21,1 | 6,4 |
| «Б» (n=10) 78,2±3,2 | 30,5±15,9 | 47,5±17,8 | 17 | 61,6±31,3 | 86±20,6 | 24,4 |

Примечания

* – М – среднее арифметическое; m – стандартное отклонение.

** – n – число испытуемых.

Что касается пациентов старческого возраста (подгруппы «Б»), то у них отмечались худшие результаты обоих речевых тестов по сравнению с пациентами пожилого возраста (подгруппы «А»). При этом разница между разборчивостью слов в СА и без СА по данным традиционного теста была недостоверной ($p > 0,5$). А результаты теста VTMR, напротив, продемонстрировали хороший эффект от использования СА, что, прежде всего, связано с его простотой: пациентам старческого возраста легче было разбирать фразы и выполнять предложенные простые инструкции, чем повторять отдельные слова. Кроме того, тест VTMR проводился на фоне усредненного шума речевого спектра, а традиционный речевой тест – на фоне шума многоголосия, что еще больше усложняло его, повышая чувствительность и позволяя оценить эффективность слухопротезирования в условиях, приближенных к реальной жизни.

У 12 пациентов второй группы (с легкими нарушениями когнитивных функций и нормальным слухом) результат традиционного теста по оценке разборчивости слов, в среднем, составил $88 \pm 12\%$. Тест VTMR удалось провести

только 11 пациентам, поскольку один из испытуемых страдал дальтонизмом. Результаты теста VTMR у всех 11 пациентов составили 100%. Это подтверждает меньшую зависимость результатов теста VTMR от интеллектуальных способностей пациента и доказывает, что тест оценивает исключительно слуховые способности.

Как показало наше исследование, пациенты старших возрастных групп значительно лучше выполняют тест VTMR по сравнению с традиционным тестом по оценке разборчивости слов, требующим большего напряжения когнитивных функций. Использование смыслового контекста в тесте VTMR позволяет снизить воздействие возрастных изменений на речевую разборчивость и минимизировать влияние нейрокогнитивных процессов на понимание речи [116]. Простота и избыточность теста VTMR облегчает восприятие вербальных команд и прохождение теста. Это особенно важно при обследовании лиц со снижением интеллектуальных способностей, которые требуют длительного обучения перед тестированием и плохо проходят традиционную речевую аудиометрию [191]. Данная гипотеза получила подтверждение при обследовании нормально слышащих пациентов с синдромом Дауна, которые лучше проходили тест VTMR, чем обычную речевую аудиометрию [50]. Мануальное выполнение заданий проще и меньше обусловлено лингвистическим багажом пациента, скоростью речи и когнитивными факторами, чем построение речевых ответов (слов, фраз) при выполнении традиционной речевой аудиометрии. Воспроизведение слов или фраз требует вовлечения сложных интеллектуальных навыков, подвержено влиянию лингвистического контекста и зачастую зависит от возраста пациента. Простота теста VTMR и относительная независимость от умственных возможностей пациента позволяет использовать его, например, при наличии нарушений когнитивных функций у пациента, когда плохой результат речевой аудиометрии может быть в большей степени обусловлен снижением интеллекта, нежели нарушением слуха.

Глава 5**РЕЗУЛЬТАТЫ РЕАБИЛИТАЦИИ
ПРИ НАРУШЕНИИ РЕЧЕВОЙ РАЗБОРЧИВОСТИ****5.1 Результаты слуховой тренировки у испытуемых молодого возраста
с различными нарушениями слухоречевой функции**

В апробации слуховой тренировки участвовали 50 человек: 21 учащийся младшего школьного возраста и 29 взрослых лиц. Всем испытуемым проводилось комплексное логопедическое и аудиологическое обследование, которое включало тональную пороговую аудиометрию и оценку состояния центральных отделов слухового анализатора с использованием тестов восприятия ритмических последовательностей стимулов, обнаружения паузы, определения дифференциальных порогов по частоте, разборчивости речи в шуме.

По результатам обследования среди учащихся младшего школьного возраста были выделены 2 группы: 1) «У-1» (n=10) – учащиеся 9-10 лет с нормальными порогами слуха, наличием признаков центральных слуховых расстройств и нарушениями речевого развития: общее недоразвитие речи 3 уровня с проявлениями дислексии и дисграфии (нарушения языкового анализа и синтеза); 2) «У-К» (контрольная, n=11) – учащиеся 9-10 лет с нормальными порогами слуха, без признаков центральных слуховых расстройств и без речевых нарушений.

Среди взрослых испытуемых были выделены 3 группы: 1) «В-1» (n=7) – пациенты 18-20 лет с нормальными порогами слуха, признаками центральных слуховых расстройств и нарушениями речи (общее недоразвитие речи 2-3 уровня с дислексией/дисграфией); 2) «В-2» (n=12) – пациенты 18-20 лет с двусторонней симметричной ХСНТ 2-3-й степени, использующие слуховые аппараты, с признаками центральных слуховых расстройств, без речевых нарушений; 3) «В-К» (контрольная, n=10) – молодые лица 19-22 лет с нормальными порогами слуха, без центральных слуховых расстройств и без речевых нарушений.

Как показало тестирование испытуемых контрольных групп «У-К» и «В-К», доля правильных ответов в различных речевых и неречевых заданиях у школьников и взрослых лиц превышала 90%. У взрослых испытуемых она приближалась к 100%. Некоторые затруднения встречались иногда при выполнении заданий по оценке ритмических последовательностей и распознаванию целевого слова в условиях речевой помехи. Так, в группе «В-К» доля правильных ответов в заданиях на различение гласных звуков, одно- и разносложных слов, вариантов ритмических последовательностей и целевого слова в условиях речевой помехи составила, соответственно, $99,8 \pm 0,14\%$; $100 \pm 0,01\%$; $100 \pm 0,01\%$; $98,8 \pm 1,2\%$ и $95,0 \pm 2,0\%$.

У всех пациентов с нарушениями слуха или речи (группы «У-1», «В-1» и «В-2») исходные результаты до начала тренировки были достоверно хуже по сравнению с результатами испытуемых контрольной группы соответствующего возраста. Самые низкие показатели демонстрировали пациенты с тугоухостью (группа «В-2»), несколько лучше – учащиеся младшего школьного возраста с речевыми расстройствами (группа «У-1»), еще лучше были показатели в группе взрослых лиц с речевыми расстройствами (группа «В-1»). Во всех указанных группах отмечено достоверное улучшение результатов тестирования после курса слуховой тренировки (таблицы 4, 5, 6).

Данные повторного обследования школьников, полученные в группе «У-1», свидетельствуют о значимых улучшениях слухового восприятия как неречевых сигналов, так и распознавания целевых слов в условиях речевой помехи (таблица 4).

Улучшение выражается как в увеличении доли правильных ответов, так и в снижении времени реакции при выполнении тестового задания. При этом показатели во всех тестах, кроме различения ритмических последовательностей, после курса слуховой тренировки превысили уровень уверенного распознавания (75% правильных ответов), и приблизились к оценкам, полученным у школьников группы «У-К» с нормальными порогами слуха и без речевых расстройств.

Таблица 4 – Результаты тестирования ($M \pm m$)* до и после курса слуховых тренировок в группе учащихся младшего школьного возраста («У-1»)

| Задания слуховой тренировки ** | Получение результата в начале (ДО) или в конце (ПОСЛЕ) курса тренировки | Среднее время реакции при выполнении тестового задания (с) | Уровень достоверности различий *** | Доля правильных ответов при выполнении тестового задания (%) | Уровень достоверности различий *** |
|--------------------------------|---|--|------------------------------------|--|------------------------------------|
| «ВЫСОТА» | ДО | 5,4±0,55 | 0,05 | 70,1±5,3 | 0,01 |
| | ПОСЛЕ | 4,3±0,25 | | 88,9±4,2 | |
| «РИТМ» | ДО | 5,7±0,43 | 0,05 | 44,5±6,4 | 0,01 |
| | ПОСЛЕ | 4,2±0,21 | | 69,4±4,2 | |
| «ПАУЗА» | ДО | 1,5±0,12 | 0,05 | 65,6±4,3 | 0,01 |
| | ПОСЛЕ | 1,2±0,06 | | 88,8±4,6 | |
| «ЦЕЛЬ» | ДО | 2,7±0,14 | 0,05 | 72±5,6 | 0,01 |
| | ПОСЛЕ | 2,3±0,14 | | 90±3,5 | |

Примечания

* – М – среднее арифметическое; m – стандартная ошибка среднего.

** – задания на различение изменений частоты («ВЫСОТА») и вариантов ритмических последовательностей («РИТМ»), на обнаружение паузы в сигнале («ПАУЗА»), на распознавание целевого слова на фоне речевой помехи («ЦЕЛЬ»).

*** – достоверность различий (парный t-критерий Стьюдента).

У взрослых испытуемых обеих групп наблюдалась аналогичная тенденция, которая хорошо видна на примере изменений показателя «доля правильных ответов», соответствующих значимому улучшению восприятия речевых и неречевых сигналов в группах «В-1» и «В-2» (таблицы 5, 6).

Таблица 5 – Результаты тестирования ($M \pm m$)* до и после курса слуховых тренировок в группе взрослых испытуемых с нормальным слухом и нарушениями речи («В-1»)

| Задания слуховой тренировки** | Получение результата в начале (ДО) или в конце (ПОСЛЕ) курса тренировки | Доля правильных ответов при выполнении тестового задания (%) | Уровень достоверности различий*** | Прирост доли правильных ответов при повторном тестировании (%) |
|-------------------------------|---|--|-----------------------------------|--|
| «РИТМ» | ДО | 53,6±6,0 | 0,01 | 17,1 |
| | ПОСЛЕ | 70,7±4,8 | | |
| «Гласные» | ДО | 87,1±2,0 | 0,01 | 10,6 |
| | ПОСЛЕ | 97,7±0,8 | | |
| «Слова-1» | ДО | 87,1±1,6 | 0,01 | 11,8 |
| | ПОСЛЕ | 98,9±0,4 | | |
| «Слова-2» | ДО | 87,9±1,1 | 0,01 | 11,1 |
| | ПОСЛЕ | 99,0±0,8 | | |
| «ЦЕЛЬ» | ДО | 64,3±2,2 | 0,01 | 25,7 |
| | ПОСЛЕ | 90,0±3,3 | | |

Примечания

* – М – среднее арифметическое; m – стандартная ошибка среднего.

** – задания на различение гласных звуков («Гласные»), односложных слов («Слова-1»), разносложных слов («Слова-2»), вариантов ритмических последовательностей («РИТМ»), на распознавание целевого слова в условиях речевой помехи («ЦЕЛЬ»).

