

Реабилитация при вестибулярных и метавестибулярных расстройствах



Жизневский Д.В.¹, Замерград М.В.^{1,2}

¹Кафедра неврологии с курсом рефлексологии и мануальной терапии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва;
²ОСП «Российский геронтологический научно-клинический центр» ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва
¹Россия, 125993, Москва, ул. Баррикадная, 2/1, стр. 1; ²Россия, 129226, Москва, ул. 1-я Леонова, 16

Вестибулярная патология различного генеза помимо головокружения и нарушения равновесия может приводить к метавестибулярным расстройствам, которые проявляются пространственной дезориентацией и нарушениями навигации и зачастую остаются нераспознанными, но при этом могут затруднять восстановление таких больных и снижать их качество жизни.

В настоящее время активно развивается вестибулярная реабилитация, которая хорошо изучена и показала свою эффективность при периферической вестибулопатии. Однако при центральной вестибулярной дисфункции и метавестибулярных расстройствах ее результаты пока не так однозначны и требуют дальнейших исследований.

Известно, что вестибулярная система участвует не только в поддержании равновесия, но и в когнитивной сфере, преимущественно в реализации зрительно-пространственных функций. В связи с этим при вестибулярных расстройствах пациенты могут испытывать проблемы с концентрацией внимания при решении различного рода когнитивных задач, и наоборот, наличие когнитивных нарушений может усугублять имеющуюся вестибулярную дисфункцию.

Вестибулярная реабилитация способствует вестибулярной компенсации благодаря нейропластичности, что позволяет улучшить статокINETический контроль, а также ориентацию в пространстве. Этот процесс состоит из трех компонентов: восстановления, габитуации и адаптации. В программу вестибулярной реабилитации помимо физических упражнений целесообразно включать и когнитивный тренинг, поскольку такая комбинация оказывает более выраженный положительный эффект на восстановление. Для повышения эффективности вестибулярной реабилитации в качестве препарата, способного ускорить вестибулярную компенсацию, вполне оправданно добавлять в комплексную терапию бетастигмина дигидрохлорид, который показал свою эффективность в многочисленных плацебоконтролируемых исследованиях.

Объективизировать эффект вестибулярной реабилитации в настоящее время, помимо использования общепринятых шкал и опросников, предлагается на основании исследования паттернов саккадического ответа, а также оценки объема серого вещества определенных областей головного мозга, измеренного с помощью структурной нейровизуализации.

Дальнейшее изучение механизмов взаимосвязи вестибулярных нарушений с когнитивной сферой будет способствовать повышению эффективности реабилитации пациентов с различной вестибулярной патологией.

Ключевые слова: вестибулярные расстройства; метавестибулярные расстройства; вестибулярная реабилитация; зрительно-пространственные нарушения; вестибуло-когнитивная взаимосвязь.

Контакты: Дмитрий Владимирович Жизневский; dr.zhiznevskiy@mail.ru

Для цитирования: Жизневский ДВ, Замерград МВ. Реабилитация при вестибулярных и метавестибулярных расстройствах. Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2025;17(5):4–10. <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2025-5-4-10>

Rehabilitation for vestibular and metavestibular disorders

Zhiznevsky D.V.¹, Zamergrad M.V.^{1,2}

¹Department of Neurology with a course of reflexology and manual therapy, Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Ministry of Health of Russia, Moscow; ²Russian Clinical and Research Center of Gerontology, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of Russia, Moscow
¹2/1, Barrikadnaya St., Build. 1, Moscow 125993, Russia; ²16, 1st Leonova St., Moscow 129226, Russia

Vestibular pathology of various origins, in addition to dizziness and imbalance, can lead to metavestibular disorders, which manifest themselves as spatial disorientation and navigation disorders and often remain unrecognised, but can hinder the recovery of such patients and reduce their quality of life.

Vestibular rehabilitation is currently undergoing active development. It has been well studied and has proven effective in peripheral vestibulopathy. However, in cases of central vestibular dysfunction and metavestibular disorders, its results are not yet clear-cut and require further research.

It is known that the vestibular system is involved not only in maintaining balance, but also in cognitive functions, primarily in the implementation of visual-spatial functions. In this regard, patients with vestibular disorders may experience problems with concentration when solving various cognitive tasks, and conversely, the presence of cognitive impairments may exacerbate existing vestibular dysfunction.

Vestibular rehabilitation promotes vestibular compensation through neuroplasticity, which improves statokinetic control and spatial orientation. This process consists of three components: recovery, habituation, and adaptation. In addition to physical exercises, it is advisable to include cog-

nitive training in the vestibular rehabilitation programme, as this combination has a more pronounced positive effect on recovery. To increase the effectiveness of vestibular rehabilitation, it is reasonable to add betahistine dihydrochloride, which has been shown to be effective in numerous placebo-controlled studies, to the complex therapy as a drug capable of accelerating vestibular compensation.

In addition to using standard scales and questionnaires, it is currently proposed to objectify the effect of vestibular rehabilitation based on the study of saccadic response patterns and the assessment of grey matter volume in specific areas of the brain, measured using structural neuroimaging.

Further study of the mechanisms linking vestibular disorders with cognitive function will contribute to improving the effectiveness of rehabilitation for patients with various vestibular pathologies.

