

На правах рукописи

КРАВЦОВА ЕЛЕНА НИКОЛАЕВНА

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВРЕМЕННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ
С ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ ВЕСТИБУЛЯРНОЙ
ДИСФУНКЦИЕЙ**

3.1.3 — Оториноларингология

1.5.5 — Физиология человека и животных

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора медицинских наук

Санкт-Петербург — 2026

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБУ «СПб НИИ ЛОР» Минздрава России) и Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Петрозаводский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (ФГБОУ ВО ПетрГУ Минобрнауки России)

Научные консультанты:

Директор ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи» Минздрава России, доктор медицинских наук, профессор

Дворянчиков Владимир Владимирович

Заведующий кафедрой физиологии человека и животных, патофизиологии медицинского института им. профессора А. П. Зильбера ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет» Минобрнауки России, доктор медицинских наук, профессор

Мейгал Александр Юрьевич

Официальные оппоненты:

Профессор кафедры оториноларингологии ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова» Минздрава России, доктор медицинских наук

Пацинин Александр Николаевич

Заведующая Городским сурдологическим центром для взрослого населения СПб ГБУЗ «Городской гериатрический медико-социальный центр», доктор медицинских наук

Голованова Лариса Евгеньевна

Заведующая кафедрой нормальной физиологии ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России, доктор медицинских наук, доцент

Томилова Евгения Александровна

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования Министерства здравоохранения Российской Федерации «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Защита диссертации состоится «___» _____ 2026 г. в 13.00 часов на заседании диссертационного совета по защите докторских и кандидатских диссертаций 21.1.064.01 ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи» Минздрава России (190013, г. Санкт-Петербург, ул. Бронницкая, д. 9).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБУ «СПб НИИ ЛОР» Минздрава России по адресу: 190013, Санкт-Петербург, ул. Бронницкая, д.9 и на сайте: www.lornii.ru.

Автореферат размещен на сайте: <https://vak.gisnauka.ru/>.

Автореферат разослан «___» _____ 2026 г.

Учёный секретарь диссертационного совета, кандидат медицинских наук

Щербакова Яна Леонидовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Периферическая вестибулярная дисфункция (ПВД), манифестирующая себя головокружением, нарушением равновесия и устойчивым снижением качества жизни, представляет собой значимую медико-социальную проблему (Lacour M. et al., 2022; Hall C. D et al., 2022; Edwards C. et al., 2023; Dougherty M. C. et al., 2023; Ebenezer A. et al., 2025, Coban A. F. 2026). Масштабность проблемы вестибулярной дисфункции подчеркивается ее широкой распространенностью, поскольку от 15% до 35% взрослых людей хотя бы один раз в жизни испытывают вестибулярные симптомы, причем у многих из них эти состояния приобретают хронический характер (Nishikawa H. et al., 2021; Jeong S. et al., 2023; Ma R. et al. 2025; Yu X. X. et al. 2025). Последствия ПВД включают повышенный риск падения и нарушение социальной и профессиональной адаптации, что выходит за рамки чисто клинических симптомов и влечет за собой существенные прямые и косвенные экономические расходы для системы здравоохранения и общества в целом (Sun S. et al., 2021; Kamo T. et al., 2025).

Несмотря на заметный прогресс в области диагностики ПВД, включающий внедрение высокотехнологичных методов количественной оценки вестибулярной функции (Пальчун В. Т. и соавт., 2015; Лиленко С. В. и соавт., 2020; Ni G. et al., 2021., 2022; Morrison M. et al., 2022; Gufoni M. et al., 2023; Piatti D. et al. 2025), ключевая проблема — реабилитация пациентов с ПВД — остается недостаточно решенной. Вопросы вестибулярной реабилитации (ВР) пациентов — как с острой односторонней (ОВД), так и с хронической одно- (ОВГ) или двусторонней периферической вестибулярной гипofункцией (ДВГ) — остаются в зоне ответственности оториноларингологии и сохраняют высокую клиническую значимость (Sun X. et al., 2025; Lodha S. et al., 2025). Это связано с тем, что существующие терапевтические подходы часто не позволяют достичь удовлетворительных результатов, в особенности в отношении полного восстановления динамических аспектов вестибулярной функции, даже при стабилизации основного заболевания (Hall C.D. et al. 2022; Lin R. et al. 2024; Schubert M.C. et al. 2025).

Степень разработанности исследования

Анализ научной литературы обнаружил возрастающий интерес к проблеме интеграции сенсорных систем в сфере поддержания равновесия человека. Большое внимание уделяется эволюционным аспектам взаимодействия слуховой и вестибулярной сенсорных систем (Young A.S. et al. 2019; Maudoux A. et al. 2022; Lanthaler D. et al. 2025) не только на рецепторном, но и на проводниковом и центральном (корковом) уровнях, где осуществляется интеграция афферентных сигналов (Prasad A. et al. 2020; Kim C. H. et al. 2021; Wackym P. A. et al. 2021; Paplou V. et al. 2021; Omidvari A. et al. 2025). Такой подход позволяет перейти от представления о содружественном поражении всего лабиринта к возможности поражения его отдельных частей. Современные диагностические подходы, от базового отоневрологического осмотра до высокотехнологичных методов оценки вестибулярной функции и функции равновесия в целом, показал наличие спорных моментов в интерпретации их результатов (Ni G. et al. 2021; Morrison M. et al., 2022; Gufoni M. et al. 2023; Behr E. et al. 2025). Что касается методов ВР, перспективными представляются новые неинвазивные методы вестибулярной стимуляции, такие как шумовая гальваническая и низкочастотная вибростимуляция (Wuehr M. et al., 2023; Ardic F et al., 2021; Bertrand-Charette M. et al., 2023; Valter Y. et al., 2025; Fujimoto C. et al., 2025). Отдельного внимания заслуживает применение иммерсивных и неиммерсивных технологий виртуальной реальности (VR), которые предоставляют уникальные возможности для создания контролируемой мультисенсорной среды, позволяющей проводить индивидуализированную тренировку вестибулярной функции (Pavlou M. et al., 2020; Xie M. et al., 2021; Lee J.W. et al. 2025). Однако анализ их влияния на стабильность позы и эффективность ВР демонстрирует неоднозначность результатов, что указывает на необходимость дальнейших исследований для определения их реальной клинической ценности (Lopez C. et al. 2024; Xie M. 2024; Bertrand-Charette M. et al. 2024; Li S. et al. 2025). Несмотря на высокий потенциал VR на сегодняшний день отсутствуют четкие клинические рекомендации и стандартизированные протоколы, адаптированные под конкретные виды вестибулярной дисфункции. В целом, накопленные данные побуждают к переосмыслению традиционных установок и поиску новых решений в сфере ВР.

Цель исследования

Научно обосновать, разработать и оценить эффективность системы вестибулярной реабилитации для пациентов с различными формами периферической вестибулярной дисфункции, основанной на комбинированном применении методов неинвазивной вестибулярной стимуляции звуком костной проводимости и технологий виртуальной реальности и дать ей физиологическое обоснование.

Задачи

1. Оценить влияние стойкой утраты слуха (глухота и тугоухость высокой степени) на вестибулярную функцию и постуральный баланс у лиц различных возрастных групп.
2. Оценить статическое равновесие при помощи компьютерной стабилотрии при музыкально развитом слухе на примере лиц, профессионально занимающихся вокалом
3. Изучить влияние звука костной проводимости и тактильной стимуляции кожи головы головным убором на параметры компьютерной стабилотрии и ходьбы у здоровых лиц в сенсорных условиях разной сложности
4. Оценить постактивационный эффект в дельтовидных мышцах при воздействии звука костной проводимости 110 Гц у здоровых лиц
5. Провести клинико-инструментальную оценку вестибулярной функции, статического и динамического равновесия у пациентов со стойкой односторонней и двусторонней вестибулярной гиподисфункцией в сенсорных условиях разной сложности
6. Исследовать влияние сенсорного протезирования при помощи воздействия звуком костной проводимости (110 Гц) и тактильной стимуляции кожи головы на статическое и динамическое равновесие у пациентов с двусторонней вестибулярной гиподисфункцией в сенсорных условиях разной сложности
7. Разработать протокол вестибулярной реабилитации, интегрирующий технологию виртуальной реальности с неполным погружением с воздействием звуком костной проводимости (110 Гц) и оценить его эффективность у пациентов со стойкой односторонней и двусторонней вестибулярной гиподисфункцией
8. Оценить состояние вестибулярной функции и постурального контроля у пациентов с острой односторонней вестибулярной дисфункцией

9. Разработать протокол вестибулярной реабилитации, интегрирующий цифровые технологии и воздействие звуком костной проводимости (110Гц) и оценить его эффективность у пациентов с острой односторонней вестибулярной дисфункции

Научная новизна исследования

Впервые экспериментально показано, что стимуляция звуком костной проводимости частотой 110 Гц, подаваемая через наушники, фиксируемые на козелках ушных раковин, оказывает положительное влияние на параметры статического и динамического равновесия у пациентов с двусторонней вестибулярной гипofункцией. Обосновано предположение о резонансном механизме воздействия данной частоты на вестибулярные рецепторы.

Впервые показано, что звук костной проводимости 110 Гц вызывает равномерное с двух сторон тела усиление непроизвольного мышечного тонуса в виде постактивационного эффекта.

Впервые продемонстрирован вклад тактильной афферентации кожи головы в поструральный контроль в виде улучшения параметров стабилотрии при надевании головного убора, плотно охватывающего голову, как у здоровых лиц, так и при стойкой вестибулярной гипofункции.

Впервые продемонстрировано, что методика вестибулярной реабилитации пациентов со стойкой вестибулярной гипofункцией, основанная на комбинировании неинвазивной вестибулярной стимуляции звуком костной проводимости (110 Гц) и технологии виртуальной реальности с неполным погружением, оказывает статистически значимый положительный эффект на показатели поддержания вертикальной позы.

Впервые продемонстрирована эффективность ранней реабилитации, основанной на комбинировании неинвазивной вестибулярной стимуляции звуком костной проводимости (110 Гц) и цифровых технологий при острой вестибулярной дисфункции. На основе комплексного анализа данных отоневрологического обследования, стабилотрии, скорости выполнения TUG теста и данных анализа влияния головокружения на повседневную жизнь (шкала DHI) впервые показано, что включение акустической стимуляции (звук костной/хрящевой проводимости) и мобильных цифровых технологий в протокол ранней вестибулярной реабилитации достоверно ускоряет процессы вестибулярной компенсации.

Показано, что условия «стояние на поролоне с закрытыми глазами» (а также ходьба в аналогичных условиях) обладает максимальной информативностью для выявления вестибулярной дисфункции.

Научно-практическая ценность работы

Разработаны и внедрены в клиническую практику протоколы вестибулярной реабилитации, основанные на комбинированном применении неинвазивной стимуляции звуком костной проводимости и технологий виртуальной реальности с неполным погружением и мобильных цифровых технологий. Показана их высокая клиническая эффективность, выражающаяся в статистически значимом улучшении стабилметрических показателей на 30-40% и ускорении процессов вестибулярной компенсации у пациентов с различными формами периферической вестибулярной дисфункции.

В процессе работы созданы оригинальные цифровые продукты, защищенные свидетельствами о регистрации результатов интеллектуальной собственности (специализированное мобильное приложение, №2023614763 от 06.03.2023; программы для VR-тренингов, №2024610054 от 09.01.2024).

Разработана, апробирована и внедрена в клиническую практику доступная аппаратно-программная реализация метода акустической стимуляции на базе коммерчески доступных наушников костной проводимости и свободно распространяемого программного обеспечения, обеспечивающая возможность генерации звука, его подачи на наушники и задания частоты и амплитуды звука. Это позволило проводить вестибулярную реабилитацию в амбулаторных условиях, в виде самостоятельных занятий пациентов, что позволило масштабировать методику без финансовых затрат.

Разработан и внедрен специализированный онлайн-калькулятор для определения весовых коэффициентов относительного вклада вестибулярной, зрительной и проприоцептивной сенсорных систем (W_{vest} , W_{vis} , W_{prop}) в позный контроль на основе данных компьютерной стабилметрии (https://imit.petrso.ru/stabilometry_calculator).

Внедрена методика комплексного мониторинга эффективности вестибулярной реабилитации, основанная на анализе стабилметрических и функциональных показателей, что позволяет объективно оценивать динамику восстановления и своевременно корректировать лечебные мероприятия. На основе полученных дан-

ных разработаны практические рекомендации по персонализированному выбору стратегии реабилитации с учетом типа и стадии вестибулярной дисфункции и возраста пациента.

Положения, выносимые на защиту

1. Механизмы вестибулярной компенсации при односторонней и двусторонней вестибулярной недостаточности различны, что требует дифференцированного подхода к реабилитации.
2. Применение бинауральной акустической стимуляции костной проводимости частотой 110 Гц способствует оптимизации процессов сенсорной интеграции и улучшению постурального контроля у пациентов с периферической вестибулярной дисфункцией.
3. Комбинированный протокол вестибулярной реабилитации, интегрирующий технологии виртуальной реальности с мультимодальной сенсорной стимуляцией, является более эффективным по сравнению со стандартными подходами к реабилитации пациентов с периферической вестибулярной дисфункцией.
4. Раннее начало вестибулярной реабилитации с использованием мобильных технологий способствует ускорению процессов центральной компенсации и улучшению функциональных исходов у пациентов с острой вестибулярной дисфункцией.