*** – достоверность различий (парный t-критерий Стьюдента).

Таблица 6 – Результаты тестирования ($M \pm m$)* до и после курса слуховых тренировок в группе взрослых испытуемых с хронической двусторонней сенсоневральной тугоухостью без речевых расстройств («В-2»)

| Задания слуховой тренировки** | Получение результата в начале (ДО) или в конце (ПОСЛЕ) курса тренировки | Доля правильных ответов при выполнении тестового задания (%) | Уровень достоверности различий*** | Прирост доли правильных ответов при повторном тестировании (%) |
|---|---|--|-----------------------------------|--|
| «РИТМ» | ДО | 63±3,3 | 0,01 | 20,5 |
| | ПОСЛЕ | 83,5±2,9 | | |
| «Гласные» | ДО | 44,6±7,1 | 0,01 | 31,0 |
| | ПОСЛЕ | 75,6±4,5 | | |
| «Слова-1» | ДО | 60,1±5,3 | 0,01 | 21,7 |
| | ПОСЛЕ | 81,7±2,9 | | |
| «Слова-2» | ДО | 62,5±2,3 | 0,01 | 19,6 |
| | ПОСЛЕ | 82,1±2,5 | | |
| «ЦЕЛЬ» | ДО | 29,9±6,4 | 0,01 | 28,9 |
| | ПОСЛЕ | 58,8±5,6 | | |
| Примечания | | | | |
| * – М – среднее арифметическое; m – стандартная ошибка среднего. | | | | |
| ** – задания на различение гласных звуков («Гласные»), односложных слов («Слова-1»), разносложных слов («Слова-2»), вариантов ритмических последовательностей («РИТМ»), на распознавание целевого слова в условиях речевой помехи («ЦЕЛЬ»). | | | | |
| *** – достоверность различий (парный t-критерий Стьюдента). | | | | |

При сопоставлении результатов исходного тестирования пациентов групп «В-1» и «В-2» обращает на себя внимание значительно худшее выполнение заданий пациентами с ХСНТ по сравнению с пациентами, страдающими

нарушениями речи (таблицы 5, 6). По данным повторного обследования после курса тренировок эта разница несколько сглаживается за счет существенно более выраженного улучшения показателей повторного тестирования в группе лиц с ХСНТ: прирост доли правильных ответов в группе «В-2» достоверно больше, чем в группе «В-1».

Таким образом, слуховая тренировка была эффективна во всех группах пациентов: и у детей, и у взрослых, как с речевыми расстройствами на фоне нормальных порогов слуха, так и с тугоухостью. После курса тренировки было отмечено повышение разборчивости речи в шуме, улучшение коммуникативных способностей в целом. Кроме того, как показало повторное логопедическое обследование, при нарушениях речи тренировка положительно влияла и на речевые функции. Результаты пациентов, полученные до и после курса слуховой тренировки, а также пациентов контрольных групп показаны на рисунке 12.

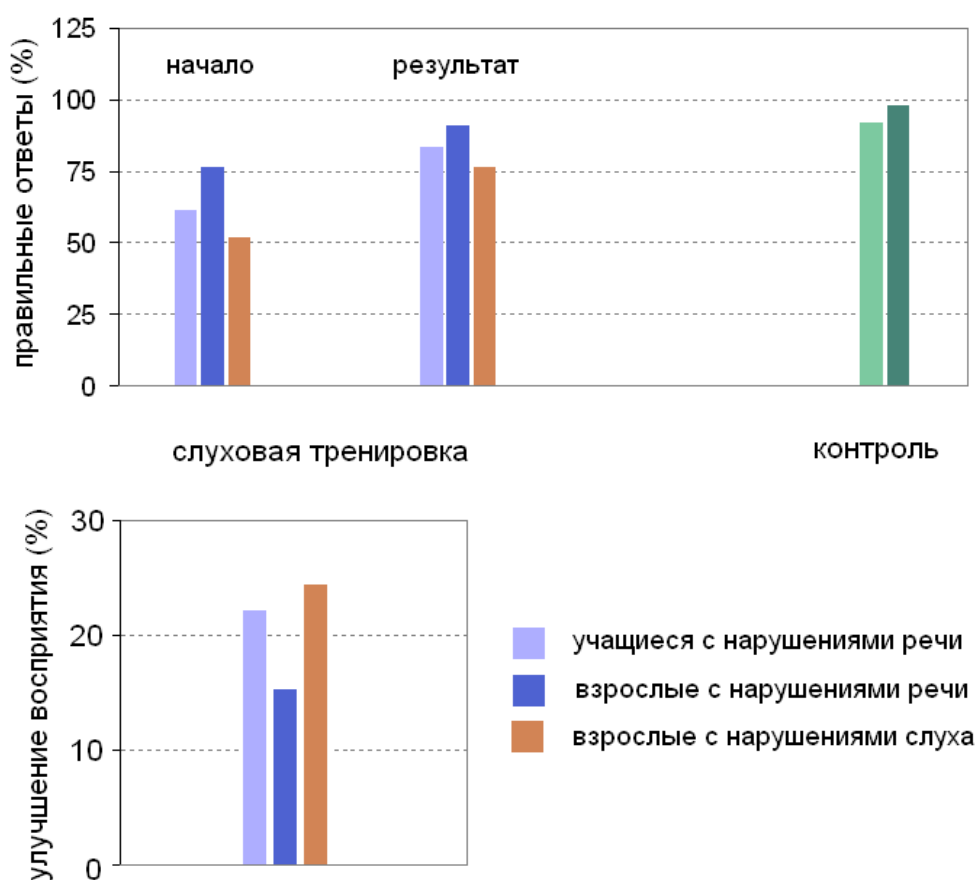


Рисунок 12 – Результаты пациентов, участвовавших в слуховых тренировках.

Обсуждение. Полученные результаты подтверждают данные предыдущих исследований о положительном влиянии слуховой тренировки на центральные отделы слухового анализатора не только в детском возрасте, но и у взрослых [67]. При этом сопоставление эффективности тренировки у пациентов групп «У-1» и «В-1» – школьников и взрослых лиц с аналогичными изменениями (нормальными порогами слуха и речевыми расстройствами) демонстрирует достоверно более выраженный эффект слуховой тренировки у детей, что объясняется более развитой способностью их головного мозга к нейропластичности [38].

Описанные изменения были показаны в многочисленных экспериментах на животных, получивших продолжение в исследованиях по слуховой стимуляции у человека [32, 38]. Доказано, что изменения в нервной системе происходят легче, если стимуляция проводится упорядоченным образом, с возрастающим уровнем сложности заданий по слуховой тренировке. Нейропластичность увеличивается при наличии обратной связи, достаточного подкрепления (усиления мотивации), при достижении уровня сложности, пограничного с возможностями пациента [66]. Алгоритм тренировки, используемый в настоящем исследовании, строился с использованием перечисленных принципов. Занятие начиналось с предъявления простых неречевых сигналов с последующим их усложнением и переходом к речевым стимулам.

Интенсивность и длительность слуховой тренировки также влияют на результат, однако сложно оценить их оптимальные значения. Некоторые авторы рекомендуют 5-7 тренировок в неделю по 30-60 мин., по меньшей мере, 4-6 недель, хотя было показано, что электрофизиологические изменения могут происходить быстрее и предшествовать поведенческим изменениям [76]. В нашем исследовании результат был достигнут менее интенсивной тренировкой (по 35-60 мин. два раза в неделю в течение 8 недель).

5.2 Результаты слуховой тренировки у лиц старших возрастных групп с сенсоневральной тугоухостью

В апробации слуховой тренировки приняли участие 7 человек пожилого возраста от 67 до 80 лет (средний возраст 70 ± 5 лет), пользующихся СА. Критерии включения в программу слуховой тренировки были следующие:

1. ХСНТ 1-3-й степени (костно-воздушный разрыв не больше 15 дБ, асимметрия по порогам в зоне 0,5-4 кГц не более 20 дБ).

2. Отсутствие заболеваний наружного или среднего уха, тимпанограмма типа «А».

3. Наличие центральных слуховых расстройств по результатам неречевых и речевых тестов (GDT, тест по оценке восприятия ритмической последовательности стимулов, определение дифференциального порога по частоте, оценка монауральной разборчивости односложных слов, тест ЧБР, дихотический числовой тест). При этом результаты 2-х или более тестов соответствуют ниже перечисленным показателям:

- 1) средний порог обнаружения паузы (GDT) не определяется или более 20 мс;
- 2) результат теста восприятие ритмической последовательности стимулов (ВРПС) менее или равен 50% (6 правильных ответов из 12 или менее);
- 3) дифференциальный порог по частоте больше 0,6 Гц;
- 4) монауральная разборчивость односложных слов на комфортном уровне громкости 50% и менее;
- 5) разборчивость в тесте ЧБР: разность между монауральной разборчивостью хуже разбирающего уха и бинауральной разборчивостью более 20%;
- 6) результат дихотического числового теста (ДЧТ) менее 80%.

В таблице 7 представлены результаты обследования пациентов, отобранных для курса слуховой тренировки.

Таблица 7 – Результаты тестов пациентов, отобранных для участия в слуховой тренировке

| Название теста (единица измерений) | Результаты ($M \pm m$) [*] |
|---|---------------------------------------|
| Тест обнаружения паузы (мс) | 10, n=1 ^{**} |
| Восприятие ритмической последовательности стимулов (число правильных ответов) | 6,2±2,1 |
| Определение дифференциального порога по частоте (Гц) | 2,5±1,4 |
| Разборчивость односложных слов (%) | 70±3,5 |
| ЧБР (%) | 54,2±31,8 |
| Дихотический числовой тест (правое ухо) (%) | 85±13,1 |
| Дихотический числовой тест (левое ухо) (%) | 49,2±31,2 |
| Примечания [*] – M – среднее арифметическое; m – стандартное отклонение. ^{**} – n – число пациентов, прошедших GDT. | |

Средние значения абсолютно всех тестов находятся ниже нормативных границ. Самые большие отклонения от нормы выявлены при исследовании временной разрешающей способности (всего 1 пациент выполнил тест обнаружения паузы, остальные пациенты с ним не справились). Полученные результаты тестов использовались для составления индивидуальной программы слуховой тренировки: наибольший акцент в заданиях делался на тренировке дефицитной функции.

Программа слуховой тренировки включала речевые и неречевые упражнения, перечисленные ниже.

1. Неречевые упражнения состояли из следующих заданий:

1) задания на различение звуков по высоте, содержащие наборы из 18 сигналов музыкальных звучаний разной высоты (длительность каждого – 1,3 с). Увеличение сложности стимуляции – от набора «1 инструмент – 1 интервал» до набора «3 инструмента – 2 интервала»;

2) задания на обнаружение паузы между 2-мя сигналами – 3 варианта (тональный сигнал, шумовой сигнал, гласный звук). Длительность сигнала 600 или 300 мс, при усложнении задания – 100 или 50 мс;

3) задания на оценку ритмического рисунка из 3-х сигналов (длинных или коротких). На первом уровне сложности длительность сигналов составляла 1 200 и 300 мс, при усложнении – 600 и 300 мс, а затем – 300 мс и 100 мс; помимо этого стимулы при повышении уровня сложности начинали различаться по частоте.