Keywords: vestibular disorders; met vestibular disorders; vestibular rehabilitation; visuospatial disorders; vestibulo-cognitive interaction.

Contact: Dmitry Vladimirovich Zhiznevsky; dr.zhiznevskiy@mail.ru

For citation: Zhiznevsky DV, Zamergrad MV. Rehabilitation for vestibular and met vestibular disorders. *Nevrologiya, neiropsikhiatriya, psikhosomatika* = Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics. 2025;17(5):4–10. (In Russ.) <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2025-5-4-10>

Некомпенсированная вестибулярная патология зачастую проявляется не только головокружением, нарушениями равновесия, осциллопсией, но и так называемыми метавестибулярными расстройствами.

Одним из наиболее эффективных методов лечения пациентов с вестибулярной дисфункцией различного генеза остается вестибулярная реабилитация, которая активно развивается и практикуется повсеместно за рубежом, однако в нашей стране подходы к ней в должной мере пока не разработаны. На сегодняшний день особенно уверенно можно говорить об эффективности вестибулярной реабилитации при периферических вестибулярных расстройствах [1, 2], тогда как при центральных повреждениях вестибулярной системы и при метавестибулярных расстройствах ее результаты пока не так оптимистичны [3, 4].

Взаимосвязь вестибулярной системы с когнитивными функциями

Равновесие поддерживается сложным взаимодействием зрительной, вестибулярной и соматосенсорной систем. Нарушения на любом из этих уровней могут приводить к ощущению головокружения и неустойчивости. При этом ведущую роль в поддержании равновесия играет вестибулярная система, отвечающая за восприятие движений и способствующая стабилизации взгляда с помощью вестибулоокулярного рефлекса (ВОР).

Известно, что четкого коркового представительства у вестибулярной системы нет. Так называемая «вестибулярная кора» представляет собой мультисенсорную область полушарий головного мозга, получающую не только вестибулярные, но и соматосенсорные и зрительные сигналы, что обеспечивает интеграцию проприоцептивной и вестибулярной информации, реализуя эгоцентрическое представление об ориентации тела в пространстве.

Предполагается, что основу «вестибулярной коры» составляет теменно-инсулярная область [5, 6], которая главным образом и участвует в центральной обработке восприятия собственного движения, оценке вертикальности и регуляции движения глаз [7–10].

Межполушарная асимметрия вестибулярной системы способствует преимущественному ее участию в правополушарных когнитивных процессах, в особенности пространственной памяти и навигации. При этом двусторонняя связь зрительно-вестибулярных корковых сетей крайне

важна для полноценного восприятия собственного движения и ориентации в пространстве [11].

Распространены две основные теории, лежащие в основе вестибуло-когнитивной взаимосвязи. Первая предполагает косвенную связь: одни и те же когнитивные ресурсы одновременно используются для решения когнитивных задач и принимают участие в поддержании равновесия [12–14]. В результате пациенты хуже справляются с прохождением когнитивных тестов при одновременном выполнении задач на поддержание равновесия [12]. Отмечено также замедление шага у здоровых испытуемых при одновременном выполнении какой-либо когнитивной задачи [15]. Это обстоятельство связано с тем, что головной мозг расставляет приоритеты и при этом преобладает наиболее важная задача, т. е. поддержание тела в вертикальном положении [14]. Так, человеку с вестибулярной дисфункцией требуются дополнительные когнитивные ресурсы, повышенное внимание для поддержания равновесия, что приводит к снижению производительности при решении разного рода когнитивных задач. Особенно повышается потребность во внимании для контроля позы в тестах на равновесие, в которых участвуют несколько конфликтующих сенсорных сигналов [16]. Одновременно можно предположить, что пациентам с вестибулярными расстройствами в условиях выполнения важных для них когнитивных задач будет значительно сложнее удерживать равновесие. Например, отвлечение внимания на разговор при ходьбе будет сопровождаться существенным повышением риска падения.

Вторая теория предполагает прямую связь: мозг устроен таким образом, что области, отвечающие за когнитивные и вестибулярные функции, расположены анатомически близко [9, 17–20]. Так, F.W. Mast и соавт. [18] предположили, что вестибулярная кора перекрывается с зонами мозга, ответственными за когнитивные функции (КФ), таким образом, что между ними возникает тесная взаимосвязь и многие области коры головного мозга, участвующие в когнитивной сфере, также реагируют на вестибулярные сигналы.

Таким образом, при вестибулярных расстройствах пациенты могут испытывать проблемы с концентрацией внимания при решении разного рода когнитивных задач, и наоборот, наличие когнитивных нарушений (КН) может усугублять имеющуюся вестибулярную дисфункцию. Это важно учитывать при планировании вестибулярной реабилитации.

Особенности КН при вестибулярной дисфункции

Повреждение вестибулярной системы может негативно влиять на различные КФ, такие как внимание, пространственная память, регуляторные функции, скорость реакций, навигация и восприятие собственного тела в пространстве [12, 19, 21–25]. Зачастую КН возникают вскоре после поражения вестибулярной системы и обусловлены функциональной и структурной реорганизацией широко распространенных вестибулярных связей. В ряде исследований было показано, что постуральный дисбаланс, развивающийся при вестибулярной дисфункции, в основном связан с трудностями восприятия пространства [26–30].