Степень достоверности результатов

Обоснованность и достоверность полученных результатов обеспечиваются корректным методологическим планированием исследования, репрезентативностью выборки, а также использованием адекватных задачам современных методов статистического анализа. Для анализа данных использовалось следующее программное обеспечение: среда программирования R, IBM SPSS Statistics 21.0 (IBM Company, Чикаго, США) и Statgraphics 15 Centurion (Statgraphics Technologies, Inc., The Plains, США).

Апробация работы

Основные материалы диссертационной работы доложены и обсуждены на: Конференциях оториноларингологов Республики Карелия «Актуальные вопросы оториноларингологии» (Петрозаводск, 2012, 2014, 2015, 2016, 2018, 2022); I Конгрессе оториноларингологов Северо-Западного Федерального округа (Санкт-Петербург, 2017); Петербургских форумах оториноларингологов России (2017,

2018, 2019, 2020, 2023, 2024, 2025); конференции «Young Biologists Science Week» (Петрозаводск, 2017); Медицинских форумах «Карельская жемчужина» (Петрозаводск, 2017, 2024); XVI Московской научно-практической конференции «Оториноларингология: традиции и современность» (Москва, 2018); XI Всероссийской с международным участием школе-конференции по физиологии мышц и мышечной деятельности, посвященной 70-летию открытия механизма мышечного сокращения (Москва, 2024); Конференции неврологов Республики Карелия «К 65-летию медицинского института им. А. П. Зильбера» (Петрозаводск, март, сентябрь 2025); Конференции врачей-неврологов и оториноларингологов Республики Карелия «Расстройства равновесия и когнитивных функций во врачебной практике» (Петрозаводск, 2025); Республиканской научно-практической конференции «Осенняя неврология», посвященной 85-летию Петрозаводского государственного университета и 65-летию медицинского института им. А. П. Зильбера (Петрозаводск, 2025); Республиканской научно-практической конференции «Карельская неврология», посвященной 75-летию Республиканской больницы им. В. А. Баранова (Петрозаводск, март 2026).

Публикации

По теме диссертации опубликовано 32 научные работы, из них 11 статей в изданиях, входящих в перечень рекомендованных Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, аккредитованных по специальностям: 3.1.3. — Оториноларингология, 1.5.5 — Физиология человека и животных, в том числе 10 в изданиях, относящихся к категориям K1 и K2, а также 3 публикаций в изданиях, включенных в международную базу данных Scopus и WoS, относящихся к квартилям Q1 и Q3.

Оформлено 2 свидетельства о регистрации результатов интеллектуальной собственности РФ: 1) «Мобильное приложение для тренировки глазодвигательных реакций у пациентов с периферической вестибулярной дисфункцией» (№2023614763, опубл. 06.03.2023); 2) «Программа реабилитации пациентов с периферической вестибулярной дисфункцией с использованием системы безмаркерного видеозахвата» (№2024610054, опубл. 09.01.2024). Зарегистрированы 3 базы данных: 1) «Показатели функции равновесия у здоровых и пациентов со стенозирующими заболеваниями экстракраниальных сосудов»

(№ 2013620902, опубл. 08.08.2013); 2) «Калорические битермальные исследования с орошением» (№ 2019621480, опубл. 19.08.2019); 3) «Данные стабилотрии» (№2019621481, опубл. 19.08.2019).

Внедрение в практику

Научные положения и практические рекомендации, сформулированные в диссертации, используются в практической деятельности отделений: ГБУЗ РК «Республиканская больница им. В. А. Баранова»: ЛОР отделения, неврологического отделении острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК), амбулаторного отделения центра платных медицинских услуг; ГБУЗ РК «Республиканская больница скорой и экстренной медицинской помощи» (до 08.09.2023 ГБУЗ РК «Больница скорой медицинской помощи») в нейрохирургическом отделении на ЛОР-койках и в неврологическом отделении, а также в учебном процессе кафедр госпитальной хирургии, ЛОР болезней, офтальмологии, стоматологии, онкологии, урологии и кафедры физиологии человека и животных, патофизиологии медицинского института им. А. П. Зильбера ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет».

Легитимность исследования. Исследования были одобрены этическим комитетом по медицинской этике при Министерстве здравоохранения и социального развития Республики Карелия от 22 апреля 2015 г. №34.

Личный вклад автора в проведенное исследование

Автор, врач-оториноларинголог высшей категории, лично провел полное клинико-инструментальное обследование всех пациентов клинических и контрольной групп. Обследование включало стандартный оториноларингологический и отоневрологический осмотр, расширенную вестибулометрию с оригинальным комплексом диагностических методик. Автором разработана концепция и клиническая методология оригинальной системы ВР с использованием цифровых, VR технологий и акустической стимуляции костной проводимости 110 Гц. Техническая реализация алгоритмов и программной платформы была выполнена сотрудниками института математики и информационных технологий ПетрГУ по техническому заданию автора. Автором лично проведен весь курс ВР для пациентов основных групп с использованием разработанной методики. Автором самостоятельно выполнен аналитический обзор ли-

тературы, разработаны дизайн и программа исследования, осуществлен сбор и первичная систематизация данных. Статистическая обработка результатов проведена с участием д.т.н. доцента Л.В. Щеголевой и д.м.н., профессора А. Ю. Мейгала. Интерпретация полученных данных, подготовка рукописи, представление данных на научных конференциях выполнены лично автором.

Соответствие паспорту научной специальности. Диссертация соответствует паспорту специальности 3.1.3. — Оториноларингология — 1. Исследования по изучению этиологии, патогенеза и распространенности ЛОР-заболеваний (...; сурдология, ...; вестибулярные расстройства); 2. Разработка и усовершенствование методов диагностики и профилактики ЛОР-заболеваний; 3. Экспериментальная и клиническая разработка методов лечения ЛОР заболеваний и внедрение их в клиническую практику; 5. Совершенствование организации и технологий оториноларингологической помощи пациентам, пребывающим в осложненных условиях среды обитания, в том числе при освоении Арктики, Антарктики, Мирового океана и Космоса, и паспорту специальности 1.5.5. — Физиология человека и животных, область исследований — 2. Молекулярная и интегративная организация физиологических функций; 4. Закономерности функционирования основных систем организма (нервной, ... сенсорной, двигательной, ...) при различных состояниях организма; 6. Системная организация физиологических функций на уровне клеток, тканей, органов и целого организма; 7. Исследование механизмов сенсорного восприятия и организации движений; 12. Разработка новых методов исследований функций животных и человека.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Организация и методы исследования

Диссертация состоит из введения, обзора литературы, 4 глав основного содержания работы, выводов, практических рекомендаций, списка литературы, изложена на 273 страницах машинописного текста, содержащего 584 источника, из которых 124 — отечественных и 460 — зарубежных. Работа иллюстрирована 28 рисунками и 79 таблицами.

Организация исследования и группы исследования. Отоневрологическое обследование прошли 1397 жителей Республики Карелия

(923 ж — 66,1%, 474 м — 33,9%, средний возраст $52,3 \pm 15,6$ года) по поводу жалоб на головокружение и нарушение равновесия (с сентября 2009 г. по октябрь 2024 г.). Амбулаторное лечение проходили 1258 человек (90%), стационарное — 139 человек (10%). В исследовании принял участие 181 пациент с доказанной периферической вестибулярной дисфункцией. Все участники дали согласие на дальнейшие этапы исследования и образовали три клинические группы. Из этого числа 145 пациентов прошли вестибулярную реабилитацию (таблица 1). Также, были сформированы три группы сравнения — 1) здоровые лица разного возраста с нормальным слухом, 2) здоровые лица молодого возраста с музыкальным слухом (вокалисты) и 3) лица с хронической сенсоневральной тугоухостью высокой степени и глухотой (давностью более 10 лет), не являвшиеся кандидатами на кохлеарную имплантацию либо отказавшиеся от нее, при отсутствии клинически значимой вестибулярной дисфункции (таблица 1).

Таблица 1. Группы участников исследования

Группа	N (м/ж)	Характеристика	Возраст (лет)
Клинические группы (n=181)			
Кл1	56 (19 м / 37 ж)	Стойкая односторонняя вестибулярная гиподисфункция (ОВГ)	$51,5 \pm 13,1$
Кл2	32 (6 м / 26 ж)	Стойкая двусторонняя вестибулярная гиподисфункция (ДВГ)	$63,6 \pm 13,3$
Кл3	93 (38 м / 55 ж)	Острая односторонняя вестибулярная дисфункция (ОВД)	$47,3 \pm 10,6$
Контрольные группы (n=155)			
Кн1	100 (47 м / 53 ж)	Здоровые лица разного возраста	$40,1 \pm 17,9$
Кн2	19 (5м / 16 ж)	Лица молодого возраста с музыкальным слухом (вокалисты)	$27,6 \pm 5,1$
Кн3	36 (14 м / 22 ж)	Глухота/тугоухость высокой степени разного возраста	$42,1 \pm 18,2$

Клинические и инструментальные методы обследования.

В рамках исследования были применены следующие методы:

1. Стандартное отоневрологическое обследование
2. Видеонистагмография (VNG) (VO425, «Interacoustics», Дания)
3. Битермальный калорический тест (БКТ)
4. Компьютерная стабилметрия (ST150, ООО «Мера», Москва, РФ), с пробой Ромберга и стопной реакцией,

5. Акселерометрия (IMU смартфона) во время TUG-теста для анализа ходьбы и трансформации позы
6. Метод маркерного видеозахвата движения (Статокин, ООО «Биософт», Москва, РФ)
7. Интерференционная электромиография (иЭМГ, Нейро-МВП-8, ООО «Нейрософт», Иваново, РФ) во время феномена Конштамма
8. Опросник DHI (Dizziness Handicap Inventory)

Данные методы применялись в зависимости от задачи в комплексе со стимуляцией ЗКП (110 Гц) в условиях нормальной (110 Люкс) и сниженной (3 Люкс) освещенности (люксметр «ТКА-ПКМ», ТКА, СПб, РФ), с надеванием головного убора, в четырех сенсорных условиях — «глаза открыты, на твердой поверхности» (ОТ), «глаза закрыты на твердой поверхности» (ЗТ), «глаза открыты стоя на поролоне» (мягкой основе, ОП), «глаза закрыты стоя на поролоне» (ЗП). На основании полученных данных разработаны комплексные программы ВР основе VR и цифровых технологий для клинических групп, дана оценка результатам ВР (таблицы 2 и 3).

Таблица 2. Методики и технологии протоколов вестибулярной реабилитации (ВР) в разных клинических группах

Группа	Методика ВР	Технологии ВР
Кл1 и Кл2 — стойкая одно- и двусторонняя вестибулярная гиподисфункция	Комбинированные сеансы VR-тренировок с синхронной бинауральной акустической стимуляцией (110 Гц)	Система VR (Kinect) наушники, размещаемые на козелках ушных раковин
Кл3 (Подгруппа А) — острая односторонняя вестибулярная гиподисфункция	Традиционная ВР: разъяснительная беседа и печатные материалы для самостоятельных занятий	Не предусмотрено
Кл3 (Подгруппа Б) — острая односторонняя вестибулярная гиподисфункция	Ранняя реабилитация с использованием мобильного специализированного приложения и стимуляция ЗКП в период после вертикализации	Мобильное приложение (Android) Наушники, размещаемые на козелках ушных раковин

Таблица 3. Критерии эффективности протоколов вестибулярной реабилитации

Группа	Основные критерии	Дополнительные критерии
Кл1 и Кл2	Динамика параметров компьютерной стабилометрии в четырех сенсорных условиях: длины траектории ОЦД (мм) и площади доверительного эллипса ОЦД (мм ²)	Динамика отоневрологического статуса
Кл3 (Подгруппа А)	Снижение баллов по ДНН Уменьшение времени TUG-теста (сек)	Динамика отоневрологического статуса
Кл3 (Подгруппа Б)	Снижение баллов по ДНН Уменьшение времени TUG-теста (сек) Точность фиксации взора (по данным мобильного приложения)	Динамика отоневрологического статуса

Статистическая обработка результатов

Статистическая обработка проведена при помощи статистических пакетов IBM SPSS Statistics 21.0 (IBM Company, Чикаго, США). Предварительно выборки были проверены на нормальность распределения при помощи теста Шапиро-Уилкса. Поскольку в большинстве выборок распределение не было нормальным, были использованы непараметрические методы анализа. Тест Уилкоксона был применен для сравнения состояний «без звука» и «со звуком», «с головным убором» и «без головного убора», «до курса реабилитации» и «после курса реабилитации». Тест Крускал-Уоллеса был применен для сравнения групп «молодых», «лиц среднего» и «лиц пожилого возраста», и группами «ДВГ», «ОВГ» и «здоровые лица пожилого возраста». Тест Манна-Уитни применен для сравнения в паре «лица с глухотой» и «без глухоты», тест Фридмана с поправкой Кейлса-Ньюмана для сравнения выборок в четырех разных сенсорных условиях (ОТ, ЗТ, ОП, ЗП).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

1. Результаты эпидемиологического исследования пациентов с жалобами на головокружение и нарушение равновесия в Республике Карелия

В период 2010-2025 гг. на территории Республики Карелия обследовано 1397 пациентов с вестибулярными расстройствами. Установлено, что 48,5% (677) случаев приходится на долю центральной (у женщин чаще, $p < 0,05$), а остальные 51,5% на долю периферической вестибулярной дисфункции (ПВД). Наиболее частой причиной (34%) был отолитиаз, также со значительным ($>80\%$) преобладанием женщин. Несмотря на климатогеографические особенности территории Республики Карелия, нозологическая структура и клинико-демографический профиль пациентов (преобладание женщин среднего и пожилого возраста) не отличаются от общемировых данных, что указывает на универсальность патогенетических механизмов вестибулярных расстройств.