2. Речевые упражнения состояли из следующих заданий:

1) задания на различение ритмического рисунка 15 последовательностей из 3-х слогов/фонем (гласный звук «А», слоги «МА», «ПА») разной длительности (длинный – 600 мс, короткий – 300 мс) или интенсивности (разница «громкий – тихий» – 9 дБ);

2) задания на восприятие акустически сходных слов и слогов с выбором нужного слова из 6 или 12 омонимов (дом – том, удочка-уточка, гора-кора, коса-коза, бочка-почка, дрова-травы);

3) задания на различение слогов предполагали выбор из 2-х слогов (ба-ва; га-да); в более сложных вариантах – выбор из 4-х или из 8 слогов;

4) задания на восприятие речи в условиях речевой помехи с распознаванием всех предъявляемых гласных звуков (8 вариантов в наборе) или слов (20 в наборе); в усложненном варианте – выделение целевых сигналов по голосу диктора (гласные или слова, произнесенные мужским или женским голосом) на фоне одновременного предъявления речи другого диктора.

Всем пациентам слуховая тренировка проводилась 1 раз в неделю в течение 8 недель, длительность одного занятия составляла 60 минут.

Для оценки эффективности слуховой тренировки использовались тесты RuMatrix в тишине и в шуме, которые выполняли в СА в свободном поле дважды: перед началом курса тренировки и по его завершении. Сигнал подавался в звукозаглушенной камере со звуковой колонки, расположенной под углом 0° относительно головы испытуемого (фронтально) на расстоянии 1 м. Рассчитывали разность между результатами, полученными при первом и повторном измерении, на основании чего делали вывод об эффекте слуховой тренировки.

По результатам *теста RUMatrix в тишине*, интенсивность, при которой достигался 50% уровень разборчивости фраз, до курса слуховой тренировки составил, в среднем, $44,5 \pm 11,4$ дБ УЗД, а по завершении курса – $43,5 \pm 12,5$ дБ УЗД. Разница результатов до и после курса тренировки достоверна ($p < 0,05$).

По результатам *теста RUMatrix в шуме* отношение сигнал/шум, при котором достигался 50% уровень разборчивости фраз, до и после курса слуховой тренировки составило $1,5 \pm 5,5$ дБ SNR, и $-0,33 \pm 5,5$ дБ SNR соответственно. Разница между этими показателями также достоверна ($p < 0,05$).

Улучшение разборчивости речи у пожилых пациентов с ХСНТ свидетельствует о том, что пластичность слуховых отделов головного мозга сохраняется на протяжении всей жизни. Пластические изменения центральной слуховой системы, вызванные акустической стимуляцией, были выявлены и другими исследователями [125]. Данные об изменениях слуховой коры у обезьян вследствие слуховой тренировки показывают, что тренировка эффективна вне зависимости от возраста и длительности предыдущей слуховой депривации [38]. Хотя вряд ли эти выводы можно полностью применить к людям, все же ЦНС даже при наличии возрастных дегенеративных изменений претерпевает позитивные изменения от слуховой тренировки. По данным некоторых исследователей, обнаружено уменьшение времени возникновения нервного пика и снижение межпиковой вариабельности слуховых вызванных потенциалов у пожилых людей после завершения курса слуховой тренировки с улучшением разборчивости речи в шуме и кратковременной памяти [125]. Как показало наше исследование, улучшения нейронального функционирования могут быть доказаны и результатами психоакустических тестов, что было отмечено также рядом зарубежных авторов [146].

Нейрональные изменения зависят от активности тренировки и величины стимуляции, и чем раньше начата стимуляция после обнаружения нарушений разборчивости речи, тем лучший результат можно ожидать, однако начинать тренировку никогда не поздно [38].

Одним из главных условий слуховой тренировки должно быть соответствие используемого материала возрасту и языковым навыкам пациента. Если материалы и задания превосходят когнитивные и языковые навыки пациента, он не будет испытывать интереса к тренировке, и прогресса не будет. Напротив, для взрослых материал не должен быть детским и слишком упрощенным.

Мотивация также является одним из решающих факторов успеха тренировки. Пациенты, не имеющие мотивации к процессу обучения, вряд ли получают эффект от тренировок. Для усиления мотивации пациенты должны понимать принципы и теорию действия слуховой тренировки. Мотивация усиливает внимание, уделяемое пациентом тренировке, что также повышает ее эффективность.

Использование разнообразных заданий, варьирование стимула в слуховой тренировке помогает поддерживать внимание пациента, усиливает мотивацию и делает тренировку более эффективной. Кроме того, используемые стимулы должны постепенно усложняться по мере того, как выполнение их пациентом улучшается, чтобы быть достаточно трудными, но посильно выполнимыми. Сложность задания в процессе тренировки может варьировать автоматически: как только пациент достигает заданного уровня результата, задание усложняется. Необходимо поддерживать подобающее соотношение правильных и неправильных ответов: 100%-ный успех означает, что задание слишком легкое для пациента, тогда как слишком сложное задание снижает мотивацию пациента. 70%-ный результат может быть принят как хороший показатель для перехода на следующий уровень сложности [38].

Важен тщательный мониторинг прогресса пациента. Он показывает специалисту правильность выбранной тренировки и усиливает мотивацию пациента.

Для каждого пациента в результате обследования следует разрабатывать индивидуальный профиль функционального дефицита, который отражает процессы обработки информации в центральных отделах слуховой системы, когнитивные, языковые навыки и составлять программу реабилитации, делая акцент на тренировку дефицитных навыков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Количество пожилых пациентов с годами неуклонно растет, а значит, увеличивается и распространенность возрастных нарушений слуха и связанных с ними индивидуальных, социальных и экономических проблем. Тугоухость затрагивает треть пациентов старше 65 лет [187]. Постоянное увеличение числа людей с патологией слуховой системы, повышение требований к качеству жизни пациентов в современных условиях, а также расширение возможностей аудиологического обследования диктуют необходимость поиска новых подходов к данной проблеме.

Одной из основных трудностей пациентов со сниженным слухом является нарушение разборчивости речи. Поскольку наличие периферической слуховой дисфункции оказывает выраженный отрицательный эффект на понимание речи и связанные с этим способности, первым неотъемлемым этапом в обследовании пациентов при наличии жалоб на трудности в понимании речи является оценка порогов слуха [93, 180]. Однако даже если тональные пороги слуха по результатам обследования соответствуют норме, не следует делать вывода о нормальном состоянии всей слуховой системы. Оценка периферической функции должна быть лишь первым шагом в алгоритме обследования. Задача сурдолога – оценить способность к слушанию у пациента, т. е. обработке звуковой информации, а она распространяется далеко за пределы периферической слуховой системы.

В данном исследовании изучено состояние разборчивости речи у лиц разного возраста с нормальными порогами слуха, а также при различной степени хронической сенсоневральной тугоухости. С этой целью было обследовано 94 человека, разделенных на следующие группы: 1) 40 человек пожилого возраста (60-74 года, средний возраст $68,6 \pm 3,9$) с двусторонней хронической сенсоневральной тугоухостью (ХСНТ) 2-3-й степени; 2) 20 пациентов пожилого возраста (60-74 года, средний возраст $66,9 \pm 4,2$) с нормальными порогами слуха;

3) 14 пациентов молодого возраста (20-44 лет, средний возраст $32,6 \pm 6,4$) с двусторонней ХСНТ 2-3 степени; 4) 20 лиц молодого возраста (20-44 года, средний возраст $29,3 \pm 5,7$). При аудиологическом обследовании всем испытуемым, наряду с тональной пороговой аудиометрией, выполнялись неречевые тесты (определение порога обнаружения паузы, модифицированный тест по оценке восприятия ритмических последовательностей стимулов, определение дифференциальных порогов по частоте, тест бинаурального освобождения от маскировки) и речевая аудиометрия (оценка монауральной разборчивости односложных слов, тест чередующейся бинаурально речью, дихотический числовой тест, адаптивный русский фразовый матриксный тест RuMatrix в тишине и на фоне шума).

Порог обнаружения паузы у молодых испытуемых с нормальным слухом составил $6,9 \pm 5,9$ мс (5% с тестом не справилось), у молодых с ХСНТ – $9,1 \pm 7,9$ мс (14% не справились с тестом); у пожилых испытуемых с нормальным слухом – $16,7 \pm 14,5$ мс (50% не справились с тестом), у пожилых с ХСНТ – $15,1 \pm 10,8$ мс (48% не справились с тестом). Результат теста по восприятию ритмических последовательностей стимулов (количество правильных ответов) у молодых испытуемых с нормальным слухом был равен $8,1 \pm 2,1$, у молодых с ХСНТ – $7,1 \pm 1,5$; у пожилых испытуемых с нормальным слухом – $5,2 \pm 2,4$, у пожилых с ХСНТ – $5,9 \pm 2,2$. Дифференциальный порог по частоте составил у молодых испытуемых с нормальным слухом $0,6 \pm 0,2$ Гц, у молодых с ХСНТ – $0,7 \pm 0,4$ Гц; у пожилых испытуемых с нормальным слухом – $1,5 \pm 0,8$ Гц, у пожилых с ХСНТ – $1,6 \pm 1$ Гц. Таким образом, была выявлена зависимость частотной и временной разрешающих способностей от возраста: результаты всех перечисленных выше тестов у пожилых лиц, как с ХСНТ, так и с нормальным слухом, были достоверно хуже ($p < 0,05$), чем у молодых. Отсутствие корреляции между результатами этих тестов и тональными порогами слуха подтверждает гипотезу о главенствующем влиянии состояния центральных отделов слуховой системы на частотную и временную разрешающие способности.

Величина бинаурального освобождения от маскировки была достоверно хуже ($p < 0,05$) лишь у пожилых пациентов с ХСНТ. Величина бинаурального освобождения от маскировки у молодых испытуемых с нормальным слухом составила $14,6 \pm 1,1$ дБ, у молодых с ХСНТ – $15,4 \pm 1,3$ дБ; у пожилых испытуемых с нормальным слухом – $15 \pm 1,6$ дБ, у пожилых с ХСНТ – $10,3 \pm 3,4$ дБ.

Корреляций между результатами отдельных неречевых тестов и различных вариантов речевой аудиометрии найдено не было, что показывает невозможность полноценно судить о разборчивости речи пациента на основании какого-либо одного неречевого теста.

Следует отметить, что по результатам анализа ANOVA обнаружено влияние комбинированного фактора (возраст пациента+состояние периферического слуха) на результаты абсолютно всех неречевых и речевых тестов ($p < 0,05$).