Точные механизмы, с помощью которых патология вестибулярной системы связана с КН, до конца не ясны. Предположительно периферическая вестибулопатия (вероятно, из-за нарушения ВОР) приводит к атрофии областей мозга, связанных с теменно-инсулярной корой, в частности гиппокампа, что может проявляться расстройствами памяти и зрительно-пространственными нарушениями [12, 31–33].

Основные механизмы вестибулярной компенсации

В начальной фазе вестибулярная дисфункция связана с ослабленным постуральным и глазодвигательным контролем, аномальным восприятием собственного тела в окружающей среде и вегетативными симптомами. Благодаря нейропластичности запускается вестибулярная компенсация, позволяющая улучшить статокINETический контроль, а также ориентацию в пространстве [34]. Этот процесс состоит из трех компонентов: восстановление, габитуация и адаптация. В основе восстановления утраченной функции лежит регенерация клеток в месте повреждения. В процессе габитуации происходит постепенное уменьшение вестибулярной асимметрии, вызванной повреждением на периферическом или центральном уровне путем многократного повторения возмущающих стимулов. На этапе адаптации может формироваться (сознательно или нет) сенсорное замещение, при котором пациенты в условиях нарушенной вестибулярной афферентации полагаются на другие сенсорные модальности, такие как визуальная или проприоцептивная. Кроме того, возможно поведенческое замещение, основанное на выработке новых двигательных стратегий путем функциональной реорганизации и имитации утраченной вестибулярной функции [34].

Выделяют структурную нейропластичность, которая заключается в нейрогенезе и укреплении синапсов между нейронами через длительные повторяющиеся стимулы [35], и функциональную нейропластичность, подразумевающую укрепление нейронных связей между разными областями мозга за счет постоянной активности.

Стоит отметить, что динамика восстановления больных со сходными вестибулярными патологиями может быть совершенно различной и зависит от многих преморбидных факторов, таких как возраст, психологические факторы, собственное восприятие болезни, уровень физической активности, коморбидность и т. п. Так, по данным литературы, примерно 20% пациентов с вестибулопатией имеют постуральные нарушения на фоне неполной долгосрочной

компенсации [36, 37]. При этом лица, компенсированные в отношении объективных вестибулярных нарушений, тем не менее могут продолжать предъявлять субъективные жалобы на головокружение, что часто оказывается следствием развития функциональных вестибулярных расстройств, таких как персистирующее постуральное перцептивное головокружение.

Предполагается, что различная степень восстановления вестибулярной функции может влиять на когнитивную сферу. Однако связь между выраженностью КН и степенью вестибулярной компенсации до сих пор не изучена.

Вестибулярная компенсация обычно оценивается с помощью физиологических показателей, таких как состояние ВОР и оценка постуральной функции. Различные механизмы вестибулярной компенсации имеют определенные морфологические основы. Например, замещение утраченной вестибулярной функции зрительной системой может приводить к гипертрофии зрительной коры [38, 39]. При этом подобные изменения в черве мозжечка и префронтальной коре часто ассоциированы со зрительной зависимостью. С. Helmchen и соавт. [40] показали, что больные с двусторонней вестибулопатией, которые лучше восстановились (по крайней мере, по результатам калорического теста), имели более высокий прирост объема серого вещества (преимущественно островковой и нижней височной долей), что можно рассматривать как признак вестибулярной компенсации.

Планирование вестибулярной реабилитации у пациентов с постинсультной центральной вестибулярной дисфункцией

Реабилитация при инсульте с повреждением центральных отделов вестибулярной системы и ее связей с другими отделами головного мозга особенно сложна, поскольку необходимо учитывать как возникшие вследствие инсульта вестибулярные нарушения, так и метавестибулярные расстройства. Решение вопроса о назначении вестибулярной реабилитации обычно принимается мультидисциплинарной командой. В ее состав должен входить невролог, владеющий методами нейровестибулярного тестирования, позволяющего установить уровень повреждения вестибулярной системы и степень выраженности вестибулярной дисфункции.

Из-за описанных выше тесных вестибуло-когнитивных взаимосвязей на этапе планирования комплекса вестибулярной реабилитации больным с вестибулярной патологией помимо нейровестибулярного нужно проводить и нейropsychологическое тестирование. В случае выявления КН, не достигающих уровня деменции, в индивидуальную программу реабилитации следует добавлять когнитивный тренинг, соответствующий профилю выявленных расстройств.

Кроме того, в состав мультидисциплинарной команды необходимо включать клинического психолога и специалиста по эрготерапии, что обусловлено частым наличием у пациентов с вестибулярными нарушениями симптомов тревоги и депрессии, а также выраженной дезадаптацией в повседневной жизни. Важно отметить, что имеется взаимосвязь вестибулярной дисфункции с расстройствами тревожно-депрессивного спектра, которые, в свою очередь, также могут негативно влиять на когнитивную сферу. Своевременное

выявление и коррекция когнитивных и аффективных нарушений у лиц с вестибулярной патологией (в том числе с применением когнитивно-поведенческой терапии) улучшают функциональную активность, качество жизни таких больных и повышают эффективность реабилитации.