2. Влияние возраста, специального вокального тренинга и слуха на вестибулярную систему и равновесие по данным клинико-инструментального обследования

При отоневрологическом обследовании лиц с глухотой/тугоухостью высокой степени (Кн1) выявлены выраженные возрастные различия. Так, например, у лиц молодого и среднего возраста ($n=29$) патологические отоневрологические симптомы были отмечены в единичных случаях: нарушение саккад (3,5%), положительный тест с попеременным закрыванием глаз (10,3%) и коррекционные саккады (6,7%).

В группе лиц пожилого и старческого возраста с глухотой/тугоухостью высокой степени ($n=7$) частота нарушений была выше ($p < 0,05$) — позиционный нистагм (42,9%), коррекционные саккады (42,9%), нарушение ходьбы с закрытыми глазами (42,9%), нарушение функции медленного слежения взора (14,3%), поворот в тесте Унтербергера $> 45^\circ$ (4,8%). В группе Кн1 (здоровые пожилые и старые лица, $n=23$) эти отоневрологические симптомы не отмечены, регистрировался лишь дисдиадохокinez (11,1%), что указывает на специфичность выявленных изменений для лиц с глухотой. Тестирование по шкале ДНП выявило возраст-зависимое увеличение баллов у лиц с глухотой/тугоухостью высокой степени: от $7,5 \pm 9,1$ в мо-

лодом (легкие нарушения) до $26,3 \pm 12,5$ в пожилом возрасте (приближение к умеренным нарушениям). При видеоинстагнографии у здоровых лиц группы Кн1 спонтанных глазодвигательных реакций не зарегистрировано. У 4 лиц с глухотой/тугоухостью высокой степени (Кн3) выявлен спонтанный горизонтальный нистагм, подавляющийся фиксацией взора; у 2 лиц горизонтальный нистагм регистрировался в тесте встряхивания головы.

Анализ данных БКТ в Кн1 ($n=100$) продемонстрировал статистически значимое ($p < 0,01$) снижение пиковой скорости медленной фазы (СМФ) нистагма от молодого к пожилому возрасту (рис. 1).

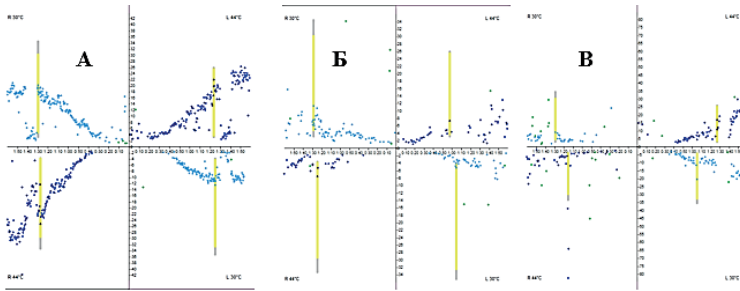


Рисунок 1 — Оценка вестибулярной функции при помощи битермального калорического теста

Панель (А) иллюстрирует результаты тестирования лица 27 лет, суммарная

СМФ нистагма справа 26 °/с, слева 22°/с. Панель (Б) — лицо 62 лет, суммарная СМФ нистагма справа 15 °/с, слева 17°/с. Панель (В) — лицо 74 лет, суммарная СМФ нистагма справа 9 °/с, слева 11°/с. Темно-синим цветом выделен посткалорический нистагм на тепловой (44 °С), светло-голубым — на холодовой стимул (30 °С). Момент активации светового стимула обозначен вертикальной желтой линией

Наибольшее снижение отмечено для холодного стимула справа (R 30°C) — на 43% (с 8,9 до 5,1°/с) и теплого слева (L 44°C) — на 36% (с 14,3 до 9,1°/с). Суммарные показатели (R 30+44°C, L 30+44°C) снижались на 38-37%. Референтные диапазоны СМФ сужались с возрастом, отражая уменьшение функционального резерва лабиринта (рис. 1).

У лиц с глухотой/тугоухостью высокой степени ($n=36$) также прослеживалась тенденция к возраст-зависимому снижению СМФ, однако статистически значимых различий между возрастными подгруппами не получено ($p > 0,05$). Референтные диапазоны показателей СМФ нистагма у лиц с глухотой/тугоухостью высокой степени

в старших возрастных группах сужались, но оставались шире, чем у сверстников с нормальной функцией слуха. Сравнительный анализ данных БКТ контрольных групп 1 и 3 показал, что во всех возрастных категориях средние значения СМФ у лиц с глухотой были ниже, а вариабельность показателей выше, что указывает на более выраженную возрастную вестибулярную гипофункцию и гетерогенность компенсаторных механизмов у лиц данной категории (рис. 2).

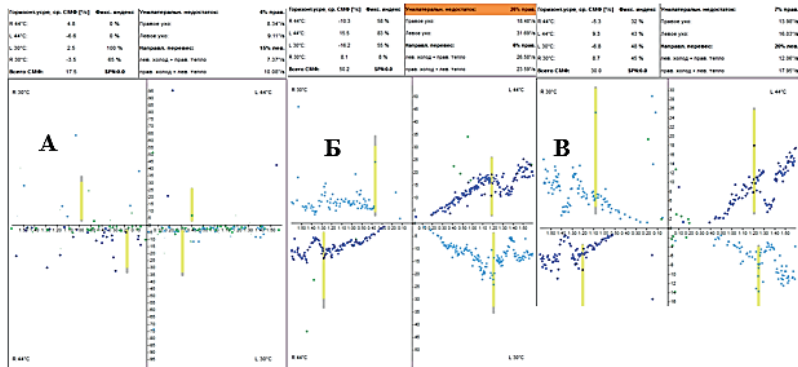


Рисунок 2 — Оценка вестибулярной функции при помощи битермального калорического теста

Панель (А) иллюстрирует результаты тестирования лица 31 года с глухотой, суммарная СМФ нистагма менее 6°/с с двух сторон. Панель (Б) лицо 28 лет с двусторонней хронической сенсоневральной тугоухостью IV степени, унилатеральный недостаток справа 28%, СМФ справа 18°/с, слева 31°/с. Панель (В) — лицо 62 лет с глухотой, приобретенной в раннем детском возрасте, СМФ справа 14, слева 16°/с.

По результатам компьютерной стабилотрии (КС) показано, что возраст оказал влияние на параметры КС у здоровых лиц с не измененной функцией слуха (Кн1): у пожилых/старых лиц во всех сенсорных условиях длина траектории ОЦД была больше по сравнению показателями у лиц молодого возраста (таблица 4). Наличие глухоты/тугоухости оказало влияние на этот параметр только в пожилом/старом возрасте и только в сложных сенсорных условиях (таблица 4).

Таблица 4. Длина траектории ОЦД (мм) у лиц разного возраста в различных сенсорных условиях и различным состоянием функции слуха (Кн1 n=68, средний возраст 44,8±17,6 лет; Кн3 n=36, средний возраст 42,1±18,2 года)

Состояние	Сенсорные условия стояния			
	ОТ	ЗТ	ОП	ЗП
Молодой возраст, n=33; 12м., 21 ж., 29,9±4,6 лет				
Без нарушения слуха	231 (181; 240)	325 (258;389)	382 (283;471)	907 (725;1327)
Молодой возраст n=18; 8м.,10 ж., 26,1±5,6 лет				
С глухотой/тугоухостью	201 (146; 221)	303 (166; 371)	364 (278; 404)	906 (810; 1203)
<i>p</i>	0,01	0,253	0,279	0,754
Средний возраст, n=19; 7 м.,12 ж., 52,7±6,4 лет				
Без нарушения слуха	236 (218; 250)	320 (269; 433)	458 (352; 477)	970 (837; 1067)*
Средний возраст, n=11; 4 м.,7 ж., 50,9±4,5 лет				
С глухотой/тугоухостью	240 (219; 273)	318 (302; 350)	482 (379; 698)	1423 (1182; 1999)
<i>p</i>	0,566	0,928	0,413	0,001
Пожилой возраст+ старые (>60 лет), n=16; 5 м.,11 ж., 66,3±15,1 лет				
Без нарушения слуха	331 (272; 398)*	466 (398; 665)*	559 (451; 734)*	1258 (1079; 1633)*
Пожилой возраст+ старые (>60 лет), n=7; 2 м.,5 ж., 69,5±5,5 лет				
С глухотой/тугоухостью	250 (226; 336)	365 (245; 294)	642 (401; 881)	1879(1074; 2150)
<i>p</i>	0,104	0,137	0,894	0,349

Примечание: * — $p < 0,05$ при сравнении с молодым возрастом (ANOVA), p — различие состояний «без глухоты» и «с глухотой» (критерий Манна-Уитни).

Исследование ходьбы при помощи метода маркерного видеозахвата движения показало, что длина шага (ДШ) не изменялась у здоровых лиц при переходе от простых к более сложным сенсорным условиям исполнения. У лиц с глухотой/тугоухостью ДШ была статистически значимо меньше примерно на 200 мм (таблица 5).

Таблица 5. Длина шага (мм) у здоровых молодых без глухоты и тугоухости и с ней в различных сенсорных условиях (n=28)

Сенсорные условия ходьбы			
ОТ	ЗТ	ОП	ЗП
Молодые люди без нарушения слуха (n=17; 8 м., 7 ж.; 28,4 ± 7,6 лет)			
1074 (1038; 1139)	1053 (986; 1105)	1054 (958; 1125)	1015 (915; 1079)
Молодые люди с глухотой/тугоухостью (n=11; 4 м., 7 ж.; 31,2 ± 5,8 лет)			
834 (804; 844)***	863 (817; 950)***	982 (933; 1023)*	807 (736; 932)***

Примечание: ОТ — глаза открыты ходьба по твердой поверхности, ЗТ — глаза закрыты ходьба по твердой поверхности, ОП — глаза открыты, ходьба по поролону, ЗП — глаза закрыты, ходьба по поролону. * — $p < 0,05$, *** — $p < 0,001$ между группами (критерий Манна-Уитни).

Таким образом, наличие глухоты/тугоухости приводило к укорочению длины шага, что, вероятно, объясняется более осторожной походкой. Установлено, что у молодых вокалистов стабилметрические параметры были лучше по сравнению с молодыми лицами без нарушения слуха, не занимающимися профессионально вокалом (таблица 6).

Таблица 6. Параметры компьютерной стабилметрии молодых здоровых лиц без нарушения слуха (n=18; м 4., 14 ж.; 25,3 ± 4,8 лет) и молодых вокалистов (n=19, 5 м., 16 ж., 27,6 ± 5,1 лет)

Группы	Условия стояния	
	Глаза открыты	Глаза закрыты
Длина траектории ОЦД (мм)		
Лица без нарушения слуха	186,8 (134; 246,6)	271,2 (210; 387)
Вокалисты	147 (114; 191)	236 (184; 331)
Площадь доверительного эллипса ОЦД (мм ²)		
Лица без нарушения слуха	77,7 (28; 138)	132,6 (115; 173,6)
Вокалисты	38 (24; 68)*	83 (44; 98)**

Примечание: *** — $p < 0,001$ при сравнении молодых лиц без нарушения слуха и вокалистов (тест Манн-Уитни).

3. Влияния звука костной проводимости (110 Гц) и тактильной стимуляции кожи головы головным убором на параметры стабилометрии, ходьбы и мышечного тонуса у здоровых лиц с нормальной функцией слуха

В этой главе представлены результаты влияния стимуляции звуком костной проводимости частотой 110 Гц (ЗКП) и надевания головного убора на постуральную устойчивость у здоровых лиц без нарушения слуха. Стимуляция ЗКП (110 Гц) приводила к статистически значимому уменьшению длины траектории ОЦД, не меняя существенно площадь доверительного эллипса ОЦД (таблица 7), причем этот эффект в наибольшей степени проявлялся в сложных сенсорных условиях.