По результатам речевой аудиометрии выявлено, что в моноауральном тесте по оценке разборчивости односложных слов и в тесте ЧБР пациенты, как правило, демонстрировали хорошие показатели (имел место так называемый «эффект потолка»); что указывает на их недостаточную чувствительность. Анализ результатов дихотического числового теста показал достоверное ухудшение разборчивости со стороны не ведущего уха у пожилых лиц, вне зависимости от наличия ХСНТ, по сравнению с молодыми испытуемыми ($p < 0,05$), что проявляется в увеличении межушной асимметрии результатов. Это свидетельствует о возможной связи нарушений речевого восприятия с возрастными дегенеративными изменениями мозолистого тела, к патологии которого чувствительны дихотические тесты [28, 61].

В тесте RUMatrix в тишине получены следующие результаты: $19,4 \pm 3,8$ дБ УЗД у молодых лиц с нормальным слухом; $51,0 \pm 9,2$ дБ УЗД у молодых пациентов с ХСНТ; $27,7 \pm 4,6$ дБ УЗД у пожилых лиц с нормальным слухом; $53,1 \pm 8,2$ дБ УЗД у пожилых пациентов с ХСНТ. Выявлена достоверная разница между результатами, полученными в группах испытуемых с нормальным слухом и с ХСНТ ($p < 0,05$). Между результатами молодых и пожилых пациентов с ХСНТ достоверной разницы не обнаружено, поэтому можно предположить, что

на снижение разборчивости речи в тишине основное влияние оказывает именно повышение тональных порогов слуха. Это подтверждается и наличием достоверной разницы между результатами молодых и пожилых пациентов с нормальным слухом: у пожилых пациентов пороги слуха, хотя и попадают с точки зрения международной классификации тугоухости в нормативные интервалы ≤ 25 дБ, все же достоверно хуже, чем у молодых пациентов ($p < 0,001$). Кроме того, тест RUMatrix в тишине показал высокую корреляцию между разборчивостью речи и тональными порогами слуха ($R = 0,89$), что также может свидетельствовать о том, что показатели разборчивости речи в тишине определяются, в первую очередь, слышимостью сигнала, т.е. состоянием периферической слуховой системы.

В тесте RUMatrix на фоне шума получены следующие результаты: $-8,8 \pm 0,8$ дБ SNR у молодых лиц с нормальным слухом; $-4,3 \pm 1,9$ дБ SNR у молодых пациентов с ХСНТ; $-7 \pm 0,8$ дБ SNR у пожилых лиц с нормальным слухом; $-2,2 \pm 2,8$ дБ SNR у пожилых пациентов с ХСНТ. Выявлены достоверные различия результатов указанного теста между всеми четырьмя группами испытуемых ($p < 0,001$); у молодых пациентов с тугоухостью установлена корреляция порогов разборчивости речи в шуме с тональными порогами слуха ($R = 0,54$). Среди пожилых лиц с ХСНТ эта корреляция не определялась ($R = 0,33$), что указывает на наличие в данной группе, наряду с периферическими (кохлеарными) нарушениями слуха, дополнительных факторов, ухудшающих речевую разборчивость, в частности, центральных слуховых расстройств. Таким образом, адаптивный русский матриксный фразовый тест RUMatrix на фоне шума является наиболее чувствительным инструментом для исследования разборчивости речи и комплексной оценки состояния периферических и центральных звеньев слуховой системы. С учетом того, что в качестве речевого материала в данном тесте используются фразы, предъявляемые на фоне шума, он позволяет оценить состояние коммуникативного статуса пациента в условиях, приближенных к реальной жизни.

Результаты, полученные в тесте RUMatrix, указывают на необходимость соблюдения осторожности при интерпретации показателей традиционной речевой аудиометрии в тишине, поскольку зачастую нарушения разборчивости речи у пожилых лиц проявляются только в усложненной акустической обстановке – на фоне шума или при наличии искаженного сигнала (например, при восприятии ускоренной речи, при плохой дикции говорящего и пр.). Следовательно, требуется более тщательная оценка слуховой функции, особенно в тех случаях, когда выраженность жалоб пациента на снижение разборчивости речи не соответствуют результатам тональной пороговой аудиометрии.

Для апробации теста с вербальными заданиями и моторным ответом (VTMR) было обследовано 32 человека (24 женщины и 8 мужчин) в возрасте от 60 до 88 лет, из которых были выделены 2 группы: 1) первую группу составили 20 пациентов (средний возраст $72,4 \pm 4,6$ лет) с ХСНТ 2-3-й степени, пользующихся СА, без нарушений когнитивных функций; 2) во вторую группу вошли 12 пациентов (средний возраст $74,5 \pm 8,9$ лет) с нарушениями когнитивных функций легкой степени и нормальными порогами слуха. Особенностью теста VTMR является простота и богатый контекст речевого материала (вербальных команд), а также оценка способности пациента к восприятию вербальных команд на основании выполнения им моторного ответа, речевой материал теста простой и богатый по контексту. Все пациенты прошли тест VTMR значительно лучше, чем традиционный тест по оценке разборчивости разнотонных слов. В группе лиц с ХСНТ средний результат в тесте VTMR составил $73,2 \pm 29,2\%$ без СА и $88,6 \pm 20,5\%$ в СА, а в традиционном тесте – $34,8 \pm 20,9\%$ без СА и $56,0 \pm 18,4\%$ в СА. У всех пациентов с нормальным слухом и легкими нарушениями когнитивных функций результат теста VTMR был равен 100%, а речевая разборчивость в традиционном тесте – $88,0 \pm 12,0\%$. При оценке эффективности слухопротезирования у пациентов с ХСНТ вычисляли разницу между результатами тестов, пройденных с использованием слухового аппарата и без него, на основании чего оценивали прирост разборчивости в слуховом аппарате. Установлено, что у пациентов моложе 75 лет прирост разборчивости в СА

по результатам традиционного речевого теста был достоверно больше, чем аналогичный прирост в тесте VTMR ($p < 0,001$). А у пациентов старше 75 лет результаты были обратными: прирост разборчивости, полученный по данным традиционного теста, был достоверно меньше, чем по данным теста VTMR ($p < 0,001$). Таким образом, тест VTMR можно охарактеризовать как менее чувствительный по сравнению с методами традиционной речевой аудиометрии, но более простой для выполнения лицами старше 75 лет и пациентами с нарушениями когнитивных функций. Использование смыслового контекста и моторных ответов в тесте VTMR позволяет снизить воздействие возрастных изменений на речевую разборчивость и минимизировать влияние нейрокогнитивных процессов на понимание речи. Простота теста VTMR и относительная независимость от умственных возможностей человека позволяет использовать его, например, при наличии нарушений когнитивных функций у пациента, когда плохой результат речевой аудиометрии может быть в большей степени обусловлен снижением интеллекта, нежели нарушением слуха.

Несмотря на широкую распространенность нарушений восприятия речи, особенно в сложной акустической обстановке, к настоящему времени нет данных о значимых успехах в создании лекарств, способствующих улучшению разборчивости речи. Вместе с тем, рядом зарубежных исследователей показано, что улучшить обработку речевых сигналов в центральной слуховой системе можно благодаря специальной слуховой тренировке. Однако большинство разработанных программ слуховой тренировки предназначено для англоязычных пациентов и используется, главным образом, в детской практике, что связано с более высокой пластичностью нервной системы у детей [38]. В настоящем исследовании предпринята попытка создания русской версии комплексной программы слуховой тренировки для лиц с нарушениями речевой разборчивости разного возраста. Апробация данной программы показала, что слуховая тренировка является высокоэффективным инструментом для повышения разборчивости речи, как у молодых, так и у пожилых пациентов. Результаты пациентов разных возрастных групп после курса слуховой тренировки были

достоверно лучше, чем до него ($p < 0,05$). Таким образом, занятия по слуховой тренировке целесообразно включать в курс реабилитации пациентов с нарушениями разборчивости речи, при этом тренировка принесет максимальную пользу, если будет построена с учетом индивидуального профиля слухового дефицита пациентов.

ВЫВОДЫ

1. Нарушения разборчивости речи у пациентов пожилого возраста связаны с дегенеративными изменениями центральной слуховой системы, что проявляется в ухудшении результатов тестов по оценке временной и частотной разрешающих способностей, освобождения от маскировки, в увеличении междушной асимметрии по данным числового дихотического теста, ухудшении результатов усложненной речевой аудиометрии; причем эти изменения характерны для пожилых лиц не только при тугоухости, но и при нормальных порогах слуха.
2. Адаптивный русский матриксный фразовый тест RUMatrix на фоне шума является наиболее чувствительным инструментом для определения разборчивости речи у пациентов, и кроме того, позволяет оценить состояние коммуникативного статуса пациента в условиях, приближенных к реальной жизни. В отличие от теста RUMatrix в тишине, результаты которого зависят, главным образом, от состояния периферических отделов слухового анализатора, тест RUMatrix в шуме позволяет провести комплексную оценку состояния периферических и центральных звеньев слуховой системы.
3. Тест с вербальными заданиями и моторным ответом целесообразно использовать при обследовании лиц с нарушениями когнитивных функций и лиц старческого возраста, у которых проведение традиционной речевой аудиометрии затруднено.
4. Слуховая тренировка значительно улучшает речевую разборчивость у пациентов как молодого, так и пожилого возраста, и должна быть включена в процесс реабилитации пациентов с нарушениями восприятия речи.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Пациентам пожилого возраста при обращении к сурдологу, наряду с традиционно выполняемой тональной пороговой аудиометрией, следует проводить адаптивный матриксный фразовый тест RUMatrix в шуме в качестве скринингового инструмента для выявления нарушений разборчивости речи, так как данный тест обладает высокой чувствительностью к обнаружению патологии слуховой системы, прост в проведении и позволяет сурдологу оценить способности пациента к коммуникации в условиях повседневной жизнедеятельности.
2. Пациентам пожилого возраста с хронической сенсоневральной тугоухостью и жалобами на снижение разборчивости речи, помимо адаптивного матриксного фразового теста RUMatrix, целесообразно проводить тесты по оценке временной, частотной разрешающих способностей, тест чередующейся бинаурально речью, дихотический числовой тест для выявления топика нарушения и составления индивидуальной программы реабилитации, основанной на слуховой тренировке дефицитных функций.
3. Наряду со слухопротезированием, в программу реабилитации пациентов с хронической сенсоневральной тугоухостью должна быть включена слуховая тренировка, которая является эффективным инструментом повышения разборчивости речи.
4. При необходимости оценки слуховой функции у лиц с нарушениями когнитивных функций, у которых проведение традиционной аудиометрии может быть затруднено или невыполнимо, целесообразно использовать речевой тест с вербальными заданиями и моторным ответом.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

| | |
|----------|--|
| ВОЗ | – Всемирная организация здравоохранения |
| ВРПС | – оценка восприятия ритмических последовательностей стимулов |
| ГАМК | – Гамма -АминоМасляная кислота |
| Гц | – Герц |
| дБ НПС | – децибел относительно нормального порога слышимости |
| дБ УЗД | – децибел относительно исходного уровня звукового давления |
| ДПЧ | – тест по оценке дифференциального порога по частоте |
| ДЧТ | – дихотический числовой тест |
| кГц | – килоГерц |
| МРТ | – магнитно-резонансная томография |
| НВК | – наружные волосковые клетки |
| СВП | – слуховые вызванные потенциалы |
| фМРТ | – функциональная магнитно-резонансная томография |
| ХСНТ | – хронической сенсоневральной тугоухостью |
| ЦНС | – центральная нервная система |
| ЧБР | – тест чередующейся бинаурально речью |
| GDT | – Gap Detection Test – тест обнаружения паузы. |
| M | – среднее арифметическое |
| m | – стандартное отклонение |
| MMSE | – краткая шкала оценки психического статуса (Mini-Mental State Examination,) |
| RUMatrix | – адаптивный русский матриксный фразовый тест |
| SNR | – signal-to-noise ratio – отношение сигнал/шум |
| VTMR | – фразовый тест с вербальными заданиями и моторным ответом (Verbal Tasks and Motor Responses) |