Начинать вестибулярную реабилитацию следует как можно раньше (сразу после купирования острого приступа головокружения) с выполнения упражнений на тренировку ВОР и дыхательной гимнастики.

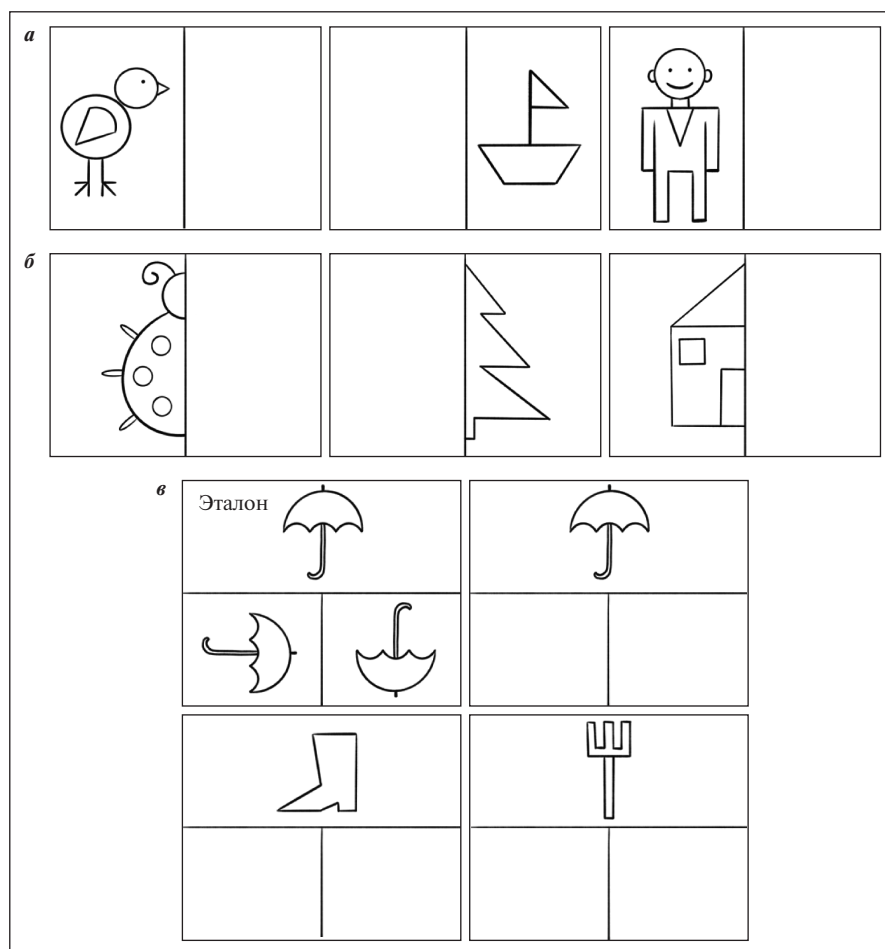
Эффективность вестибулярной гимнастики можно повысить с помощью применения технологий виртуальной реальности (VR), различных тренажеров с биологической обратной связью и программ электронного обучения [41]. Эти современные технологии также повышают мотивацию и приверженность пациентов, что может способствовать ускорению восстановления.

Было показано, что комбинация когнитивной и физической реабилитации пациентов с инсультом оказывает более выраженный положительный эффект на восстановление по сравнению с влиянием каждого из этих компонентов по отдельности [42]. Комбинированные когнитивно-вестибулярные тренировки улучшают нейропластичность, усиливая связи между мозжечком, префронтальной корой и теменными долями, и положительно влияют на восстановление равновесия и походки у лиц, перенесших инсульт [43].

Физические упражнения в рамках вестибулярной реабилитации, направленные на замещение, габитуацию и адаптацию, могут улучшить КФ у пациентов с двусторонней и односторонней вестибулопатией (пространственная рабочая память [44] и исполнительные функции [45]).

В качестве упражнений для тренировки баланса тела с когнитивной нагрузкой можно использовать следующие:

1. Удержание равновесия на неустойчивой поверхности (например, на стабиллоплатформе с биологической обратной связью) с одновременным решением арифметических задач или запоминанием слов.
2. Тренировка пространственной ориентации с помощью VR-технологий: имитация реальных сценариев (например, переход через улицу, ходьба по магазину) для тренировки баланса, улучшения планирования движений и снижения риска ошибок.
3. Тренировка пространственного внимания и памяти с применением визуальных меток или систем VR (VR-симуляторов) для улучшения ориентации в пространстве.



Примеры заданий для тренировки зрительно-пространственных функций.
 а — необходимо нарисовать изображения по образцу; б — необходимо симметрично дорисовать изображения; в — необходимо нарисовать изображения с поворотом на 90° и 180°

Examples of exercises for training visual-spatial functions.

а — you need to draw images based on the model; б — you need to symmetrically complete the images; в — you need to draw images rotated by 90° and 180°

4. Упражнения с двойными задачами: ходьба по неровной поверхности с одновременным выполнением когнитивных заданий (например, называние предметов на определенную букву).