Таблица 7. Параметры ОЦД у здоровых лиц без нарушения слуха в различных сенсорных условиях стояния при воздействии звуком костной проводимости частотой 110 Гц. (n=34; 11 м., 23 ж., возраст 22,5±2,1 лет)

Состояние	Условия вертикальной позы			
	ОТ	ЗТ	ОП	ЗП
Длина траектории ОЦД (мм)				
Без ЗКП	199 (173;242)	293 (224;373)	362 (301;431)	861 (734;1029)
С ЗКП	192 (174;248)	266 (224;326)	337 (293;378)	753 (602;918)
<i>p</i>	0,707	0,047	0,004	0,001
Площадь доверительного эллипса ОЦД (мм ²)				
Без ЗКП	121 (75;184)	136 (95;216)	156 (125;239)	609 (474;822)
С ЗКП	101 (69;165)	135 (102;201)	175 (126;253)	509 (39;626)
<i>p</i>	0,681	0,701	0,865	0,062

Примечание: *p* при сравнении состояний «без ЗКП» и «с ЗКП» (критерий Уилкоксона). ЗКП — звук костной проводимости частотой 110 Гц. ОЦД — общий центр давления.

Установлено, что надевание головного убора (200 г) плотно обхватывающего голову, уменьшило длину траектории ОЦД в сложных сенсорных условиях, но не изменяло площадь доверительного эллипса ОЦД (таблица 8). Температура кожи головы, по данным лазерной доплер-флоуметрии (Лазма-ПФ, ООО Лазма, Москва, РФ), в течение исследования не изменялась. Влияние надевания головного убора, плотно обхватывающего голову на стабилометрические параметры можно объяснить усилением значения эгоцентрической системы координат за счет стимуляции тактильных рецепторов кожи головы.

Таблица 8. Параметры компьютерной стабилометрии в различных сенсорных условиях вертикальной позы в состоянии «без шапки» и «в шапке» у здоровых лиц без нарушения слуха ($n=23$; 8м., 15 ж., средний возраст $23,3 \pm 3,1$)

Состояние	Условия вертикальной позы			
	ОТ	ЗТ	ОП	ЗП
Длина траектории ОЦД (мм)				
Без шапки	233 (187; 248)	352 (254; 424)	402 (327; 492)	889 (715; 1165)
С шапкой	232 (194; 318)	374 (275; 452)	385 (329; 438)	842 (667; 1057)
p	0,055	0,615	0,149	0,016
Площадь доверительного эллипса ОЦД (мм ²)				
Без шапки	107 (70; 204)	219 (112; 356)	211 (118; 267)	657 (471; 1108)
С шапкой	132 (112; 206)	199 (118; 404)	207 (176; 316)	768 (537; 889)
p	0,073	0,447	0,128	0,843

Примечание: при сравнении состояний «без шапки» и «в шапке» (критерий Уилкоксона), ОЦД — общий центр давления.

Параметры, рассчитанные на основе акселерометрии, в TUG-тесте на твердой поверхности у лиц без нарушения слуха (Кн1) под действием звука костной проводимости частотой 110 Гц не изменились при изменении освещенности, несмотря на тенденцию к улучшению некоторых параметров, например S3, под действием ЗКП (таблица 9). Пример акселерограммы одного из участников приведен на рисунке 3.

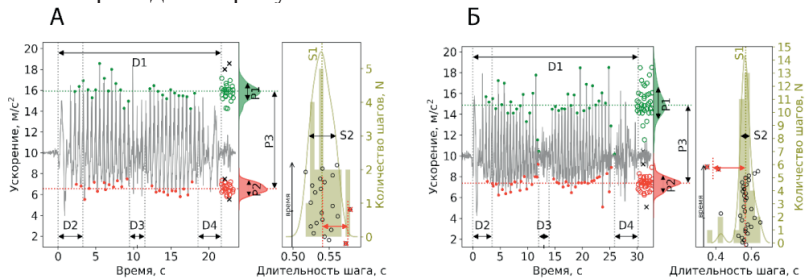


Рисунок 3 — Акселерометрическая запись TUG-теста у лица молодого возраста (Кн1) демонстрирует изменения кинематики ходьбы при снижении освещенности (Б) по сравнению с нормальной освещенностью (А) в отсутствие аудиостимуляции костной проводимости. Регистрируется достоверное увеличение общего времени выполнения теста (с 25 до 35 с), а также снижение амплитуды акселерограммы как в фазе линейной локомоции, так и в фазе разворота.

Таблица 9. Параметры ходьбы по данным акселерометрии у лиц КнIпри воздействии звука костной проводимости и фактора освещенности (n= 26; 10 м., 16 ж., средний возраст $23,9 \pm 6,3$ лет)

Параметры походки	Хорошая освещенность		Слабая освещенность		Звук, р	Свет, р
	Без звука	Со звуком	Без звука	Со звуком		
D1	21,7 (19,6-25,4)	21,4 (18,9-23,4)	29,9 (27,3-29,9)	28,8 (26,6-32,7)	0,315	0,005*
D2	2,3 (2,1-2,5)	2,4 (2,1-2,5)	2,4 (2,2-2,5)	2,3 (2,2-2,5)	0,768	0,680
D3	1,8 (1,6-2,2)	1,9 (1,6-1,9)	1,9 (1,8-2,2)	2,0 (1,8-2,2)	0,557	0,369
D4	2,6 (2,0-2,9)	2,4 (2,1-3,0)	3,4 (2,5-4,1)	3,2 (2,3-4,4)	0,945	0,110
S1	0,02 (0,01-0,02)	0,01 (0,01-0,02)	0,04 (0,03-0,05)	0,04 (0,02-0,05)	0,883	0,001*
S2	0,02 (0,01-0,02)	0,01 (0,01-0,02)	0,04 (0,03-0,05)*	0,04 (0,02-0,05)	0,072	0,001*
S3	111,7 (106,0-118,4)	113,1 (109,6-118,3)	104,1 (99,8-110,9)	104,1 (99,1-110,4)	0,740	0,002*
S4	3,2 (2,6-4,4)	2,8 (2,4-3,9)	7,4 (5,9-9,9) *	6,27 (4,6-9,9)	0,053	0,001*
S5	2,9 (2,6-3,9)	3,2 (2,7-3,9)	4,0 (2,9-5,4)	3,8 (3,1-5,2)	0,793	0,122
P1	1,0 (0,9-1,2)	0,9 (0,8-1,2)	1,2 (0,9-1,6)	1,0 (0,9-1,5)	0,873	0,002*
P2	0,5(0,4-0,7)	0,5 (0,4-0,7)	0,6 (0,4-0,7)	0,5 (0,4-0,7)	0,641	0,559
P3	9,4(7,7-10,7)	9,9 (7,8-10,9)	6,9 (5,4-8,3)	7,4 (5,3-8,4)	0,192	0,001

Примечание* — отличие по отношению ко всем другим состояниям ($p < 0,05$).

D1: Полное время теста (с): от вставания до полного приседания, D2 Запуск ходьбы (с): от старта движения головы при вставании до 3-го шага; D3 Время разворота (с): от остановки ходьбы вперед до начала ходьбы назад; D4: Время посадки (с): от предпоследнего шага до полного сидения; Характеристики шага (Stepping, S): S1: Среднее время шага (с), S2: Изменчивость времени шага (с): (стандартное отклонение), S3: Средняя частота шагов (шаг/мин), S4: Изменчивость частоты шагов (шаг/мин): (стандартное отклонение), S5: Показатель аномально длинных шагов: (среднее. 2 максимальных шагов / SD остальных), Ускорения и мощность (Power, P): P1: Максимальное ускорение при постановке стопы (м/с^2), P2 Максимальное ускорение при переносе ноги (м/с^2), P3: Средний разброс ускорений (м/с^2): Средняя. разница (P1-P2) при ходьбе вперед (индикатор мощности).

Таким образом, исследование влияния акустической и тактильной стимуляции на статическую и динамическую устойчивость у здоровых лиц позволяют предположить, что стимуляция может оптимизировать сенсорную интеграцию или предоставлять дополнительную неспецифическую афферентацию, облегчающую поддержание вертикальной позы при недостатке зрительной и/или проприоцептивной информации при максимальном сенсорном дефиците.

Постактивационный эффект (ПАЭ, феномен Конштамма) был исследован в условиях «без ЗКП» и «с ЗКП» у 15 здоровых лиц разного возраста. В условиях «без ЗКП» ПАЭ вызывался у 13 из 15 участников (86,6%) в виде однократного непроизвольного сокращения дельтовидных мышц (отведения рук в сторону). При действии ЗКП ПАЭ проявился у всех участников (100%). При действии ЗКП длительность ПАЭ увеличилась на 25%, тогда как латентность (время до начала ПАЭ) не изменилось (таблица 10, рисунок 4).

Таблица 10. Характеристика паттерна ПАЭ в состояниях «без звука» и «со звуком» (медиана, 25-75%) у здоровых лиц без нарушения слуха (n=15; 4м., 11 ж., средний возраст 40,2±14,6 года)

Параметр ПАЭ	Условия	
	«Без звука»	«Со звуком»
Распространенность (%)	86,7 (13/15)	100,0 (15/15)
«Осцилляционный» паттерн (%)	0 (0/13)	13,3 (2/15)
Латентность (с), правая рука	2,2 (1,5-4)	1,9 (1,5-3,2)
Длительность (с), правая рука	27,9 (24,1-88,5)	36,9 (34,5-116,5)**

Примечание: ** — $p < 0,01$ отличие по отношению к состоянию «без звука».

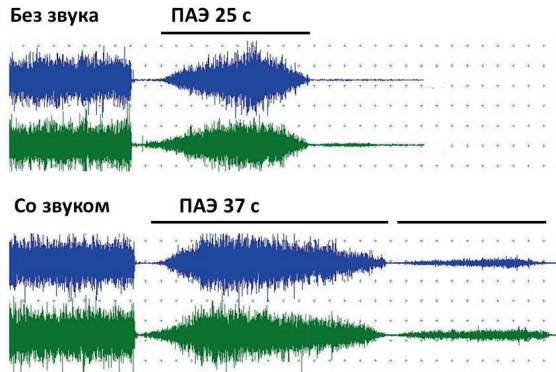


Рисунок 4 — Характерный вариант изменения паттерна ПАЭ дельтовидных мышц человека в условиях «без звука» и «со звуком». Первая и третья записи — правая дельтовидная мышца, вторая и четвертая записи — левая дельтовидная мышца. Калибровка времени 4 с, амплитуды ЭМГ 500 мкВ. ПАЭ — постактивационный эффект.

4. Влияние стойкой вестибулярной гипофункции на вестибулярную систему и равновесие по данным клинико-инструментального обследования

Обследовано 56 пациентов со стойкой односторонней вестибулярной гипофункцией (ОВГ), развившейся вследствие перенесенного вестибулярного нейронита (ВН) (n=35), острого кохлеовестибулярного синдрома (ОКВС) (n=13), острого лабиринтита (ОЛ) (n=4), болезни Меньера в поздней стадии (БМ) (n=3) и синдрома Рамсея-Ханта (РХ) (n=1). У всех пациентов ведущей жалобой являлась персистирующая шаткость при ходьбе, усиливающаяся в условиях сложной сенсорной обстановки (неровная поверхность, плохое освещение), что послужило причиной повторного обращения к отоневрологу. Головокружение отмечено у 34 человек (60,7%). Вращательное головокружение преобладало у пациентов, перенесших ВН (51,4%). Пациенты с БМ в поздней стадии жаловались на ощущение «дурноты» («мути в голове») (33,3%). Осцилопсии выявлены у 30,4% пациентов (в основном после ВН и синдрома РХ). Тошнота и рвота не отмечены ни у одного из пациентов, что соответствует хронической стадии заболевания. Изменения слуха отмечены у всех пациентов, за исключением группы пациентов, перенесших ВН. Спонтанный нистагм, подавляющийся фиксацией взора (в очках Frenzel), регистрировался у 68,6% молодых и 81,0% пожилых пациентов с ОВГ. Тесты встряхивания головы (Head Shaking Test) и Xalmagyi-Curthous были положительными в 100% случаев во всех возрастных группах, что подтверждает стойкую асимметрию вестибулярной афферентации. Позиционный нистагм выявлен у 31-33% пациентов с ОВГ. Локализация вторичного отолитиаза отмечена ипсилатерально стороне стойкой ОВГ. Тест Ромберга на мягкой основе был положительным у 60% молодых и 80,9% пожилых. Выявлены различия частоты отоневрологических симптомов между пациентами с ОВД молодого и пожилого возраста: нарушения произвольных саккад (0% и 19,1%), ходьба с открытыми глазами (37,1% и 90,5%) ($p < 0,05$), что может свидетельствовать о снижении центральных компенсаторных механизмов у лиц старшего возраста. Таким образом, у пациентов с ОВГ клиническая картина определяется персистирующей асимметрией вестибулярного тонуса с формированием постуральных нарушений, усугубляющихся с возрастом.

Обследовано 32 пациента с двусторонней хронической вестибулярной гипофункцией (ДВГ) различной этиологии: идиопатиче-

ской (53,1%), ототоксической (34,4%), постинфекционной (менингококковый менингит — 6,3%), на фоне аутоиммунного заболевания (3,1%) и двусторонней болезни Меньера в поздней стадии (3,1%). Ведущей жалобой у всех пациентов являлись шаткость и неустойчивость при ходьбе, усиливающиеся в условиях плохой освещенности и неровного рельефа. Осцилопсии («размытость» изображения при поворотах головы) отмечена у 93,8%, «дурнота», «муть», ощущение «ватной головы» у 96,9% кратковременное вращательное головокружение (позиционное) — 28,1%, снижение слуха различной степени у 81,3% пациентов, ограничение двигательной активности и потребность в сопровождении при ходьбе у 59,4% обследованных лиц с ДВГ.