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альтман, Я.А. Руководство по аудиологии / Я.А. Альтман, Г.А. Таварткиладзе. – М.: ДМК Пресс, 2003. – 360 с.
2. Бобошко, М.Ю. Речевая аудиометрия : учеб. пособие / М.Ю. Бобошко. – СПб.: Изд-во СПбГМУ, 2012. – 64 с.
3. Гельфанд, С.А. Слух: Введение в психологическую и физиологическую акустику / С.А. Гельфанд. – М.: Медицина, 1984. – 352 с.
4. Ермолаев, В.Г. Практическая аудиология / В.Г. Ермолаев, А.Л. Левин. – Л.: Медицина, 1969. – 240 с.
5. Королева, И.В. Кохлеарная имплантация глухих детей и взрослых / И.В. Королева. – СПб.: КАРО, 2009. – 752 с.
6. Лопотко, А.И. Аудиометрический речевой экспресс-тест / А.И. Лопотко, И.П. Бердникова, Ю.В. Коротков // Уч. зап. СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова. – 2002. – Т. IX, № 1. – С. 38-42.
7. Лопотко, А.И. Сенситизированная речевая аудиометрия : пособ. для врачей / А.И. Лопотко. – СПб.: СПбГМУ, 1999. – 44 с.
8. Методические подходы к оценке динамики развития процессов слухоречевого восприятия у детей с кохлеарными имплантами / И.В. Коровлева [и др.] // Рос. оториноларингол. – 2013. – Т. 64, № 3. – С. 75-84.
9. Рындина, А.М. Аудиометрия чередующимися речевыми сигналами в диагностике центральных поражений слухового анализатора / А.М. Рындина, И.П. Бердникова, И.Д. Цвылева // Вестн. оториноларингологии. – 1998. – № 6. – С. 13-14.
10. Таварткиладзе, Г.А. Руководство по клинической аудиологии. – М.: Медицина, 2013. – 676 с.
11. Тест чередующейся речи в оценке центральных нарушений слуховой системы / Е.Н. Кукс [и др.] // Вестн. оториноларингологии. – 1988. – № 6. – С. 10-13.

12. Циммерман, Г.С. Клиническая отоневрология / Г.С. Циммерман. – Л.: Медгиз, 1952. – 472 с.
13. Шульговский, В.В. Основы нейрофизиологии : уч. пособ. для студ. вузов / В.В. Шульговский. – М.: Аспект Пресс, 2000. – 161 стр.
14. A neural basis of speech-in-noise perception in older adults / S. Anderson, A. Parbery-Clark, H.G. Yi, N. Kraus // *Ear Hear.* – 2011. – Vol. 32, № 6. – P. 750-757.
15. A neural mechanism underlying memory failure in older adults / W.D. Stevens [et al.] // *J Neurosci.* – 2008. – Vol. 28, № 48. – P. 12820-12824.
16. Age-related and gender-related changes in monaural speech recognition / J.R. Dubno, F.S. Lee, L.J. Matthews, J.H. Mills // *J Speech Lang Hear Res.* – 1997. – Vol. 40, № 2. – P. 444-452.
17. Age-related changes in glycine receptor subunit composition and binding in dorsal cochlear nucleus / H. Wang [et al.] // *J Neurosci.* – 2009. – Vol. 160. – P. 227-239.
18. Aging and cortical mechanisms of speech perception in noise / P.C. Wong [et al.] // *Neuropsychologia.* – 2009. – Vol. 47, № 3. – P. 693-703.
19. Aging and word recognition in competing message / T.L. Wiley [et al.] // *J Am Acad Audiol.* – 1998. – Vol. 9, № 3. – P. 191-198.
20. ASHA (Central) auditory processing disorders [Electronic resource]. – 2005. – Available at: <http://www.asha.org/members/deskref-journals/deskref/default>.
21. ASHA (Central) auditory processing disorders [Electronic resource]. – 2005. – Available at: <http://www.asha.org/policy/TR2005-00043.htm>.
22. Auditory interhemispheric transfer deficits, hearing difficulties, and brain magnetic resonance imaging abnormalities in children with congenital aniridia due to PAX6 mutations / D.E. Bamiou [et al.] // *Arch Pediatr Adolesc Med.* – 2007. – Vol. 161, № 5. – P. 463-469.
23. Bellis, T. Assessment and management of central auditory processing disorders in the educational setting from science to practice / T. Bellis. – 2nd ed. – Thomson. Delmar Learning, 2003. – 533 p.
24. Bellis, T.J. Effects of aging and gender on interhemispheric function / T.J. Bellis, L.A. Wilber // *J Speech Lang Hear Res.* – 2001. – Vol. 44, № 2. – P. 246-263.

25. Bess, F.H. Audiology: the fundamentals / F.H. Bess, L.E. Humes. – 3rd ed. – Philadelphia, PA: Lippincott Williams&Wilkins, 2003. – 362 p.
26. Boosting GABA improves impaired auditory temporal resolution in the gerbil / O. Gleich [et al.] // Neuroreport. – 2003. – Vol. 14, № 14. – P. 1877-1880.
27. Brain activation during dichotic presentations of consonant-vowel and musical instruments stimuli: A ¹⁵O-PET study / K. Hugdahl [et al.] // Neuropsychologia. – 1999. – Vol. 37. – P. 431-440.
28. Brain localization of attentional control in different age groups by combining functional and structural MRI / T. Thomsen [et al.] // Neuroimage. – 2004. – Vol. 22, № 2. – P. 912-919.
29. Broadbent, D.E. Perception and communication / D.E. Broadbent. – London, UK: Pergamon Press, 1958. – 338 p.
30. Brody, H. Organization of the cerebral cortex. III. A study of aging in the human cerebral cortex / H. Brody // J Comp Neurol. – 1955. – Vol. 102, № 2. – P. 511-516.
31. Bronkhorst, A. Effect of multiple speechlike maskers on binaural speech recognition in normal and impaired hearing / A. Bronkhorst, R. Plomp // Journal of the Acoustical Society of America. – 1992. – Vol. 92. – P. 3132-3139.
32. Cacace, A.T. Controversies in Central Auditory Processing Disorder / A.T. Cacace, D.J. McFarland. – San Diego: Plural Publishing, 2009. – 353 p.
33. Carcagno, S. Subcortical Plasticity Following Perceptual Learning in a Pitch Discrimination Task / S. Carcagno, C.J. Plack // J Assoc Res Otolaryngol. – 2011. – Vol. 12, № 1. – P. 89-100.
34. Central auditory system plasticity associated with speech discrimination training / N. Kraus [et al.] // J. Cogn. Neurosci. – 1995. – Vol. 7, № 1. – P. 25-32.
35. Central auditory system plasticity: generalization to novel stimuli following listening training / K. Tremblay [et al.] // J. of Acoustical Society of America. – 1997. – Vol. 102, № 12. – P. 3762-3773.
36. Central presbycusis: a review and evaluation of the literature / L. Humes [et al.] // Journal of the American Academy of Audiology. – 2012. – Vol. 23. – P. 635-666.

37. CHABA (Committee on Hearing, Bioacoustics, and Biomechanics for the National Academy of Sciences) Speech understanding and aging / CHABA // Journal of the Acoustical Society of America. – 1988. – Vol. 83. – P. 859-894.
38. Chermak, G.D. Comprehensive intervention / G.D. Chermak, F.E. Musiek // Handbook of central auditory processing disorder. Vol. 2. – 2nd ed. – San Diego: Plural Publishing, 2014. – 769 p.
39. Chermak, G.D. Neurological Substrate of Central Auditory Processing Deficits in Children / G.D. Chermak, F.E. Musiek // Current Pediatric Reviews. – 2011. – Vol. 7, № 3. – P. 241-251.
40. Cognitive effects in dichotic speech testing in elderly persons / M. Hällgren [et al.] // Ear Hear. – 2001. – Vol. 22, № 2. – P. 120-129.
41. Colavita, F. Spatiotemporal pattern discrimination in cats with insular-temporal lesions / F. Colavita, D. Weisberg // Brain Res. Bull. – 1977. – Vol. 3. – P. 7-9.
42. Cooper, J.C. Hearing in the elderly – the Framingham cohort, 1983-1985. Part II. Prevalence of central auditory processing disorders / J.C. Cooper, G.A. Gates // Ear and Hearing. – 1991. – Vol. 12. – P. 304-311.
43. Cullen, J.K. Masking Release for Speech in Subjects With Temporal Lobe Resections / J.K. Cullen Jr., C.L. Thompson // Arch Otolaryngol. – 1974. – Vol. 100, № 2. – P. 113-116.
44. David, S.V. Task reward structure shapes rapid receptive field plasticity in auditory cortex / S.V. David, J.B. Fritz, S.A. Shamma // Proceedings of the National Academy of Sciences USA. – 2012. – Vol. 109, № 6. – P. 2144-2149.
45. De Boer, J. Neural correlates of perceptual learning in the auditory brainstem: efferent activity predicts and reflects improvement at a speech-in-noise discrimination task / J. de Boer, A.R. Thornton // J Neurosci. – 2008. – Vol. 28, № 19. – P. 4929-4937.
46. Delhommeau, K. Generalization of Frequency Discrimination Learning Across Frequencies and Ears: Implications for Underlying Neural Mechanisms in Humans / K. Delhommeau, C. Micheyl, R. Jouvent // J Assoc Res Otolaryngol. – 2005. – Vol. 6, № 2. – P. 171-179.