Тренировка двойной задачи как единой целой, по-видимому, имеет решающее значение для выработки новой стратегии контроля баланса тела и уменьшения произвольного внимания за равновесием с целью повышения постуральной устойчивости [46–50].

Для тренировки когнитивных, в частности зрительно-пространственных, функций можно применять следующие задания (см. рисунок):

1. Простые задания на ориентацию: определение расположения предметов в системе «право-лево», зеркальное рисование, копирование сложных геометрических фигур по образцу, перерисовывание предметов под разными углами.
2. Работа с картами и схемами: прокладывание маршрутов на карте, чтобы пройти их без подсказок, прохождение лабиринтов.

3. Конструктивные задания: сборка пазлов.
4. Графические задания: соединение точек в правильном порядке, симметричное дорисовывание изображения, поиск отличий в изображениях.
5. Компьютерные игры на пространственное мышление.

С учетом длительности процесса вестибулярной реабилитации после курса стационарного лечения, необходимо обучать пациентов для продолжения самостоятельных занятий в домашних условиях. При этом должен осуществляться строгий контроль за правильностью выполнения упражнений и динамикой состояния больных курирующим специалистом не реже одного раза в неделю (возможно, дистанционно с помощью телемедицинских технологий). Целесообразно постепенно увеличивать сложность когнитивных и вестибулярных задач. При необходимости следует проводить повторные курсы реабилитации в условиях специализированного стационара.

Кратность выполнения упражнений, их продолжительность и оптимальная общая длительность реабилитации индивидуальны и зависят как от вида вестибулярной патологии и ее выраженности, так и от состояния пациента, его возраста и коморбидности. В настоящее время эти аспекты продолжают активно изучаться. Необходимы дальнейшие качественные рандомизированные контролируемые исследования в данной области.

По данным литературы, вестибулярная реабилитация, особенно в сочетании с медикаментозной терапией, стимулирующей вестибулярную компенсацию, не только устраняет физические симптомы, но и улучшает КФ и качество жизни пациентов с хроническим головокружением, что подчеркивает ее потенциал как комплексного терапевтического подхода [51].

Для повышения эффективности вестибулярной реабилитации в качестве препарата, способного ускорить вестибулярную компенсацию, целесообразно в добавлять комплексную терапию бетагистина дигидрохлорид, который показал свою эффективность в многочисленных плацебо-контролируемых исследованиях [52–54]. Назначение бетагистина на время вестибулярной реабилитации улучшает и стабилизирует результаты лечения, что убедительно показано при периферических вестибулярных расстройствах. Впрочем, важным условием эффективности сочетания вестибулярной реабилитации с бетагистином остаются продолжительность лечения (не менее 3 мес) и доза препарата (48 мг/сут). Повысить приверженность лечению при достаточно длительном курсе всегда помогает использование лекарственной формы с модифицированным высвобождением 48 мг (Бетасерк Лонг). Этот препарат принимают один раз в сутки.

Имеющиеся сведения о роли бетагистина при заболеваниях центральной нервной системы значительно менее определенные, чем при периферических вестибулопатиях [55]. Тем не менее в одном небольшом исследовании была показана возможность ускорить восстановление поструральной устойчивости и походки после инсульта при помощи вестибулярной реабилитации в сочетании с терапией бета-

гистином [56]. Однако сроки такого восстановления, по всей видимости, будут больше, чем при изолированных периферических вестибулопатиях [55].

Таким образом, назначение бетагистина лицам с различной вестибулярной патологией оправданно, поскольку данный препарат может уменьшать симптомы головокружения путем модулирования активности вестибулярных ядер ствола головного мозга и улучшать функциональную активность пациентов.

Оценка эффективности проводимой реабилитации

К сожалению, далеко не всегда в реальной клинической практике доступны те или иные методы инструментальной диагностики вестибулярной системы, которые могли бы объективизировать эффективность проводимой у пациентов вестибулярной реабилитации. Поэтому в большинстве случаев терапевтический эффект оценивается клинически на основании уменьшения субъективных симптомов у пациентов и улучшения их устойчивости при ходьбе.

Существует ряд шкал и тестов, позволяющих оценить состояние вестибулярной функции и динамику ее восстановления на фоне лечения. Например, в клинической практике часто применяются Шкала оценки выраженности головокружения (Dizziness Handicap Inventory, DHI), тест «Встань и иди» (Timed Up and Go Test, TUG), Индекс динамической походки (Dynamic Gait Index, DGI), Шкала равновесия Берга (Berg Balance Scale, BBS).

Объективизировать эффект вестибулярной реабилитации предлагается на основании оценки паттернов саккадического ответа, которые могут предсказывать различную степень вестибулярной компенсации [57]. Кроме того, оценка объема серого вещества определенных областей головного мозга, измеренная с помощью структурной нейровизуализации, также могла бы помочь определить различные компенсаторные профили пациентов.