Были отмечены следующие патологические отоневрологические симптомы: положительный тест Xalmagyi-Curthous (100%) во всех возрастных группах, шаткость при ходьбе с закрытыми глазами (100%) и невозможность выполнения пробы Ромберга стоя на поролоне (100%). Спонтанный нистагм в очках Frenzel регистрировался у 40% молодых и 54,5% пожилых пациентов с ДВГ; позиционный нистагм — у 20% и 40,9% соответственно. Тест встряхивания головы был положительным лишь в 36% пациентов старшего и 40% молодого возраста, что отражает симметричное угнетение вестибулярной функции. Падение в позе Ромберга на твердой поверхности наблюдалось у 80% лиц младшего и 90,9% старшего возраста. У пожилых пациентов чаще выявлялись нарушения произвольных саккад (13,6%), зрительного прослеживания (9,1%) и дисдиадохокinez (13,6%), указывающие на сопутствующие центральные изменения. Вторичный отолитиаз диагностирован у 28,1% пациентов с ДВГ, с преобладанием купулолитиаза горизонтальных полукружных каналов (55,5%). Таким образом, ДВГ характеризуется тяжелыми поструральными нарушениями, высокой частотой осцилопсий и падений во всех возрастных группах, при этом у пожилых пациентов отмечается усугубление симптоматики за счет возрастного снижения центральных компенсаторных механизмов.

По данным VNG спонтанный однонаправленный горизонтальный нистагм (SpNH) в здоровую сторону регистрировался у 68,6% молодых и 90,5% пожилых пациентов ($p \approx 0,056$) с ОВГ, что может отражать тенденцию к менее эффективной центральной компенсации у лиц старшего возраста. Нистагм в тесте встряхивания головы был выявлен в 100% случаев во всех возрастных группах и всегда был направлен в здоровую сторону. По данным БКТ

отмечено снижение функции вестибулярного лабиринта на пораженной стороне в 100 % случаев обеих возрастных подгрупп (СМФ <6°/с). У лиц с ДВГ по данным VNG, SpNH встречался реже: у 30% молодых и 22,7% пожилых лиц. Нистагм в тесте встряхивания головы был выявлен лишь в 50% и не было отмечено зависимости от возраста. БКТ во всех случаях выявил двустороннюю калорическую гипорефлексию (СМФ <6°/с обеих сторон).

Сочетание методов VNG и БКТ позволяет надежно дифференцировать ОВГ и ДВГ друг от друга (рис. 5). Так, SpNH и нистагм в тесте встряхивания головы в здоровую сторону на фоне односторонней калорической гипофункции характерны для ОВГ, а низкая частота этих феноменов при двусторонней гипорефлексии — для ДВГ.

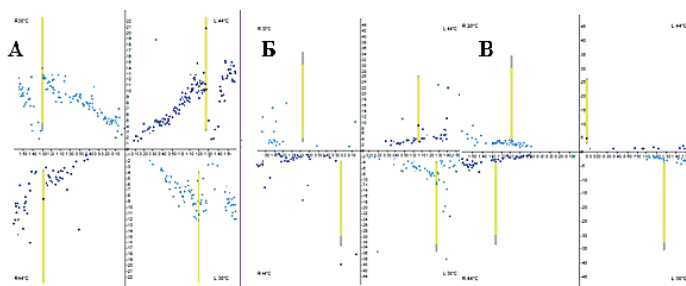


Рисунок 5 — Оценка вестибулярной функции при помощи битермального калорического теста

Панель (А) иллюстрирует результаты тестирования здорового испытуемого 38 лет, суммарная СМФ нистагма справа 29 °/с, слева 31°/с. Панель (Б) — пациент 46 лет со стойкой односторонней вестибулярной гипофункцией слева, унилатеральный недостаток справа более 25%, СМФ справа 5°/с, слева 12 °/с. Панель (В) — пациент 68 лет с идиопатической стойкой односторонней вестибулярной гипофункцией, суммарная СМФ нистагма менее 6°/с двух сторон

В группах ОВГ и ДВГ наблюдалось увеличение значений стабилметрических параметров по мере усложнения сенсорных условий, хотя различия между самими группами ОВГ и ДВГ во время этих условий не обнаружено ($p > 0,005$, таблица 11).

Таблица 11. Параметры ОЦД при компьютерной стабилометрии в различных сенсорных условиях вертикальной позы у пациентов со стойкой вестибулярной гипопункцией: ОВГ (n=32, 11 м., 21 ж., $49,7 \pm 14,6$ лет) и ДВГ (n=25, 3 м., 22 ж., $67,5 \pm 12,9$ лет)

Группы	ОТ	ЗТ	ОП	ЗП
Длина траектории ОЦД (мм)				
ОВГ	378 (356; 541)	671(536; 891)*	975 (621; 1169)**	1506 (1187; 2119)*
ДВГ	453 (360; 535)	744 (570; 894)*	871 (639; 1021)*	1490 (1090; 2110)*
Площадь эллипса ОЦД (мм ²)				
ОВГ	363 (199; 505)	468 (301; 1575)*	875 (492; 1358)*	2751(794; 4562)*
ДВГ	387 (200;625)	534 (284;913)*	836 (417;1106)*	1712 (696; 3974)

Примечание: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ по отношению к ОТ (тест Фридмана). ОТ — «глаза открыты, твердая поверхность», ЗТ — «глаза закрыты, твердая поверхность», ОП — «глаза открыты, поролон», ЗП — «глаза закрыты, поролон»

Таким образом, при ДВГ и ОВГ, усложнение сенсорных условий приводили к статистически значимому ухудшению постральной устойчивости. У лиц с ОВГ молодого возраста отмечено достоверное уменьшение ДШ во всех сенсорных условиях по сравнению с их здоровыми сверстниками (таблица 12).

Таблица 12. Длина шага (мм) у здоровых лиц и пациентов со стойкой односторонней вестибулярной гипопункцией в различных сенсорных условиях (n=32)

Сенсорные условия ходьбы			
ОТ	ЗТ	ОП	ЗП
Здоровые лица (n=17, 8 м., 9 ж., средний возраст $28,4 \pm 7,6$ лет)			
1074 (1038; 1139)	1053 (986; 1105)	1054 (958; 1125)	1015 (915; 1079)
Пациенты с ОВГ (n=15; 5 м, 10 ж., средний возраст $34,6 \pm 7,2$ лет)			
837 (765; 958)***	779 (761;899)***	813 (774; 885)***	722 (577; 738)***

Примечание: ОТ — глаза открыты ходьба по твердой поверхности, ЗТ — глаза закрыты ходьба по твердой поверхности, ОП — глаза открыты, ходьба по поролону, ЗП — глаза закрыты, ходьба по поролону. *** - $p < 0,001$ между группами (критерий Манна-Уитни).

5. Влияние сенсорного протезирования посредством звука костной проводимости (110 Гц) и тактильной стимуляции кожи головы на статическое и динамическое равновесие у пациентов со стойкой двусторонней вестибулярной гипофункцией

При действии звука костной проводимости (ЗКП) частотой 110 Гц и интенсивностью 40-60 дБ у лиц с ДВГ наблюдалось статистически значимое улучшение показателей компьютерной стабилотметрии, наиболее выраженное в сложных сенсорных условиях (таблица 13). В группе здоровых лиц (23,3±3,1 лет, n=34) влияние ЗКП на длину траектории ОЦД также было значимым только в усложненных условиях — ЗТ (p<0,05), ОП (p<0,01) и ЗП (p<0,001). Во время TUG-теста у лиц с ДВГ (n=28) по данным акселерометрии наблюдалось сокращение общего времени выполнения (D1) и снижение количества необычно длинных и коротких шагов (S5) при воздействии ЗКП (таблица 14). В группе здоровых лиц молодого ЗКП не повлиял ни на один из параметров (p<0,05), однако снижение освещенности повлияло почти на все параметры (p<0,05).

Таблица 13. Параметры стабилотметрии у лиц с ДВГ в различных сенсорных условиях вертикальной позы при воздействии звуком костной проводимости (n=24; 3м., 21 ж., средний возраст 63,4±10,2 лет

Условие	Условия вертикальной позы			
	ОТ	ЗТ	ОП	ЗП
Длина траектории ОЦД (мм)				
Без ЗКП	385 (353,542)	710 (546,874)	956 (566,1128)	1481 (958,2101)
ЗКП	340 (302,484)	583 (395,850)	777 (486,918)	974 (598,1902)
<i>p</i>	<i>0,001</i>	<i>0,001</i>	<i>0,001</i>	<i>0,001</i>
Площадь доверительного эллипса (мм ²)				
Без ЗКП	238 (163,501)	314 (260,1954)	730 (347,1111)	1493 (688,4199)
ЗКП	265 (162,579)	458 (299,1208)	663 (466,851)	1558 (421,2352)
<i>p</i>	<i>0,478</i>	<i>0,086</i>	<i>0,137</i>	<i>0,034</i>

Примечание p при сравнении состояний «без ЗКП» и «ЗКП» (критерий Уилкоксона)

Таблица 14. Параметры походки по данным акселерометрии у пациентов с ДВГ при воздействии звука костной проводимости и фактора освещенности (n=28; 5м., 23ж., средний возраст 63,1±13,0 лет)

Параметр	Хорошая освещенность (110 Лк)		Слабая освещенность (3 Лк)		р звук	р свет
	Без звука	Со звуком	Без звука	Со звуком		
D1	21,7 (19,6-25,4)	21,4 (18,9-23,4)	29,9 (27,3-6,6)*	26,6 (23,4 -32,7)	0,037	0,397
D2	2,3 (2,1-2,6)	2,4 (2,1-2,5)	2,4(2,2-2,5)	2,3 (2,2-2,5)	0,162	0,817
D3	1,8 (1,6-2,2)	1,9 (1,6-2,1)	1,9 (1,8-2,2)	2,0 (1,8-2,2)	0,092	0,804
D4	2,6(2,0-2,9)	2,4(2,1-3,0)	3,4(2,5-4,1)	3,2(2,3-4,4)	0,144	0,213
S1	0,5(0,5-0,6)	0,5(0,5-0,6)	0,6(0,5-0,6)	0,6(0,5-0,6)	0,647	0,867
S2	0,02 (0,01-0,02)	0,01 (0,01-0,02)	0,04 (0,03-0,05)	0,04 (0,02-0,05)	0,227	0,881
S3	111,7 (106,0-118,4)	113,1 (109,6-118,3)	104,1 (99,8-110,9)	104,1 (99,1-110,4)	0,483	0,92
S4	3,2 (2,6-4,4)	2,8(2,4-3,9)	7,4(5,9-9,9)	4,6(2,4-6,3)	0,143	0,461
S5	2,9(2,6-3,9)	3,2(2,7-3,9)	4,0(2,9-5,4)*	3,8(3,1-5,2)	0,001	0,277
P1	1,0(0,9-1,2)	0,9(0,8-1,2)	1,2(0,9-1,6)	1,0(0,9-1,5)	0,380	0,880
P2	0,5(0,4-0,7)	0,5(0,4-0,9)	0,6 (0,4-0,7)	0,5(0,4-0,7)	0,450	0,705
P3	9,4(7,7-0,7)	9,93(7,8-0,9)	6,9(5,4-8,3)	7,4(5,3-8,4)	0,435	0,554

Примечание: * — отличие по отношению ко всем другим состояниям ($p < 0,05$; тест Фридмана) Обозначения параметров в таблице 9. В двух правых колонках значения p для факторов «звук» и «освещенность» (факторный анализ).

На рисунке 6 представлена репрезентативная акселерограмма и элементы анализа, демонстрирующие оптимизацию паттерна ходьбы под влиянием ЗКП у пациента с наличием стойкой ДВГ.

Таким образом, применение ЗКП частотой 110 Гц вызвало улучшение как статического, так и динамического равновесия у лиц с ДВГ.

Надевание шапки весом 200 г, плотно облегающей окружность головы, оказало статистически значимое влияние на стабилметрические параметры у пациентов с ДВГ ($n=9$, 2м., 7 ж., средний возраст $63,4 \pm 10,2$ лет) в наиболее сложных сенсорных условиях стояния (таблица 15). В группе здоровых лиц ($n=23$, $23,3 \pm 3,1$ года) влияние на длину траектории ОЦД надевания шапки было значимым в условиях ОП и ЗП ($p < 0,05$).

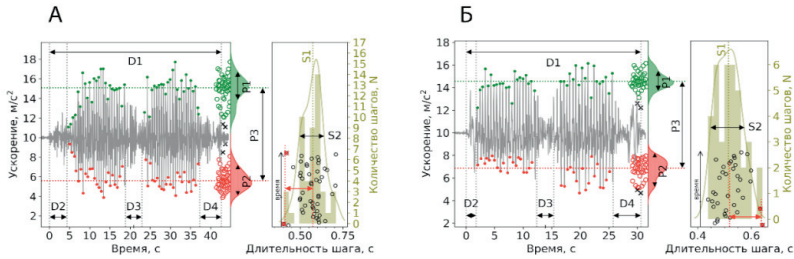


Рисунок 6 — Акселерометрические профили TUG-теста пациента с двусторонней вестибулярной гипопункцией в условиях отсутствия (А) и применения (Б) ЗКП при нормальной освещенности демонстрируют достоверное сокращение общего времени выполнения теста (с 45 с до 30 с).