47. Development of the Russian matrix sentence test / A. Warzybok [et al.] // *Int J Audiol.* – 2015. – Vol. 54, Suppl. 2. – P. 35-43.
48. Developmental Plasticity in the Human Auditory Brainstem / K.L. Johnson [et al.] // *J Neurosci.* – 2008. – Vol. 28, № 15. – P. 4000-4007.
49. Developmentally degraded directional selectivity of the auditory cortex can be restored by auditory discrimination training in adults / Y. Pan [et al.] // *Behav Brain Res.* – 2011. – Vol. 225, № 2. – P. 596-602.
50. Di Berardino, F. VTMR, a new speech audiometry test with verbal tasks and motor responses / F. Di Berardino, S. Forti, A. Cesarani // *Ann Otol Rhinol Laryngol.* – 2012. – Vol. 121, № 4. – P. 253-260.
51. Diagnostic accuracy of established central auditory processing test batteries in patients with documented brain lesions / F.E. Musiek [et al.] // *J Am Acad Audiol.* – 2011. – Vol. 22, № 6. – P. 342-358.
52. Diamond, I. Ablation of temporal cortex and discrimination of auditory patterns / I. Diamond, W. Neff // *J. Neurophysiol.* – 1957. – Vol. 20. – P. 300-315.
53. Dichotic Listening after Cerebral Hemispherectomy: Methodological and Theoretical Observations / S. de Bode [et al.] // *Neuropsychologia.* – 2007. – Vol. 45, № 11. – P. 2461-2466.
54. Dichotic listening and manual performance in relation to magnetic resonance imaging after closed head injury / H.S. Levin [et al.] // *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry.* – 1989. – Vol. 52, № 10. – P. 1162-1169.
55. Dichotic listening, event-related potentials, and interhemispheric transfer in the elderly / J. Jerger [et al.] // *Ear Hear.* – 1995. – Vol. 16, № 5. – P. 482-498.
56. Dichotic listening in patients with splenial and nonsplenial callosal lesions / S. Pollmann [et al.] // *Neuropsychology.* – 2002. – Vol. 16. – P. 56-64.
57. Dichotic listening reveals functional specificity in prefrontal cortex: an fMRI study / T. Thomsen [et al.] // *NeuroImage.* – 2004. – Vol. 21. – P. 211-218.
58. Diffusion tensor imaging in the corpus callosum in children after moderate to severe traumatic brain injury / E.A. Wilde [et al.] // *J Neurotrauma.* – 2006. – Vol. 23, № 10. – P. 1412-1426.

59. Divenyi, P.L. Audiological correlates of speech understanding deficits in elderly listeners with mild-to moderate hearing loss. I. Age and lateral asymmetry effects / P.L. Divenyi, K.M. Haupt // *Ear and Hearing*. – 1997. – Vol. 18. – P. 42-61.
60. Dual streams of auditory afferents target multiple domains in the primate prefrontal cortex / L.M. Romanski [et al.] // *Nature Neuroscience*. – 1999. – Vol. 2. – P. 1131-1136.
61. Effects of age and gender on dichotic sentence identification / J. Jerger [et al.] // *Ear Hear*. – 1994. – Vol. 15, № 4. – P. 274-286.
62. Effects of unilateral partial cochlear lesions in adult cats on the representation of lesioned and unlesioned cochleas in primary auditory cortex / R. Rajan, D.R.F. Irvine, L.Z. Wise, P. Heil // *Journal of Comparative Neurology*. – 1993. – Vol. 338. – P. 17-49.
63. Electrophysiologic signs of auditory distraction in elderly listeners / A.L. Fisher [et al.] // *J Am Acad Audiol*. – 2000. – Vol. 11, № 1. – P. 36-45.
64. Emanuel, D.C. Survey of the diagnosis and management of auditory processing disorder / D.C. Emanuel, K.N. Ficca, P. Korczak // *Am J Audiol*. – 2011. – Vol. 20, № 1. – P. 48-60.
65. Evans, W.J. Auditory brainstem responses in neonatally sound deprived CBA/J mice / W.J. Evans, D.B. Webster, J.K. Cullen // *Jr. Hear Res*. – 1983. – Vol. 10, № 3. – P. 269-277.
66. Facilitating neurorehabilitation through principles of engagement / M. Danzl [et al.] // *J. Allied Health*. – 2012. – Vol. 41, № 1. – P. 35-41.
67. Feldman, D.E. Map plasticity in somatosensory cortex / D.E. Feldman, M. Brecht // *Science*. – 2005. – Vol. 310. – P. 810-815.
68. Feng, J.J. Degeneration in the ventral cochlear nucleus after severe noise damage in mice / J.J. Feng, J.J. Bendiske, D.K. Morest // *Journal of Neuroscience Research*. – 2012. – Vol. 90. – P. 831-841.
69. Folstein, M.F. «Mini-mental state». A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician / M.F. Folstein, S.E. Folstein, P.R. McHugh // *J Psychiatr Res*. – 1975. – Vol. 12, № 3. – P. 189-198.

70. Functional integration across brain regions improves speech perception under adverse listening conditions / J. Obleser [et al.] // *Journal of Neuroscience*. – 2007. – Vol. 27. – P. 2283-2289.
71. Gates, G. Cross-sectional age-changes of hearing in the elderly / G. Gates, M.P. Feeney, D. Mills // *Ear and Hearing*. – 2008. – Vol. 29. – P. 865-874.
72. Glasberg, B. Auditory filter shapes in subjects with unilateral and bilateral cochlear impairments / B. Glasberg, B. Moore // *Journal of the Acoustical Society of America*. – 1986. – Vol. 79. – P. 419-427.
73. Golding, M. Risk markers for the graded severity of auditory processing abnormality in an older Australian population: the Blue Mountains Hearing Study / M. Golding, P. Mitchell, L.J. Cupples // *J Am Acad Audiol*. – 2005. – Vol. 16, № 6. – P. 348-356.
74. Gopal, K.V. Auditory measures in clinically depressed individuals. II. Auditory evoked potentials and behavioral speech tests / K.V. Gopal, C.E. Bishop, L. // *Int J Audiol*. – 2004. – Vol. 43, № 9. – P. 499-505.
75. Gordon-Salant, S. Sources of age-related recognition difficulty for time-compressed speech / S. Gordon-Salant, P.J. Fitzgibbons // *J Speech Lang Hear Res*. – 2001. – Vol. 44, № 4. – P. 709-719.
76. Gottselig, J.M. Human central auditory plasticity associated with tone sequence learning / J.M. Gottselig // *Learning and Memory*. – 2004. – Vol. 11, № 2. – P. 151-171.
77. Grafman, J. Neuronal Plasticity: Building a bridge from the laboratory to the clinic / J. Grafman, Y. Christen. – New York, NY: Springer-Verlag, 1999. – 187 p.
78. Grose, J. Binaural performance and aging / J. Grose // *Journal of the American Academy of Audiology*. – 1996. – Vol. 7. – P. 168-174.
79. Hall, J.W. III Audiologists desk reference / J.W. Hall III, G.H. Mueller III. – San Diego, CA: Singular, 1997. – 934 p.
80. Hannley, M. Relationships among auditory brain stem responses, masking level differences and the acoustic reflex in multiple sclerosis / M. Hannley, J. Jerger, V.M. Rivera // *Audiology*. – 1983. – Vol. 22, № 1. – P. 20-33.

81. Hardie, N.A. Sensorineural hearing loss during development: morphological and physiological response of the cochlea and auditory brainstem / N.A. Hardie, R.K. Shephard // *Hearing Research*. – 1999. – Vol. 128. – P. 147-165.
82. Harris, J. Brain lesions, central masking, and dichotic speech perception / J. Harris // *Brain Lang*. – 1994. – Vol. 46, № 1. – P. 96-108.
83. Haug, H. Morphometry of the human cortex cerebri and corpus striatum during aging / H. Haug, R. Eggers // *Neurobiol Aging*. – 1991. – Vol. 12, № 4. – P. 336-338.
84. Hawley, M.L. The benefit of binaural hearing in a cocktail party: effect of location and type of interferer / M.L. Hawley, R.Y. Litovsky, F.J. Culling // *J Acoust Soc Am*. – 2004. – Vol. 115, № 2. – P. 833-843.
85. He, N. Frequency and intensity discrimination measured in a maximum-likelihood procedure from young and aged normal-hearing subjects / N. He, J.R. Dubno, J.H. Mills // *J Acoust Soc Am*. – 1998. – Vol. 103, № 1. – P. 553-565.
86. Hearing loss and perceptual effort: downstream effects on older adults' memory for speech / S.L. McCoy [et al.] // *Q J Exp Psychol A*. – 2005. – Vol. 58, № 1. – P. 22-33.
87. Hearing loss in older adults affects neural systems supporting speech comprehension / J. Peele [et al.] // *Journal of Neuroscience*. – 2011. – Vol. 31. – P. 12638-12643.
88. Heilman, K.M. An audiometric defect in temporal lobe dysfunction / K.M. Heilman, L.C. Hammer, B.J. Wilder // *Neurology*. – 1973. – Vol. 23, № 4. – P. 384-386.
89. Holmes, A.E. A closed- versus open-set measure of speech discrimination in normally hearing young and elderly adults / A.E. Holmes, P.B. Kricos, R.A. Kessler // *Journal British Journal of Audiology*. – 1988. – Vol. 22. – P. 29-33.
90. Hugdahl, K. Lateralization of cognitive processes in the brain / K. Hugdahl // *Acta Psychol (Amst)*. – 2000. – Vol. 105, № 2-3. – P. 211-235.
91. Human aging compromises attentional control of auditory perception / S. Passow [et al.] // *Psychology and Aging*. – 2012. – Vol. 27. – P. 99-105.