Заключение

Таким образом, когнитивно-вестибулярная реабилитация является важным и перспективным направлением при ведении больных с вестибулярной дисфункцией различного генеза. Подходы к такого рода реабилитации в настоящее время продолжают активно разрабатываться, а оценка ее эффективности требует дальнейших исследований. Согласно имеющимся научным данным, двойные когнитивно-вестибулярные тренировки больных с вестибулярной патологией способствуют улучшению у них равновесия, походки, КФ, повседневной активности и качества жизни. С целью ускорения вестибулярной компенсации на время реабилитации вполне оправданно назначение медикаментозных средств, в частности бетагистина дигидрохлорида в форме с модифицированным высвобождением (Бетасерк Лонг). Уточнение механизмов взаимосвязи вестибулярных нарушений с когнитивной сферой будет способствовать повышению эффективности реабилитации пациентов с различной вестибулярной патологией.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Hall CD, Herdman SJ, Whitney SL, et al. Vestibular rehabilitation for peripheral vestibular hypofunction: an evidence-based clinical practice guideline. *J Neurol Phys Ther.* 2016 Apr;40(2):124-55. doi: 10.1097/NPT.0000000000000120
2. McDonnell MN, Hillier SL. Vestibular rehabilitation for unilateral peripheral vestibular dysfunction. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015 Jan 13;1(1):CD005397. doi: 10.1002/14651858.CD005397.pub4
3. Tramontano M, Russo V, Spitoni GF, et al. Efficacy of vestibular rehabilitation in patients with neurologic disorders: a systematic review. *Arch Phys Med Rehabil.* 2021 Jul;102(7):1379-89. doi: 10.1016/j.apmr.2020.11.017
4. Mitsutake T, Imura T, Tanaka R. The effects of vestibular rehabilitation on gait performance in patients with stroke: a systematic review of randomized controlled trials. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2020 Nov;29(11):105214. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.105214
5. Grüsser OJ, Pause M, Schreier U. Localization and responses of neurones in the parieto-insular vestibular cortex of awake monkeys (Macaca fascicularis). *J Physiol.* 1990 Nov;430:537-57. doi: 10.1113/jphysiol.1990.sp018306
6. Guldin WO, Akbarian S, Grüsser OJ. Cortico-cortical connections and cytoarchitectonics of the primate vestibular cortex: a study in squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*). *J Comp Neurol.* 1992 Dec 15;326(3):375-401. doi: 10.1002/cne.903260306
7. Eickhoff SB, Weiss PH, Amunts K, et al. Identifying human parieto-insular vestibular cortex using fMRI and cytoarchitectonic mapping. *Hum Brain Mapp.* 2006 Jul;27(7):611-21. doi: 10.1002/hbm.20205
8. Shi H, Jiang C, Ye T, et al. Comparative physiological, metabolomic, and transcriptomic analyses reveal mechanisms of improved abiotic stress resistance in bermudagrass [*Cynodon dactylon* (L.) Pers.] by exogenous melatonin. *J Exp Bot.* 2015 Feb;66(3):681-94. doi: 10.1093/jxb/eru373
9. Hittier M, Besnard S, Smith PF. Vestibular pathways involved in cognition. *Front Integr Neurosci.* 2014 Jul 23;8:59. doi: 10.3389/fnint.2014.00059
10. Pfeiffer C, Serino A, Blanke O. The vestibular system: a spatial reference for bodily self-consciousness. *Front Integr Neurosci.* 2014 Apr 17;8:31. doi: 10.3389/fnint.2014.00031
11. Dieterich M, Kirsch V, Brandt T. Right-sided dominance of the bilateral vestibular system in the upper brainstem and thalamus. *J Neurol.* 2017 Oct;264(Suppl 1):55-62. doi: 10.1007/s00415-017-8453-8
12. Bigelow RT, Agrawal Y. Vestibular involvement in cognition: Visuospatial ability, attention, executive function, and memory. *J Vestib Res.* 2015;25(2):73-89. doi: 10.3233/VES-150544
13. Ellis AW, Klaus MP, Mast FW. Vestibular cognition: the effect of prior belief on vestibular perceptual decision making. *J Neurol.* 2017 Oct;264(Suppl 1):74-80. doi: 10.1007/s00415-017-8471-6
14. Hanes DA, McCollum G. Cognitive-vestibular interactions: a review of patient difficulties and possible mechanisms. *J Vestib Res.* 2006;16(3):75-91.
15. Leitner Y, Barak R, Giladi N, et al. Gait in attention deficit hyperactivity disorder: effects of methylphenidate and dual tasking. *J Neurol.* 2007 Oct;254(10):1330-8. doi: 10.1007/s00415-006-0522-3