Таблица 15. Параметры стабилотрии у лиц с ДВГ в различных сенсорных условиях вертикальной позы «без шапки» и «в шапке» у лиц с ДВГ, $n=9$; 2 м., 7 ж., средний возраст $63,4 \pm 10,2$ лет

Условия теста	Сенсорные условия стояния			
	ОТ	ЗТ	ОП	ЗП
Длина траектории ОЦД, мм				
Без шапки	442 (321; 589)	875 (481; 1779)	1009 (700; 1529)	2018 (1189; 3442)
В шапке	419 (335; 568)	872 (419; 1360)	842 (596; 1210)*	1987 (1049; 2600)
p	0,635	0,086	0,028	0,066
Площадь доверительного эллипса ОЦД, мм ²				
Без шапки	347 (184; 546)	971 (234; 3148)	1095 (468; 1289)	2607 (1124; 7792)
В шапке	232 (174; 412)	830 (331; 1824)	661 (344; 1495)	1349 (960; 5366)*
p	0,401	0,110	0,139	0,038

Примечание p при сравнении состояний «без ЗКП» и «ЗКП» (критерий Уилкоксона)

Физиологический механизм эффекта надевания шапки может заключаться в усилении соматосенсорной (тактильной) афферентации от кожи головы. Для пациентов с ДВГ, с уменьшенной вестибулярной афферентацией, сигналы от тактильных рецепторов кожи головы могли стать дополнительным источником информации для усиленного проявления «продольной пространственной вертикали» в «эгоцентрической системе координат», основанной на проприоцепции, что особенно важно в условиях дефицита вестибулярной информации у лиц с ДВГ (Berning et al., 2015).

6. Общая характеристика, методика и эффективность комплексной программы вестибулярной реабилитации у пациентов со стойкой вестибулярной гипофункцией

В рамках протокола вестибулярной реабилитации была создана программа виртуальной реальности на основе платформы Kinect. Пациент, стоя на мягкой или твердой основе, глядя на экран Kinect совершал движения руками, которые отражались на экране, пытаясь собрать объекты (яблоки). Пациенту давалась инструкция двигать головой в разные стороны, но так чтобы объект оставался в поле зрения. Помимо этого, в качестве отвлекающих стимулов использовались визуальные эффекты (дождь, туман) и слуховые сигналы (пение птиц) (рис. 7).

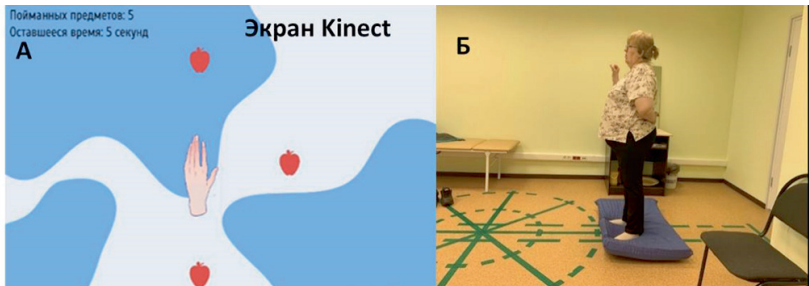


Рисунок 7 — Вид экрана монитора с разработанной программой при выполнении упражнений в рамках ВР (сборание виртуальных объектов правой рукой, перемещающихся в горизонтальном и вертикальном направлении (красные яблоки) (А). Пациентка П. (58 лет) с ДВГ идиопатического генеза выполняет упражнения с использованием технологии VR с не полным погружением Kinect и стимуляцией звуком костной проводимости (Б).

Таким образом, в данной программе заложены принципы стандартной вестибулярной реабилитации (адаптация, сенсорное замещение и габитуация) и БОС. В ходе выполнения заданий все пациенты получали стимуляцию при помощи ЗКП частотой 110 Гц. Протокол ВР на основе технологии Kinekt и ЗКП включал домашние занятия по предоставленным рекомендациям и стимуляцию ЗКП в сочетании с ходьбой (60 мин во время прогулки), курсом ежедневно в течение 4-6 недель. В этом исследовании участвовали пациенты с ОВГ и ДВГ. Оценка эффективности протокола проводилась при помощи стабилотрии в четырех сенсорных условиях, до и после курса ВР. Как при ОВГ, так и при ДВГ после курса ВР отме-

чено статистически значимое улучшение постурального контроля во всех условиях тестирования (таблицы 16, 17).

Таблица 16. Параметры стабилотметрии до и после курса комбинированной вестибулярной реабилитации (ВР) у пациентов с ОВГ в различных сенсорных условиях вертикальной позы ($n=32$; 11 м., 21 ж., $49,7 \pm 14,6$ лет)

Параметр	ОТ	ЗТ	ОП	ЗП
Длина траектории ОЦД (мм)				
До ВР	378 (356; 541)	671(536; 891)	975 (621; 1169)	1506 (1187; 2119)
После ВР	299 (253; 234)	428 (389; 521)	729 (488; 902)	1206 (800; 1386)
<i>p</i>	<i>0,001</i>	<i>0,001</i>	<i>0,001</i>	<i>0,001</i>
Площадь доверительного эллипса ОЦД (мм ²)				
До ВР	363 (199; 505)	468 (301; 1575)	875 (492; 1358)	2751(794; 4562)
После ВР	232 (120;376)	412 (253; 1049)	606 (413; 760)	1116 (517; 1573)
<i>p</i>	<i>0,001</i>	<i>0,006</i>	<i>0,008</i>	<i>0,001</i>

Примечание: *p* для сравнения состояний «до ВР» и «после ВР» (тест Уилкоксона); условия: ОТ — «глаза открыты, твердая поверхность», ЗТ — «глаза закрыты, твердая поверхность», ОП — «глаза открыты, поролон», ЗП — «глаза закрыты, поролон».

Таблица 17. Параметры стабилотметрии до и после курса комбинированной вестибулярной реабилитации (ВР) у пациентов с ДВГ в различных сенсорных условиях вертикальной позы ($n=25$; 3 м., 22 ж., $67,5 \pm 12,9$ лет)

Параметр	ОТ	ЗТ	ОП	ЗП
Длина траектории ОЦД, мм				
До ВР	453 (360; 535)	744 (570;894)	871 (639;1021)	1490 (1090;2110)
После ВР	312 (752; 384)	498 (400;648)	729 (519;909)	1003 (819;1370)
<i>p</i>	<i>0,001</i>	<i>0,001</i>	<i>0,001</i>	<i>0,001</i>
Площадь доверительного эллипса ОЦД, мм ²				
До ВР	387 (200;625)	534 (284;913)	836 (417;1106)	1712 (696;3974)
После ВР	229 (162;408)	415 (302;617)	726 (486;965)	1351 (875;1989)
<i>p</i>	<i>0,01</i>	<i>0,016</i>	<i>0,150</i>	<i>0,016</i>

Примечание: Обозначения как в таблице 16.

Таким образом, протокол вестибулярной реабилитации на основе технологии виртуальной реальности с неполным погружением и звука костной проводимости демонстрирует улучшение функции равновесия у пациентов с ОВГ и ДВГ.

8. Клинико-инструментальная характеристика и эффективность ранней вестибулярной реабилитации с применением цифровых технологий и стимуляцией звуком костной проводимости у пациентов с острой односторонней вестибулярной дисфункцией

Обследовано 93 пациента с острой односторонней вестибулярной дисфункцией (ОВД) в возрасте от 20 до 89 лет, из них 66 лиц молодого/среднего возраста (Мл) и 27 пожилого/старческого возраста (Ст). Этиология: вестибулярный нейронит (ВН) — 76,3%, острый кохлеовестибулярный синдром сосудистого генеза (ОКВС) — 15,1%, острый лабиринтит (ОЛ) — 3,2%, синдром Рамсея-Ханта (РХ) — 5,4 %. Ведущим симптомом у всех пациентов (100%) являлось остро возникшее вращательное головокружение, сопровождающееся тошнотой (100%) и рвотой (89,2%). Исключение составила группа ОКВС, где чувство «дурноты» отмечено у 14,3%, а рвота — лишь у 64,3%. Осцилопсии выявлены у 29,0% пациентов (при ВН — 36,5%, при РХ — 100%, при ОКВС — 0%). Нарушение слуха являлось ключевым дифференциальным признаком: отсутствовало при ВН (0%) и присутствовало у 100% пациентов с ОКВС, ОЛ и РХ. Спонтанный нистагм, подавляющийся фиксацией взора (в очках Frenzel), зарегистрирован у 100% пациентов независимо от возраста. Коррекционные саккады в тесте Xalmagyi - Curthous были положительными в 100% случаев. Падение в позе Ромберга стоя на поролоне с закрытыми глазами отмечено у 100% обследованных. Проба Водака-Фишера была положительной у 95,5% молодых и 77,8% пожилых. Возрастные различия между подгруппами молодых (Мл) и пожилых пациентов (Ст) выявлены по следующим отоневрологическим симптомам: 1) частоте нарушений произвольных саккад (0% и 22,2%), 2) нарушение функции медленного слежения взора (0% и 14,8%), что может свидетельствовать о наличии сопутствующей центральной вестибулярной дисфункции у пожилых пациентов. У всех пациентов (100%) зарегистрирован спонтанный горизонтальный нистагм, направленный в сторону здорового лабиринта. Битермальный калорический тест выявил одностороннюю гипofункцию пораженного лабиринта (скорость медленной фазы нистагма $\leq 8,7^\circ/\text{с}$) с лабиринтной асимметрией $>25\%$ у 100% пациентов. Вторичный отолитиаз диагностирован у 28,0% пациентов, с преобладанием каналолитиаза заднего полукружного канала (53,9%) и ипсилатеральной локализацией (100%). Таким образом, острая ОВД характеризуется яркой вестибуловегетативной симптоматикой, 100-процентным

наличием спонтанного нистагма и положительного теста Xalmagyi-Curthous. Возрастные различия проявляются в снижении частоты положительных вестибулоспиальных проб и появлении признаков надъядерной дисфункции у пожилых людей.

Поскольку при ОВД реабилитацию нужно начинать как можно раньше (в первые сутки), а сами пациенты не способны стоять (находясь на постельном режиме), протокол ВР для них был основан на цифровой технологии (мобильное приложение), ориентированной на тренировку глазодвигательных функций, в комбинации с показавшей свою эффективность вестибулярной стимуляцией ЗКП частотой 110 Гц. Разработано и внедрено в клиническую практику приложение для операционной системы Android, которое было апробировано в рамках комплексной ВР пациентов с ОВД (рис. 8).

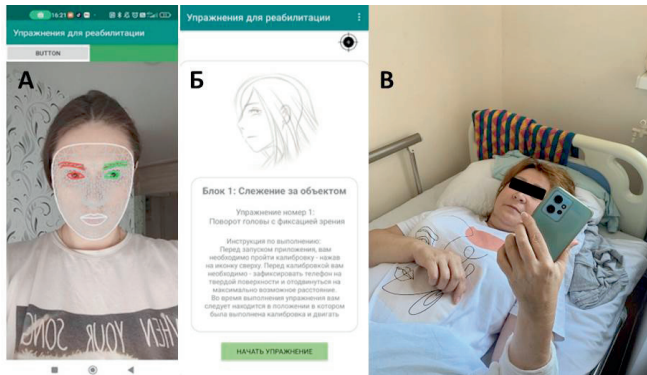


Рисунок 8 — Вид экрана смартфона при калибровке (захват зрачков) (А), внешний вид интерфейса приложения мобильного телефона для проведения вестибулярной реабилитации (Б), выполнение упражнения (пациентка Ч., 56 лет, вестибулярный нейронит справа) (В)

В основу программы заложена тренировка глазодвигательных реакций, направленная на восстановление, ВОР и/или формирование компенсаторных стратегий фиксации взгляда при его неполном восстановлении. Тренировочный режим имел прогрессирующий характер: начальная продолжительность сеанса составляла 30-60 с два раза в день, с ежедневным приростом длительности сеанса до двух минут. Начиная с 3-4-7-х суток от начала заболевания, в стандартный протокол ВР реабилитации для пациентов с ОВД был интегрирован модуль бинауральной стимуляции ЗКП (частота 110 Гц, интенсивность 40-60 дБ).