92. Humes, L.E. Speech Identification Difficulties of Hearing-Impaired Elderly Persons: The Contributions of Auditory Processing Deficits / L.E. Humes, L.Christopherson // Journal of Speech, Language, and Hearing Research. – 1991. – Vol. 34. – P. 686-693.
93. Humes, L. Speech-recognition difficulties of the hearing-impaired elderly: the contributions of audibility / L. Humes, L. Roberts // Journal of Speech and Hearing Research. – 1990. – Vol. 33. – P. 726-735.
94. Humes, L.E. Speech understanding in the elderly / L.E. Humes // J Am Acad Audiol. – 1996. – Vol. 7, № 3. – P. 161-167.
95. Humes, L. The contributions of audibility and cognitive factors to the benefit provided by amplified speech to older adults / L. Humes // Journal of the American Academy of Audiology. – 2007. – Vol. 18. – P. 590-603.
96. Hurley, R.M. Effectiveness of three central auditory processing (CAP) tests in identifying cerebral lesions / R.M. Hurley, F.E. Musiek // Journal of the American Academy of Audiology. – 1997. – Vol. 8, № 4. – P. 257-262.
97. Immunocytochemical and neurochemical evidence for age-related loss of GABA in the inferior colliculus: implications for neural presbycusis / D.M. Caspary [et al.] // J Neurosci. – 1990. – Vol. 10, № 7. – P. 2363-2372.
98. Irvine, D.R.F. Injury-induced reorganization in adult auditory cortex and its perceptual consequences / D.R.F. Irvine, R. Rajan, H.J. McDermott // Hearing Research. – 2000. – Vol. 147. – P. 188-199.
99. Jacobson, J.T. Dichotic paradigms in multiple sclerosis / J.T. Jacobson, U. Deppe, T.J. Murray // Ear and Hearing. – 1983. – Vol. 4, № 6. – P. 311-317.
100. Jerger, J. Audiological findings in aging / J. Jerger // J. Adv Otorhinolaryngol. – 1973. – Vol. 20. – P. 115-124.
101. Jerger, J. Auditory findings in brainstem disorders / J. Jerger, S. Jerger // Archives in Otolaryngology. – 1974. – Vol. 99. – P. 351-360.
102. Jerger, J. Principles and clinical applications of auditory evoked potentials in the geriatric population / J. Jerger, H.L. Lew // Phys Med Rehabil Clin N. – 2004. – Vol. 15, № 1 – P. 235-250.

103. Jerger, J. Some effects of aging on event-related potentials during a linguistic monitoring task / J. Jerger, J. Martin // *J Int J Audiol.* – 2005. – Vol. 44, № 6. – P. 321-330.
104. Jerger, J. The separability of central auditory and cognitive deficits: implications for the elderly / J. Jerger, R. Mahurin, F. Pirozzolo // *J Am Acad Audiol.* – 1990. – Vol. 1, № 2. – P. 116-119.
105. Kanske, P. Positive emotion speeds up conflict processing: ERP responses in an auditory Simon task / P. Kanske, S.A. Kotz // *Biological Psychology.* – 2011. – Vol. 87, № 1. – P. 122-127.
106. Keith, R.W. Technical Report. SCAN-C: Test for auditory processing disorders in children -revised / R.W. Keith // Pearson Education Inc. – 2000. – P. 1-4.
107. Kimura, D. A note on cerebral dominance in hearing / D. Kimura // *Acta Otolaryngologica.* – 1963. – Vol. 56. – P. 617-618.
108. Kimura, D. From ear to brain / D. Kimura // *Brain and cognition.* – 2011. – Vol. 76. – P. 214-217.
109. Kinsbourne, M. The cerebral basis of lateral asymmetries in attention / M. Kinsbourne // *Acta Psychologica.* – 1970. – Vol. 33, № 1. – P. 193-201.
110. Kishon-Rabin, L. Associations and dissociations between psychoacoustic abilities and speech perception in adolescents with severe-to-profound hearing loss / L. Kishon-Rabin, O. Segal, D. Algom // *J Speech Lang Hear Res.* – 2009. – Vol. 52, № 4. – P. 956-972.
111. Konigsmark, B.W. Volume of the ventral cochlear nucleus in man: its relationship to neuronal population and age / B.W. Konigsmark, E.A. Murphy // *J Neuropathol Exp Neurol.* – 1972. – Vol. 31, № 2. – P. 304-316.
112. Kraus, N. Aggregate neural response to speech sounds in the central auditory system / N. Kraus, T. Nicol // *Speech Communication.* – 2003. – Vol. 41, № 1. – P. 35-47.
113. Lackner, J.R. Alterations in auditory fusion thresholds after cerebral injury in man / J.R. Lackner, H.L. Teuber // *Neuropsychologia.* – 1973. – Vol. 11. – P. 409-415.

114. Language comprehension in language-learning impaired children improved with acoustically modified speech / P. Tallal [et al.] // *Science*. – 1996. – Vol. 271, № 5245. – P. 81-84.
115. Laufer, O. Monetary loss alters perceptual thresholds and compromises future decisions via amygdala and prefrontal networks / O. Laufer, R. Paz // *Journal of Neuroscience*. – 2012. – Vol. 32, № 1. – P. 6304-6311.
116. Listening comprehension across the adult lifespan / M.S. Sommers [et al.] // *Ear Hear*. – 2011. – Vol. 32, № 6. – P. 775-781.
117. Loo, J.H. The impacts of language background and language-related disorders in auditory processing assessment / J.H. Loo, D.E. Bamiou, S. Rosen // *J Speech Lang Hear Res*. – 2013. – Vol. 56, № 1. – P. 1-12.
118. Magnetisation transfer ratio of normal brain white matter: a normative database spanning four decades of life / N.C. Silver [et al.] // *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. – 1997. – Vol. 62, № 3. – P. 223-228.
119. Method for the selection of sentence material for efficient measurement of the speech reception threshold / N.J. Versfeld [et al.] // *J Acoust Soc Am*. – 2000. – Vol. 107, № 3. – P. 1671-1684.
120. Miller, G.L. Early auditory experience induces frequency-specific, adaptive plasticity in the forebrain gaze fields of the barn owl / G.L. Miller, E.I. Knudsen // *J Neurophysiol*. – 2001. – Vol. 85, № 5. – P. 2184-2194.
121. Morphometric differences in the Heschl's gyrus of hearing impaired and normal hearing infants / K.M. Smith [et al.] // *Cereb Cortex*. – 2011. – Vol. 21, № 5. – P. 991-998.
122. Mukari, S.Z-M.S. Effects of Ageing and Hearing Thresholds on Speech Perception in Quiet and in Noise Perceived in Different Locations / S.Z-M.S. Mukari, N.H.A. Wahat, R. Mazlan // *Korean J Audiol*. – 2014. – Vol. 18, № 3. – P. 112-118.
123. Musical experience and neural efficiency: effects of training on subcortical processing of vocal expressions of emotion / D.L. Strait, N. Kraus, E. Skoe,

- R. Ashley // *European Journal of Neuroscience*. – 2009. – Vol. 29, № 3. – P. 661-668.
124. Musiek, F.E. Assessment of central auditory dysfunction: the dichotic digit test revisited / F.E. Musiek // *Ear Hear.* – 1983. – Vol. 4, № 2. – P. 79-83.
 125. Musiek, F.E. Auditory neuroscience and diagnosis / F.E. Musiek, G.D. Chermak // *Handbook of central auditory processing disorder*. Vol. 1. – 2nd ed. – San Diego: Plural Publishing, 2014. – 745 p.
 126. Musiek, F.E. Auditory pattern perception in «split brain» patients / F.E. Musiek, M.L. Pinheiro, D. Wilson // *Archives of Otolaryngology*. – 1980. – Vol. 106. – P. 610-612.
 127. Musiek, F.E. Central auditory tests / F.E. Musiek // *Scandinavian Audiology*. – 1999. – Vol. 28. – P. 33-46.
 128. Musiek, F.E. Duration pattern recognition in normal subjects and patients with cerebral and cochlear lesions / F. Musiek, J. Baran, M. Pinheiro // *Audiology*. – 1990. – Vol. 29. – P. 304-313.
 129. Musiek, F.E. Frequency (pitch) and duration pattern tests / F.E. Musiek // *J. Am. Acad. Audiol.* – 1994. – Vol. 105, № 5. – P. 265-268.
 130. Musiek, F.E. Neuroaudiological results from split-brain patients / F.E. Musiek, K. Kibbe, J.A. Baran // *Seminars in Hearing*. – 1984. – Vol. 5. – P. 219-229.
 131. Musiek, F.E. Nonmodularity of the CANS: implications for (central) auditory processing disorder / F.E. Musiek, T.J. Bellis, G.D. Chermak // *American Journal of Audiology*. – 2005. – Vol. 14. – P. 128-138.
 132. Musiek, F.E. The auditory system: anatomy, physiology and clinical correlates / F.E. Musiek, J.A. Baran. – Boston, MA: Pearson Education, 2007. – 456 p.
 133. Mutism and auditory agnosia due to bilateral insular damage – role of the insula in human communication / M. Habib [et al.] // *Neuropsychologia*. – 1995. – Vol. 3. – P. 327-339.
 134. Nábělek, A.K. Monaural and binaural speech perception in reverberation for listeners of various ages / A.K. Nábělek, P.K. Robinson // *J Acoust Soc Am.* – 1982. – Vol. 71, № 5. – P. 1242-1248.

135. Neijenhuis, K. The effect of mild hearing impairment on auditory processing tests / K. Neijenhuis, H. Tschur, A. Snik // Journal of the American Academy of Audiology. – 2004. – Vol. 15. – P. 6-16.
136. Neural processing during older adults' comprehension of spoken sentences: age differences in resource allocation and connectivity / J.E. Peelle [et al.] // Cerebral cortex. – 2010. – Vol. 20. – P. 773-782.
137. Novak, R.E. Differentiation of types of presbycusis using the masking-level difference / R.E. Novak, C.V. Anderson // J Speech Hear Res. – 1982. – Vol. 25, № 4. – P. 504-508.
138. Obleser, J. Dynamic assignment of neural resources in auditory comprehension of complex sentences / J. Obleser, L. Meyer, A.D. Friederici // NeuroImage. – 2011. – Vol. 56. – P. 2310-2320.
139. Ohl, F.W. Learning-induced plasticity in animal and human auditory cortex / F.W. Ohl, H. Scheich // Curr. Opin. Neurobiol. – 2005. – Vol. 15, № 4. – P. 470-477.
140. Olsen, W.O. Masking level differences for cochlear and brain stem lesions / W.O. Olsen, D. Noffsinger // Ann Otol Rhinol Laryngol. – 1976. – Vol. 85. – P. 820-825.
141. Otto, W. Aging and the auditory brainstem response / W. Otto, G. McCandlis // Audiology. – 1982. – Vol. 21. – P. 466-473.
142. Perception of the speech code / A.M. Liberman [et al.] // Psychological Review. – 1967. – Vol. 74. – P. 431-461.
143. Perceptual consequences of peripheral hearing loss: do edge effects exist for abrupt cochlear lesions? / E. Buss [et al.] // Hearing Research. – 1998. – Vol. 125. – P. 98-108.
144. Pichora-Fuller, M.K. Cognitive aging and auditory information processing / M.K. Pichora-Fuller // Int J of Audiol. – 2003. – Vol. 42, Suppl. 2. – P. 26-32.
145. Pickles, J.O. Role of centrifugal pathways to cochlear nucleus in detection of signals in noise / J.O. Pickles, S.D. Comis // J Neurophysiol. – 1973. – Vol. 36, № 6. – P. 1131-1137.