16. Shumway-Cook A, Woollacott M. Attentional demands and postural control: the effect of sensory context. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2000 Jan;55(1):M10-6. doi: 10.1093/gerona/55.1.m10
17. Harun A, Oh ES, Bigelow R, et al. Vestibular function testing in individuals with cognitive impairment: our experience with sixty participants. *Clin Otolaryngol.* 2017 Jun;42(3):772-6. doi: 10.1111/coa.12691
18. Mast FW, Preuss N, Hartmann M, et al. Spatial cognition, body representation and affective processes: the role of vestibular information beyond ocular reflexes and control of posture. *Front Integr Neurosci.* 2014 May 27;8:44. doi: 10.3389/fnint.2014.00044
19. McGeehan MA, Woollacott MH, Dalton BH. Vestibular control of standing balance is enhanced with increased cognitive load. *Exp Brain Res.* 2017 Apr;235(4):1031-40. doi: 10.1007/s00221-016-4858-3
20. Seemungal BM. The cognitive neurology of the vestibular system. *Curr Opin Neurol.* 2014 Feb;27(1):125-32. doi: 10.1097/WCO.0000000000000060
21. Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Phys Ther.* 2000 Sep;80(9):896-903.
22. Yardley L, Gardner M, Bronstein A, et al. Interference between postural control and mental task performance in patients with vestibular disorder and healthy controls. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2001;71:48-52.
23. Schautzer F, Hamilton D, Kalla R, et al. Spatial memory deficits in patients with chronic bilateral vestibular failure. *Ann N Y Acad Sci.* 2003 Oct;1004:316-24. doi: 10.1196/annals.1303.029
24. Popp P, Wulff M, Finke K, et al. Cognitive deficits in patients with a chronic vestibular failure. *J Neurol.* 2017 Mar;264(3):554-63. doi: 10.1007/s00415-016-8386-7
25. Alsalaheen BA, Whitney SL, Marchetti GF, et al. Relationship Between Cognitive Assessment and Balance Measures in Adolescents Referred for Vestibular Physical Therapy After Concussion. *Clin J Sport Med.* 2016 Jan;26(1):46-52. doi: 10.1097/JSM.0000000000000185
26. Zheng Y, Darlington CL, Smith PF. Impairment and recovery on a food foraging task following unilateral vestibular deafferentation in rats. *Hippocampus.* 2006;16(4):368-78. doi: 10.1002/hipo.20149
27. Lenggenhager B, Lopez C, Blanke O. Influence of galvanic vestibular stimulation on egocentric and object-based mental transformations. *Exp Brain Res.* 2008 Jan;184(2):211-21. doi: 10.1007/s00221-007-1095-9
28. Lopez C, Lenggenhager B, Blanke O. How vestibular stimulation interacts with illusory hand ownership. *Conscious Cogn.* 2010 Mar;19(1):33-47. doi: 10.1016/j.concog.2009.12.003
29. Ferre ER, Longo MR, Fiori F, et al. Vestibular modulation of spatial perception. *Front Hum Neurosci.* 2013 Oct 10;7:660. doi: 10.3389/fnhum.2013.00660
30. Van Elk M, Blanke O. Imagined own-body transformations during passive self-motion. *Psychol Res.* 2014;78:18-27. doi: 10.1007/s00426-013-0486-8
31. Dieterich M, Brandt T. Functional brain imaging of peripheral and central vestibular disorders. *Brain.* 2008 Oct;131(Pt 10):2538-52. doi: 10.1093/brain/awn042
32. Hüfner K, Binetti C, Hamilton DA, et al. Structural and functional plasticity of the hippocampal formation in professional dancers and slackliners. *Hippocampus.* 2011 Aug;21(8):855-65. doi: 10.1002/hipo.20801
33. Ventre-Dominey J. Vestibular function in the temporal and parietal cortex: distinct velocity and inertial processing pathways. *Front Integr Neurosci.* 2014 Jul 4;8:53. doi: 10.3389/fnint.2014.00053
34. Lacour M, Helmchen C, Vidal PP. Vestibular compensation: the neuro-otologist's best friend. *J Neurol.* 2016 Apr;263 Suppl 1:S54-64. doi: 10.1007/s00415-015-7903-4
35. Sweatt JD. Neural plasticity and behavior – sixty years of conceptual advances. *J Neurochem.* 2016 Oct;139 Suppl 2:179-99. doi: 10.1111/jnc.13580
36. Reid CB, Eisenberg R, Halmagyi GM, et al. The outcome of vestibular nerve section for intractable vertigo: the patient's point of view. *Laryngoscope.* 1996 Dec;106(12 Pt 1):1553-6. doi: 10.1097/00005537-199612000-00022
37. Halmagyi GM, Weber KP, Curthoys IS. Vestibular function after acute vestibular neuritis. *Restor Neurol Neurosci.* 2010;28(1):37-46. doi: 10.3233/RNN-2010-0533
38. Hong SK, Kim JH, Kim HJ, et al. Changes in the gray matter volume during compensation after vestibular neuritis: a longitudinal VBM study. *Restor Neurol Neurosci.* 2014;32(5):663-73. doi: 10.3233/RNN-140405