Для сравнительной оценки эффективности различных методик ВР в предотвращении хронизации ОВГ пациенты с острой ОВД ($n=68$) были разделены на две подгруппы. Критерии включения, противопоказания и сроки начала реабилитации (после купирования вегетативной симптоматики, не позднее 3-х суток) были едиными для обеих подгрупп. Подгруппа А (контрольная, $n=38$) — это пациенты, проходившие ВР по традиционной методике в 2017—2021 гг. в виде разъяснительной беседы и печатных памяток для самостоятельных занятий. Подгруппа Б (экспериментальная, $n=30$) состояла из пациентов, проходивших ВР по разработанной методике (2022-2025 гг.) с использованием специализированного мобильного приложения в сочетании с ЗКП (110 Гц), подключаемой с 3-х суток. Подгруппы были сопоставимы по полу, возрасту (средний возраст $49,5 \pm 8,8$ и $47,2 \pm 9,9$ лет), отоневрологическому статусу, субъективной оценке по шкале DHI, данным TUG-теста и этиологической структуре ($p > 0,05$). Пациенты обеих подгрупп получали стандартизированную медикаментозную терапию согласно протоколам ведения острой вестибулярной дисфункции, что обеспечивает корректность последующего сравнительного анализа эффективности реабилитационных вмешательств. После ВР обе технологии привели к статистически значимому улучшению состояния, однако ВР на основе цифровой технологии показало лучший результат, т. к. число баллов по DHI и время TUG-теста были статистически значимо меньше по сравнению с традиционной технологией ВР (таблица 18).

Таблица 18 — Количество баллов по шкале DHI и время выполнения TUG-теста пациентами с ОВД ($n=68$) в состояниях до и после ВР с применением традиционной ($n=38$) и цифровой технологии ($n=30$)

Состояние	Состояние	
	Традиционная ВР	ВР на основе цифровой технологии и ЗКП
Баллы DHI		
До ВР	50(44-59)	49(45-58)
После ВР	31(24-38)	24(18-28)**
<i>p</i>	0,001	0,001
Время TUG-теста (с)		
До ВР	52(44,2-62,7)	49,5(46-58,2)
После ВР	35(31-43)	21(16-28)***
<i>p</i>	0,001	0,001

Примечание: ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ при сравнении двух технологий ВР

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее исследование было направлено на разработку, клиническую апробацию и физиологическое обоснование вестибулярной реабилитации на основе концепций сенсорного протезирования при помощи звука костной проводимости, виртуальной реальности и цифровых мобильных технологий. В результате исследования были созданы и валидированы специфические для различных групп с периферической вестибулярной дисфункцией протоколы, адаптированные к типу (ОВГ или ДВГ), стадии (острая или стойкая) вестибулярной дисфункции. Показана высокая эффективность протоколов вестибулярной реабилитации, интегрирующих 1) стимуляцию звуком костной проводимости частотой 110 Гц, 2) неиммерсионную виртуальную реальность (на платформе технологии Kinect); и 3) цифровые мобильные технологии. Применение данных протоколов привело к статистически значимому улучшению постурального контроля у обследованных пациентов. В группе лиц со стойкой вестибулярной гипофункцией это было инструментально подтверждено улучшением показателей компьютерной стабилометрии (длины траектории и площади доверительного эллипса ОЦД) на 30–40%, а в группе пациентов с острой односторонней вестибулярной дисфункцией — позитивной динамикой теста функциональной мобильности (TUG) и значимым снижением количества баллов по шкале DHI.

Физиологическими механизмами обнаруженной эффективности названных технологий могут служить: 1) феномен вибрационного резонанса (как частного случая стохастического резонанса) между звуком костной проводимости частотой 110 Гц и собственной частотой вестибулярных рецепторов, 2) усиление процессов адаптации, габитуации, сенсорного замещения и мультисенсорной интеграции посредством биологической обратной связи, 3) потенцирование «эгоцентрической» вертикали и «продольной» оси тела, а также 4) усиление билатеральной проекции ретикулоспинального тракта на осевую мускулатуру.

Таким образом, работа формирует новую физиологически обоснованную, экономную технологическую платформу для ВР, обеспечивающую персонализированный подход, улучшение постурального контроля и предотвращение хронизации вестибулярной дисфункции.

ВЫВОДЫ

1. У лиц с глухотой и тугоухостью в молодом и пожилом возрасте во всех сенсорных условиях параметры стабилومتрии не отличались от здоровых лиц того же возраста, и только в среднем возрасте лиц длина траектории ОЦД увеличивалась ($p < 0,05$) при стоянии в самых сложных условиях (с закрытыми глазами, на мягкой поверхности). Таким образом, стойкая утрата слуха не оказывает значительного влияния на функцию статического равновесия.
2. У лиц с глухотой и тугоухостью в молодом возрасте наблюдалось уменьшение длины шага по сравнению с лицами без глухоты того же возраста. Усложнение сенсорных условий не приводило к изменению длины шага ($p < 0,05$). Укорочение длины шага при глухоте и тугоухости можно объяснить адаптивной стратегией осторожности для повышения стабильности положения тела при ходьбе.
3. Для лиц, профессионально занимающихся вокалом, было характерно уменьшение площади доверительного эллипса ОЦД по сравнению с невокалистами того же возраста ($p < 0,05$), однако длина траектории ОЦД не изменялась ($p > 0,05$).
4. При тактильной стимуляции кожи головы (состояние «в головном уборе») длина траектории ОЦД у здоровых молодых лиц уменьшилась в условиях с открытыми и закрытыми глазами на мягкой поверхности ($p < 0,05$), то есть в сложных условиях стояния.
5. В группе молодых здоровых лиц звук костной проводимости приводил к уменьшению длины траектории ОЦД в сложных сенсорных условиях ($p < 0,05$), причем степень улучшения возрастала по мере усложнения условий. Это свидетельствует об улучшении функции равновесия в вертикальной позе при стимуляции звуком костной проводимости. Звук костной проводимости не повлиял на параметры ходьбы во время TUG-теста в условиях нормальной, ни сниженной освещенности.
6. Звук костной проводимости, подаваемый через наушники, вызывал увеличение времени постактивационного эффекта в дельтовидных мышцах здорового человека на 25% ($p < 0,05$).
7. В группе лиц с ОВГ наблюдалось постепенное ухудшение поструральной стабильности при усложнении условий исполнения теста, причем значения всех параметров ОЦД при ОВГ были

выше по сравнению с лицами без ОВГ ($p<0,05$). Длина шага у лиц с ДВГ не отличалась от группы лиц без ОВГ ни в одном из сенсорных условий ходьбы.

8. При стойкой вестибулярной гипofункции (ОВГ и ДВГ) постуральная устойчивости уменьшалась по мере усложнения сенсорных условий, но различия между параметрами стабилометрии у лиц с ОВГ и ДВГ не наблюдалось несмотря на различный характер вестибулярного угнетения — асимметричного при ОВГ и симметричного при ДВГ. Длина шага при ОВГ была меньше по сравнению со здоровыми лицами во всех сенсорных условиях ($p<0,001$).
9. При тактильной стимуляции кожи головы (состояние «в головном уборе») длина траектории и площадь доверительного эллипса ОЦД у лиц с ДВГ уменьшилась в условиях с открытыми и закрытыми глазами на мягкой поверхности ($p<0,05$), то есть в сложных условиях стояния.
10. При воздействии звука костной проводимости частотой 110 Гц при ДВГ происходило статистически значимое уменьшение длины траектории и площади эллипса ОЦД, наиболее выраженное в самых сложных условиях вертикальной позы. Также, при действии звука костной проводимости наблюдалось сокращение общего времени выполнения TUG-теста на 20% ($p<0,05$) и уменьшение количества необычно коротких и длинных шагов ($p<0,01$). Таким образом, применение звука костной проводимости приводило к улучшению статического равновесия и уменьшению вариабельности шагов.
11. У пациентов с ОВГ и ДВГ разработанный протокол вестибулярной реабилитации, интегрирующий не иммерсивную виртуальную реальность (Kinect) и звук костной проводимости 110 Гц, приводит к статистически значимому улучшению статического равновесия ($p<0,05$).
12. Раннее начало применения вестибулярной реабилитации с использованием специализированного мобильного приложения в сочетании со звуком костной проводимости 110 Гц у пациентов с ОВД показало большую эффективность по сравнению с традиционной методикой вестибулярной реабилитации ($p<0,05$) поскольку после разработанного курса отмечено статистически значимое ($p<0,05$) уменьшение времени прохождения TUG-теста и клинометрических данных на основе опросника DHI.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Внедрить дифференцированный и специфический к группе подход к ВР в связи с доказанными принципиальными различиями в стратегиях компенсации при ОВГ и ДВГ, а также большим влиянием возраста и стадии заболевания. При ОВД сфокусировать внимание на ранней активации и стимуляции центральной компенсации. В первые дни начинать ВР с использованием мобильных технологий и звука костной проводимости частотой 110 Гц после вертикализации. При ОВГ сделать мишенью терапии коррекцию сенсорного перераспределения. Применять комбинированные протоколы ВР (VR+мультисенсорная стимуляция) для увеличения весового вклада вестибулярной афферентации и оптимизировать использование проприоцептивной афферентации. При ДВГ сделать основной целью развитие компенсаторных механизмов. Применять звук костной проводимости частотой 110 Гц как самостоятельный элемент ВР для поддержания баланса и элемент ВР для тренировки сенсорной интеграции.
2. Использовать протокол пререабилитационной вибростимуляции (≈ 100 Гц) при рефрактерных и вторичных формах ДППГ, особенно при купулолитиазе. Методика значительно сокращает количество лечебных сеансов и повышает эффективность репозиционных маневров. Рекомендовать для применения доступное портативное устройство (типа Xiaomi WellSkins), что обеспечивает экономическую эффективность и воспроизводимость метода в любом ЛПУ. Особенно рекомендовать метод пациентам с сочетанной вестибулярной патологией и вторичным отолитиазом.
3. Внедрить в практику комбинированные протоколы ВР с не иммерсионной VR и мультисенсорной стимуляции в качестве нового стандарта эффективности. Использовать разработанные VR-программы на базе Kinect для дозированной тренировки. Использовать адаптированные беспроводные наушники костной проводимости со специализированным ПО/приложением. Применять как во время сеансов ВР, так и в виде самостоятельных тренировок дома. Использовать методику с головным убором для улучшения постуральной устойчивости пациентам с ДВГ.
4. Использовать объективный алгоритм оценки сенсорного вклада и монитора эффективности ВР. Использовать разработанный

онлайн-калькулятор весовых коэффициентов (Wvest, Wvis, Wpror) для определения стратегии и индивидуального плана ВР.

5. Обеспечить широкую доступность и преемственность ВР за счет технологий домашнего применения.
6. Рекомендовать пациентам со стойкими нарушениями самостоятельные ежедневные занятия по протоколам акустической (110Гц) и проприоцептивной стимуляции.
7. Для пациентов в острой/подострой фазе назначить «домашнее задание» в виде базовых упражнений с контролем через мобильное приложение для обеспечения ранней активации и непрерывности процесса ВР.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. *Кравцова Е. Н.* Состояние системы равновесия у лиц с глухотой и высокой степенью снижения слуха / Е. Н. Кравцова, Д. Н. Низамеева, О. М. Ситникова [и др.] // **Российская оториноларингология**. — 2015. — Т.14, № 3 (76). — С. 67—73.
2. *Кравцова Е. Н.* Изменение слуховой и вестибулярной функции при сифилисе / Е. Н. Кравцова, С. В. Лиленко, Е. С. Карашурова, А. Ю. Мейгал // **Российская оториноларингология**. — 2017. — Т. 16, № 1 (86). — С. 47—52. DOI:10.18692/1810-4800-2017-1-47-52.
3. *Кравцова Е. Н.* Миелоидная саркома в практике врача оториноларинголога / Е. Н. Кравцова, О.В. Щетинина // **Российская оториноларингология**. — 2017. —Т.16 (91). — № 6. — С. 135—139. DOI: 10.18692/1810-4800-2017-6-135-139.
4. *Кравцова Е. Н.* Состояние системы равновесия у лиц с различной функцией слуха / Е. Н. Кравцова, А. Ю. Мейгал // **Российская оториноларингология**. — 2019. — Т. 18, № 1 (98). — С. 58—63. DOI: 10.18692/1810-4800-2019-1-58-63.
5. *Кравцова Е. Н.* Технологии виртуальной реальности в реабилитации пациентов с периферической вестибулярной дисфункцией / Е.Н. Кравцова, А. Ю. Мейгал // **Вестник оториноларингологии**. — 2021. — Т. 86, № 1. — С. 103—107. DOI: 10.17116/otorino202186011103 (Scopus, Web of Science).
6. *Кравцова Е. Н.* Влияние возраста на относительный вклад сенсорных систем в контроль вертикальной стойки здорового человека / Е. Н. Кравцова, А. Ю. Мейгал, Е. Д. Кульгова, В. В. Дворянчиков //

- Российская оториноларингология.** — 2023. — Т. 22, № 4 (125). — С. 8—12. DOI: 10.18692/1810-4800-2023-4-8-12.
7. *Кравцова Е. Н.* Эффективность использования мобильного приложения в программе реабилитации пациентов с периферической вестибулярной дисфункцией / Е. Н. Кравцова, А. Ю. Мейгал, Л. В. Щеголева, Л. И. Герасимова-Мейгал, Е. Д. Кульгова, В. В. Дворянчиков // **Российская оториноларингология.** — 2024. — Т. 23, № 1 (128). — С. 25—30. DOI:10.18692/1810-4800-2024-1-25—30.
 8. *Кравцова Е. Н.* Вертикальная стойка при надевании головного убора у лиц с двусторонней вестибулярной гипофункцией: возможное участие эгоцентрической вертикали / Е. Н. Кравцова, А. Ю. Мейгал, Л. И. Герасимова-Мейгал, В. В. Дворянчиков // **Интегративная физиология.** — 2024. — Т. 5, № 3. — С. 177—185. DOI: 10.33910/2687-1270-2024-5-2-177-185.
 9. *Кравцова Е. Н.* Комбинированное применением методов бинауральной акустической стимуляции и виртуальной реальности для вестибулярной реабилитации. Сообщение I. Эффективность у лиц со стойкой односторонней периферической вестибулярной гипофункцией / Е. Н. Кравцова, А. Ю. Мейгал, Л. В. Щеголева, Л. И. Герасимова-Мейгал, В. В. Дворянчиков // **Российская оториноларингология.** — 2026. — Т. 25, № 1 (140). С. 74—84. DOI:10.18692/1810-4800-2026-1-84-91.
 10. *Кравцова Е. Н.* Комбинированное применение методов бинауральной акустической стимуляции и виртуальной реальности для вестибулярной реабилитации. Сообщение II. Эффективность у лиц со стойкой двусторонней периферической вестибулярной гипофункцией / Е. Н. Кравцова, А. Ю. Мейгал, Л. В. Щеголева, Л. И. Герасимова-Мейгал, В. В. Дворянчиков // **Российская оториноларингология.** — 2026. — Т. 25, № 2 (141). — С. 69—76. DOI: 10.18692/1810-4800-2026-2-69-76.
 11. *Кравцова Е. Н.* Структура вестибулярных расстройств среди пациентов, обратившихся за специализированной помощью в Республике Карелия (2009—2024 гг.) / Е. Н. Кравцова, А. Ю. Мейгал, Л. В. Щеголева, Л. И. Герасимова-Мейгал, В. В. Дворянчиков // **Российская оториноларингология.** — 2026. — Т. 26, № 2 (141). — С. 77-83. DOI: 10.18692/1810-4800-2026-2-77-83.