146. Plasticity in the adult human auditory brainstem following short-term linguistic training / J.H. Song [et al.] // *Cogn. Neurosci.* – 2008. – Vol. 20, № 10. – P. 1892-1902.
147. Prevalence of central auditory processing (CAP) abnormality in an older Australian population: the Blue Mountains Hearing Study / M. Golding, N. Carter, P. Mitchell, L.J. Hood // *J Am Acad Audiol.* – 2004. – Vol. 15, № 9. – P. 633-642.
148. Rauschecker, J.P. Parallel processing in the auditory cortex of primates / J.P. Rauschecker // *Audiology&Neuro-Otology.* – 1998. – Vol. 3. – P. 86-103.
149. Reale, R.A. Auditory cortical field projections to the basal ganglia of the cat / R.A. Reale, T.J. Imig // *Neuroscience.* – 1983. – Vol. 8. – P. 67-86.
150. Recovery of functional and structural age-related changes in the rat primary auditory cortex with operant training / E. de Villers-Sidani [et al.] // *Proc Natl Acad Sci USA.* – 2010. – Vol. 107, № 31. – P. 13900-13905.
151. Reuter-Lorenz, P. New visions of the aging mind and brain / P. Reuter-Lorenz // *Trends Cogn Sci.* – 2002. – Vol. 6, № 9. – P. 394-400.
152. Reversible impairment of auditory callosal pathway in 5-fluorouracil-induced leukoencephalopathy: Parallel changes in function and imaging / C. Fujimoto [et al.] // *Otology&Neurotology.* – 2006. – Vol. 27, № 5. – P. 716-719.
153. Robertson, D. Plasticity of frequency organization in auditory cortex of guinea pigs with partial unilateral deafness / D. Robertson, D.R.F. Irvine // *Journal of Comparative Neurology.* – 1989. – Vol. 282. – P. 456-471.
154. Rodriguez, G.P. Central auditory processing in normal-hearing elderly adults / G.P. Rodriguez, N.J. DiSarno, C.J. Hardiman // *Audiology.* – 1990. – Vol. 29, № 2. – P. 85-92.
155. RUMatrix test: construction, evaluation and clinical validation / M. Boboshko, A. Warzybok, M.A. Zokoll, N. Maltseva // *Otorhinolaryngologia Hungarica.* – 2013. – Vol. 59, № 2. – P. 49.
156. Sanches, S.G. Influence of cochlear function on auditory temporal resolution in tinnitus patients/ S.G. Sanches, T.G. Sanchez, R.M.M. Carvallo // *Audiology and Neurotology.* – 2010. – Vol. 15, № 5. – P. 273-281.

157. Schoeny, Z.G. Effects of unilateral Ménière's disease on masking-level differences / Z.G. Schoeny, R.J. Carhart // J Acoust Soc Am. – 1971. – Vol. 50, № 4. – P. 1143-1150.
158. Schwaber, M.K. Neuroplasticity of the adult primate auditory cortex following cochlear hearing loss / M.K. Schwaber, P.E. Garraghty, J.H. Kaas // American Journal of Otology. – 1993. – Vol. 14, № 3. – P. 252-258.
159. Shannon, R.V. Psychophysical measures from electrical stimulation of the human cochlear nucleus / R.V. Shannon, S.R. Otto // Hearing Research. – 1990. – Vol. 47. – P. 159-168.
160. Shinn-Cunningham, B.G. Selective Attention in Normal and Impaired Hearing / B.G. Shinn-Cunningham, V. Best // Trends Amplif. – 2008. – Vol. 12, № 4. – P. 283-299.
161. Short-term functional plasticity in the human auditory cortex: an fMRI study // L. Jancke [et al.] // Brain Research. – 2001. – Vol. 12, № 3. – P. 479-485.
162. Snell, K.B. Age-related changes in temporal gap detection / K.B. Snell // J. Acoust. Soc. Am. – 1997. - Vol. 101, № 4. - P. 2214-2220.
163. Snell, K.B. Relationships among age-related differences in gap detection and word recognition / K.B. Snell, D.R. Frisina // J. Acoust. Soc. Am. – 2000. – Vol. 107. – P. 1615-1626.
164. Snyder, R.L. Acute changes in frequency responses of inferior colliculus central nucleus (ICC) neurons following progressively enlarged restricted spiral ganglion lesions / R.L. Snyder, B.H. Bonham, D.G. Sinex // Hearing Research. – 2008. – Vol. 246, № 1-2. – P. 59-78.
165. Speech perception problems of the hearing impaired reflect inability to use temporal fine structure / C. Lorenzi [et al.] // Proceedings of the National Academies of Sciences of the United States of America. – 2006. – Vol. 103, № 49. – P. 18866-18869.
166. Stach, B.A. The prevalence of central presbycusis in a clinical population / B.A. Stach, M.L. Spretnja, J.J. Jerger // J Am Acad Audiol. – 1990. – Vol. 1, № 2. – P. 109-115.

167. Stevens, S.S. Hearing: Its psychology and physiology / S.S. Stevens, H. Davis. – New York, NY: John Wiley&Sons, 1938. – 489 p.
168. Streitfeld, B. The fiber connections of the temporal lobe with emphasis on Rhesus monkey / B. Streitfeld // International Journal of Neuroscience. – 1980. – Vol. 11. – P. 51-71.
169. Strom, K.E. The hearing review 2006 dispenser survey / K.E. Strom // The Hearing Review. – 2006. – Vol. 13. – P. 16-39.
170. Stuart, A. Word recognition in continuous and interrupted broadband noise by young normal-hearing, older normal-hearing, and presbycusis listeners / A. Stuart, D.P. Phillips // Ear and Hearing. – 1996. – Vol. 17. – P. 478-489.
171. Subcortical white matter pathology as a mediating factor for age-related decreased performance in dichotic listening / L. Gootjes [et al.] // Neuropsychologia. – 2007. – Vol. 45, № 10. – P. 2322-2332.
172. Suga, N. Cortical maps for hearing and egocentric selection for self-organisation / N.Suga, J. Yan, Y. Zhang // Trends in Cognitive Sciences. – 1997. – Vol. 1. – P. 13-20.
173. Taylor, B. Speech-in-noise tests: How and why to include them in your basic test battery / B. Taylor // Hear. J. – 2003. – Vol. 56, № 1. – P. 40-43.
174. Terry, R.D. Life span and synapses: will there be a primary senile dementia? / R.D. Terry, R. Katzman // Neurobiol Aging. – 2001. – Vol. 22, № 3. – P. 347-348.
175. The amygdaloid complex: anatomy and physiology / P. Sah [et al.] // Physiology Reviews. – 2003. – Vol. 83. – P. 803-834.
176. The effect of masker interaural time delay on the masking level difference in children with history of normal hearing or history of otitis media with effusion / J.W. Hall [et al.] // Ear Hear. – 1998. – Vol. 19, № 6. – P. 429-433.
177. The multilingual matrix test: Principles, applications, and comparison across languages – A review / B. Kollmeier [et al.] // Int J Audiol. – 2015. – Vol. 54, Suppl. 2. – P. 3-16.
178. Training to improve hearing speech in noise: biological mechanisms / J.H. Song [et al.] // Cereb Cortex. – 2012. – Vol. 22, № 5. – P. 1180-1190.

179. Tremblay, K. The time course of auditory perceptual learning: Neurophysiological changes during speech-sound training / K. Tremblay, N. Kraus, T. McGee // *NeuroReport*. – 1998. – Vol. 9, № 16. – P. 3556-3560.
180. Van Rooij, J.C.G.M. Auditive and cognitive factors in speech perception by elderly listeners / J.C.G.M. van Rooij, R. Plomp // *Acta Otolaryngologica Supplement*. – 1991. – Vol. 476. – P. 177-181.
181. Walton, J.P. Age-related alteration in processing of temporal sound features in the auditory midbrain of the CBA mouse / J.P. Walton, R.D. Frisina, W.E. O'Neill // *J Neurosci*. – 1998. – Vol. 18, № 7. – P. 2764-2776.
182. Watson, C.S. On the lack of association between basic auditory abilities, speech processing, and other cognitive skills / C.S. Watson, G.R. Kidd // *Rehabilitation*. – 2002. – Vol. 23. – P. 83-94.
183. Webster, D.B. Neonatal sound deprivation affects brain stem auditory nuclei / D.B. Webster, M. Webster // *Arch Otolaryngol*. – 1977. – Vol. 103, № 7. – P. 392-396.
184. Weinberger, N.M. Auditory associative memory and representational plasticity in the primary auditory cortex / N.M. Weinberger // *Hearing Research*. – 2007. – Vol. 229, № 1-2. – P. 54-68.
185. Weinberger, N.M. Learning-Induced Receptive Field Plasticity in the Primary Auditory Cortex / N.M. Weinberger // *Seminars in Neuroscience*. – 1997. – Vol. 9, № 1-2. – P. 59-67.
186. Wentworth, C. Auditory Working Memory – What is it, and Why is it so Important? [Electronic resource] / C. Wentworth. – Available at: http://ezinearticles.com/?expert=Carlene_Wentworth.
187. WHO. Deafness and hearing loss. Fact sheet updated [Electronic resource]. – 2017. – Available at: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs300/en>.
188. Willott, J.F. Effects of aging, hearing loss, and anatomical location on thresholds of inferior colliculus neurons in C57BL/6 and CBA mice / J.F. Willott // *Journal of Neurophysiology*. – 1986. – Vol. 56. – P. 391-408.

189. Willott, J.F. Physiological plasticity in the auditory system and its possible relevance to hearing aid use, deprivation effects, and acclimatization / J.F. Willott // *Ear Hear.* – 1996. – Vol. 17, Suppl. 3. – P. 66-77.
190. Wilson, R.H. Intra- and inter-session test, retest reliability of the Words-in-Noise (WIN) test / R.H. Wilson, R. McArdle // *J Am Acad Audiol.* – 2007. – Vol. 18, № 10. – P. 813-825.
191. Wilson, R.H. Speech signals used to evaluate functional status of the auditory system / R.H. Wilson, R. McArdle // *J Rehabil Res Dev.* – 2005. – Vol. 42, Suppl. 2. – P. 79-94.
192. Wingfield, A. Cognitive factors in auditory performance: context, speed of processing and constraints of memory / A. Wingfield // *Journal of the American Academy of Audiology.* – 1996. – Vol. 16. – P. 175-182.
193. Zanto, T.P. Delays in neural processing during working memory encoding in normal aging / T.P. Zanto, B. Toy, A. Gazzaley // *Neuropsychologia.* – 2010. – Vol. 48, № 1. – P. 13-25.
194. Zhou, X. Environmental noise exposure degrades normal listening processes / X. Zhou, M. Merzenich // *Nature Communications.* – 2012. – Vol. 3. – Article number: 843.
195. Zurek, P.M. The precedence effect and its possible role in the avoidance of interaural ambiguities / P.M. Zurek // *Journal of the Acoustical Society of America.* – 1980. – Vol. 67. – P. 953-964.