39. Lacroix E, Deggouj N, Edwards MG, et al. The Cognitive-Vestibular Compensation Hypothesis: How Cognitive Impairments Might Be the Cost of Coping With Compensation. *Front Hum Neurosci*. 2021 Oct 1;15:732974. doi: 10.3389/fnhum.2021.732974
40. Helmchen C, Klinckenstein J, Machner B, et al. Structural changes in the human brain following vestibular neuritis indicate central vestibular compensation. *Ann N Y Acad Sci*. 2009 May;1164:104-15. doi: 10.1111/j.1749-6632.2008.03745.x
41. Иванова ГЕ, Кунельская НЛ, Парфенов ВА и др. Вестибулярная реабилитация в комплексной терапии вестибулярного головокружения (согласованное мнение экспертов). *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2024;16(1):114-21. doi: 10.14412/2074-2711-2024-1-114-121
- Ivanova GE, Kunelskaya NL, Parfenov VA, et al. Vestibular rehabilitation in complex therapy of vestibular vertigo (consensus of experts). *Nevrologiya, neiropsikhiatriya, psikhosomatika = Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2024;16(1):114-21. (In Russ.) doi: 10.14412/2074-2711-2024-1-114-121
42. Bo W, Lei M, Tao S, et al. Effects of combined intervention of physical exercise and cognitive training on cognitive function in stroke survivors with vascular cognitive impairment: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2019 Jan;33(1):54-63. doi: 10.1177/0269215518791007
43. Zhou Q, Yang H, Zhou Q, et al. Effects of cognitive motor dual-task training on stroke patients: A RCT-based meta-analysis. *J Clin Neurosci*. 2021 Oct;92:175-82. doi: 10.1016/j.jocn.2021.08.009
44. Guidetti G, Guidetti R, Manfredi M, et al. Vestibular pathology and spatial working memory. *Acta Otorhinolaryngol Ital*. 2020 Feb;40(1):72-8. doi: 10.14639/0392-100X-2189
45. Sugaya N, Arai M, Goto F. Changes in cognitive function in patients with intractable dizziness following vestibular rehabilitation. *Sci Rep*. 2018 Jul 3;8(1):9984. doi: 10.1038/s41598-018-28350-9
46. Bherer L, Kramer AF, Peterson MS, et al. Testing the limits of cognitive plasticity in older adults: application to attentional control. *Acta Psychol (Amst)*. 2006 Nov;123(3):261-78. doi: 10.1016/j.actpsy.2006.01.005
47. Canning CG, Ada L, Paul SS. Is automaticity of walking regained after stroke? *Disabil Rehabil*. 2006 Jan 30;28(2):97-102. doi: 10.1080/0963828050016771
48. Pellicchia GL. Dual-task training reduces impact of cognitive task on postural sway. *J Mot Behav*. 2005 May;37(3):239-46. doi: 10.3200/JMBR.37.3.239-246
49. Dault MC, Frank JS. Does practice modify the relationship between postural control and the execution of a secondary task in young and older individuals? *Gerontology*. 2004 May-Jun;50(3):157-64. doi: 10.1159/000076773
50. Silsupadol P, Siu KC, Shumway-Cook A, et al. Training of balance under single- and dual-task conditions in older adults with balance impairment. *Phys Ther*. 2006 Feb;86(2):269-81.
51. Ebenezer A, Kumar K, Kalaiah MK, et al. Impact of vestibular rehabilitation therapy on quality of life and cognitive function in individuals with chronic dizziness or vertigo. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2025;282(9):4563-72. doi: 10.1007/s00405-025-09382-0
52. Lacour M, Sterkers O. Histamine and betahistine in the treatment of vertigo: elucidation of mechanisms of action. *CNS Drugs*. 2001;15(11):853-70. doi: 10.2165/00023210-200115110-00004
53. Nauta JJ. Meta-analysis of clinical studies with betahistine in Meniere's disease and vestibular vertigo. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2014 May;271(5):887-97. doi: 10.1007/s00405-013-2596-8
54. Redon C, Lopez C, Bernard-Demanze L, et al. Betahistine treatment improves the recovery of static symptoms in patients with unilateral vestibular loss. *J Clin Pharmacol*. 2011 Apr;51(4):538-48. doi: 10.1177/0091270010369241
55. Замерград МВ, Кунельская НЛ, Гусева АЛ и др. Современные представления о роли бетагистина в лечении заболеваний вестибулярной системы. *Вестник оториноларингологии*. 2021;86(2):73-81. doi: 10.17116/otorino20218602173
- Zamergrad MV, Kunelskaya NL, Guseva AL, et al. Betahistine in vestibular disorders: current concepts and perspectives. *Russian Bulletin of Otorhinolaryngology*. 2021;86(2):73-81. (In Russ.) doi: 10.17116/otorino20218602173
56. Гехт АБ, Вялкова АБ, Галанов ДВ. Клинико-неврологический анализ эффективности бетагистина при головокружении у больных в восстановительном периоде инсульта. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2005;15:32-8. Gekht AB, Vjalkova AB, Galanov DV. Clinical and neurological analysis of the effectiveness of betahistine in dizziness in patients in the recovery period of stroke. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2005;15:32-8. (In Russ.)
57. Macdougall HG, Curthoys IS. Plasticity during Vestibular Compensation: The Role of Saccades. *Front Neurol*. 2012 Feb 28;3:21. doi: 10.3389/fneur.2012.00021

Поступила / отрецензирована / принята к печати

Received / Reviewed / Accepted

17.06.2025 / 03.09.2025 / 04.09.2025

Заявление о конфликте интересов / Conflict of Interest Statement

Исследование не имело спонсорской поддержки. Конфликт интересов отсутствует. Авторы несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать. Все авторы принимали участие в разработке концепции статьи и написании рукописи. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами.

The investigation has not been sponsored. There are no conflicts of interest. The authors are solely responsible for submitting the final version of the manuscript for publication. All the authors have participated in developing the concept of the article and in writing the manuscript. The final version of the manuscript has been approved by all the authors.

Жизневский Д.В. <https://orcid.org/0000-0002-8945-381X>

Замерград М.В. <https://orcid.org/0000-0002-0193-2243>