Статьи в изданиях из базы данных Scopus

12. *Кравцова Е. Н.* Влияние звука костной проводимости на вертикальную стойку у лиц с двусторонней вестибулярной гипофункцией в сложных сенсорных условиях / Е. Н. Кравцова, А. Ю. Мейгал, Е. Д. Кульгова, Л. И. Герасимова-Мейгал, В. В. Дворянчиков // **Авиакосмическая и экологическая медицина.** — 2025. — Т. 59, № 2. — С. 54—60. DOI: 10.21687/0233-528X-2025-59-2-54-60 (Scopus).

13. *Кравцова Е. Н.* Акселерометрический профиль TUG-теста у лиц с двусторонней вестибулярной гипофункцией при воздействии звуком костной проводимости в условиях нормальной и низкой освещенности / Е. Н. Кравцова, А. Ю. Мейгал, Е. Д. Кульгова, Л. И. Герасимова-Мейгал, С. А. Региня, А. П. Мошевикин, В. В. Дворянчиков // **Авиакосмическая и экологическая медицина**. — 2026. — Т. 60, № 1. — С. 79—86. DOI: 10.21687/0233-528X-2026-60-1-79-86 (Scopus).
14. Мейгал А. Ю. Усиление феномена Конштамма в дельтовидных мышцах здорового человека при воздействии звука костной проводимости частотой 110 Гц / А. Ю. Мейгал, Е. Н. Кравцова, Л. И. Герасимова-Мейгал // **Авиакосмическая и экологическая медицина**. — 2026. — Т. 60, №2. DOI: 10.21687/0233-528X-2026-60-2- (Scopus).

Свидетельства о государственной регистрации результатов интеллектуальной деятельности

15. «Показатели функции равновесия у здоровых и пациентов со стенозирующими заболеваниями экстракраниальных сосудов» (№ 2013620902, опублик. 08.08.2013) / С. В. Горностаева, Л. В. Щеголева, Е. Н. Кравцова; заявитель ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет».
16. «Калорические битермальные исследования с орошением» (№ 2019621480, опублик. 19.08.2019) / Е. Н. Кравцова, Л. В. Щеголева, С. В. Горностаева, А. Ю. Мейгал; заявитель ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет».
17. «Данные стабилотрии» (№2019621481, опублик. 19.08.2019)./ Е. Н. Кравцова, Л. В. Щеголева, А. Ю. Мейгал; заявитель ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет».
18. «Мобильное приложение для тренировки глазодвигательных реакций у пациентов с периферической вестибулярной дисфункцией» (№2023614763, опублик. 06.03.2023) / Е. Н. Кравцова, Л. В. Щеголева, М. А. Машнюк; заявитель ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет».
19. «Программа реабилитации пациентов с периферической вестибулярной дисфункцией с использованием системы безмаркерного видеозахвата» (№2024610054, опублик. 09.01.2024) / В. А. Руденок, Е. Н. Кравцова, Л. В. Щеголева; заявитель ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет».

Учебно-методические пособия

20. *Кравцова Е. Н.* Методы диагностики вестибулярной дисфункции / Е. Н. Кравцова, С. В. Горностаева. — Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2009. — 47 с.

Список других печатных работ по теме диссертации

21. *Кравцова Е. Н.* Анализ стабилметрических показателей при оценке функции равновесия у пациентов с нарушением кровообращения в каротидном бассейне / Е. Н. Кравцова, С. В. Горностаева, Н. С. Субботина // **Российская оториноларингология**. — 2011. — № 2 (Приложение). — С. 49—51. — (Consilium Medicum).
22. *Кравцова Е. Н.* Сравнительный анализ интегрированной оценки системы равновесия у лиц с депривацией слуха / Е. Н. Кравцова, Д. Н. Низамеева, О. М. Ситникова [и др.] // Современная медицина: от фундаментальной науки к клинической практике: Сборник научных статей сотрудников Петрозаводского государственного университета. — Киров, 2014. — С. 155—158.
23. *Кравцова Е. Н.* «Маски» позиционного головокружения / Е. Н. Кравцова, Е. В. Головчанская, С. А. Бекленищев // Материалы конференции Young Biologists Science Week 2017. — Петрозаводск, 2017. — С. 251—254.
24. *Кравцова Е. Н.* Проблема гипердиагностики отолитиаза / Е. Н. Кравцова, С. В. Горностаева, Е. В. Головчанская // Материалы VI Петербургского форума оториноларингологов России. — Санкт-Петербург, 2017. — С. 127—128.
25. *Кравцова Е. Н.* Диагностические возможности оценки динамической устойчивости / Е. Н. Кравцова, К. С. Прохоров, С. В. Горностаева // Материалы I конгресса оториноларингологов Северо-Западного Федерального округа. — Санкт-Петербург, 2017. — С. 39—40.
26. *Кравцова Е. Н.* Роль сенсорных систем в поддержании статического и динамического равновесия / Е. Н. Кравцова, К. С. Прохоров, А. Ю. Мейгал // VII Петербургский международный форум оториноларингологов России. — Санкт-Петербург, 2018. — С. 178—179.
27. *Кравцова Е. Н.* Статистическая и динамическая устойчивость у лиц с глухотой / Е. Н. Кравцова, А. Ю. Мейгал, К. С. Прохоров // Материалы XVI Московской научно-практической конференции: «Оториноларингология: традиции и современность». — Москва, 2018. — С. 5354.
28. *Кравцова Е. Н.* Значение индекса фиксационного подавления в оценке вестибулярной дисфункции у пациентов с гемодинамически значимыми стенозами экстрацеребральных артерий / Е. Н. Кравцова, С. В. Горностаева, Е. В. Голозубова // Материалы научно-практической конференции с международным участием. — Харьков, 2018. — С. 58—60.
29. *Кравцова Е. Н.* Оценка функции равновесия у пациентов с нарушением кровообращения в каротидном бассейне / С. В. Горностаева, Е. Н. Кравцова, Е. В. Голозубова // Материалы научно-практической конференции с международным участием. — Харьков, 2018. — С. 32—34.
30. *Кравцова Е. Н.* Аутоиммунное поражение уха с вестибулярным синдромом. Сложности дифференциальной диагностики / Е. Н. Кравцо-

- ва, С. В. Горностаева, Е. В. Головчанская, Е. Л. Игнатьева // VIII Петербургский международный форум оториноларингологов России. — Санкт-Петербург, 2019. — С. 166—168.
31. Meigal A.Y. Contribution of various sensory inputs to vertical stance and locomotion in humans: robust assessment with stabilography and motion videocapture / A. Y. Meigal, E. N. Kravtsova, L. I. Gerasimova-Meigal [et al.] // Proceedings of the 28th Conference of Open Innovations Association FRUCT. — 2021. — P. 1—7. (Web of Science).
 32. *Кравцова Е. Н.* Связанная с возрастом зависимость вклада сенсорных систем в постуральный контроль здорового человека / Е. Н. Кравцова, А. Ю. Мейгал, Е. Д. Кульгова // XII Петербургский форум оториноларингологов России. — Санкт-Петербург, 2023. — С. 14—15.
 33. *Кравцова Е. Н.* Влияние низкочастотной звуковой стимуляции через костные наушники на функцию равновесия у пациентов с билатеральной вестибулярной гипofункцией и в группе здоровых испытуемых / Е. Н. Кравцова, А. Ю. Мейгал, Е. Д. Кульгова, Л. И. Герасимова-Мейгал, В. В. Дворянчиков // XIII Петербургский форум оториноларингологов России. — Санкт-Петербург, 2024. — С. 116—117.
 34. *Кравцова Е. Н.* Влияние проприоцепторов кожи головы на функцию равновесия при вертикальном положении у пациента с билатеральной вестибулярной гипofункцией и в группе здоровых испытуемых. Описание клинического случая / Е. Н. Кравцова, А. Ю. Мейгал, Л. И. Герасимова-Мейгал, Е. Д. Кульгова, В. В. Дворянчиков // XIII Петербургский форум оториноларингологов России. — Санкт-Петербург, 2024. — С. 117—118.
 35. *Кравцова Е. Н.* Пространственная ориентация в условиях «в шапке» и «без шапки» у пациентов с билатеральной вестибулярной гипofункцией и у здоровых молодых испытуемых / Е. Н. Кравцова, А. Ю. Мейгал, Л. И. Герасимова-Мейгал // Материалы XI Всероссийской с международным участием школы-конференции по физиологии мышц и мышечной деятельности. — Москва, 2024. — С. 34.
 36. *Кравцова Е. Н.* Исследование воздействия низкочастотной акустической стимуляции через костные наушники на динамическую равновесие, оцененное с использованием TUG теста и регистрацией параметров на мобильный телефон у пациентов с билатеральной вестибулярной гипofункцией и контрольной группе здоровых испытуемых / Е. Н. Кравцова, А. Ю. Мейгал, С. А. Региня, Е. Д. Кульгова, В. В. Дворянчиков // Материалы XIV Петербургского форума оториноларингологов России. — Санкт-Петербург, 2025. — С. 104.
 37. *Кравцова Е. Н.* Эффективность ранней вестибулярной реабилитации с применением цифровых технологий и стимуляций звуком костной проводимости (110Гц) у пациентов с острой односторонней вестибу-

лярной дисфункцией / Е. Н. Кравцова, А. Ю. Мейгал, Е. Д. Кульгова, Л. И. Герасимова-Мейгал, В. В. Дворянчиков // Материалы XV Петербургского форума оториноларингологов России. — Санкт-Петербург, 2026. — С. 120—121.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ

- БКТ — битермальный калорический тест
- БМ — болезнь Меньера
- БОС — биологическая обратная связь
- ВК — волосковая клетка
- ВН — вестибулярный нейронит
- ВОР — вестибуло-окулярный рефлекс
- ВР — вестибулярная реабилитация
- ДВГ — двусторонняя стойкая вестибулярная гиподисфункция
- ДППГ — доброкачественное пароксизмальное позиционное головокружение
- ДШ — длина шага
- ЗКП — звук костной проводимости
- ЗПК — задний полукружный канал
- КС — компьютерная стабилметрия
- ЛПК — латеральный полукружный канал
- ОВГ — односторонняя стойкая вестибулярная гиподисфункция
- ОВД — односторонняя острая вестибулярная гиподисфункция
- ОКВС — острый кохлеовестибулярный синдром сосудистого генеза
- ОЛ — острый лабиринтит
- ОЦД — общий центр давления
- ПАЭ — постактивационный эффект
- ПВД — периферическая вестибулярная дисфункция
- ПО — программное обеспечение
- СМФ — скорость медленной фазы
- DHI — The Dizziness Handicap Inventory шкала оценки головокружений
- HST — тест встряхивания головы
- SpNH — спонтанный однонаправленный горизонтальный нистагм
- PX — синдром Рамсея-Ханта (PX)
- VNG — видеонистагмография
- VR — виртуальная реальность
- Wvest — весовой вклад вестибулярной системы
- Wprop — весовой вклад проприоцептивной системы
- Wvis — весовой вклад зрительной системы

Подписано в печать 25.06.2026. Формат 60х90 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Бумага офсетная.
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 2,0. Тираж 100. Заказ № 00.

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Отпечатано в типографии Издательства ПетрГУ
185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33