

Когнитивные нарушения после инсульта и возможности их нефармакологической коррекции с применением вестибулярной стимуляции на основе биологической обратной связи по опорной реакции

© С.В. КОТОВ, Е.В. ИСАКОВА, Е.В. ЗАЙЦЕВА

ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского» (МОНИКИ), Москва, Россия

Резюме

Когнитивные нарушения широко распространены у пациентов после инсульта. На сегодняшний день для коррекции этих расстройств в реабилитационных программах все чаще используются подходы с применением вестибулярной стимуляции, в том числе на основе биологической обратной связи по опорной реакции. Данные исследований свидетельствуют о связи вестибулярной функции с процессами обеспечения памяти, внимания, пространственной ориентации, навигации, мысленного представления трехмерного пространства и других когнитивных функций, что дает возможность построения реабилитационных программ для пациентов с инсультом.

Ключевые слова: когнитивные нарушения, инсульт, биологическая обратная связь по опорной реакции, вестибулярная стимуляция, стабилотформа.

Информация об авторах:

Котов С.В. — <https://orcid.org/0000-0002-8706-7317>

Исакова Е.В. — <https://orcid.org/0000-0002-0804-1128>

Зайцева Е.В. — <https://orcid.org/0000-0002-6933-5437>

Как цитировать:

Котов С.В., Исакова Е.В., Зайцева Е.В. Когнитивные нарушения после инсульта и возможности их нефармакологической коррекции с применением вестибулярной стимуляции на основе биологической обратной связи по опорной реакции. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2020;120(3 вып. 2):16-22. <https://doi.org/10.17116/jnevro202012003216>

Poststroke cognitive impairment and the possibility of its nonpharmacological treatment with vestibular stimulation based on biological feedback to supporting reaction

© S.V. KOTOV, E.V. ISAKOVA, E.V. ZAITSEVA

Vladimirsky Moscow Regional Scientific Research Clinical Institute, Moscow, Russia

Abstract

Cognitive impairment is common in poststroke patients. Today in rehabilitation programs the specialists use the vestibular stimulation including biological feedback to supporting reaction for treatment poststroke cognitive impairment. These studies show the relationship of vestibular function with memory, attention, spatial orientation, navigation, mental representation of three-dimensional space and other cognitive functions. It makes possible to build rehabilitation programs for patients with stroke.

Keywords: cognitive impairment, stroke, biological feedback to supporting reaction, vestibular stimulation, stabilotatform.

Information about the authors:

Kotov S.V. — <https://orcid.org/0000-0002-8706-7317>

Isakova E.V. — <https://orcid.org/0000-0002-0804-1128>

Zaitseva E.V. — <https://orcid.org/0000-0002-6933-5437>

To cite this article:

Kotov SV, Isakova EV, Zaitseva EV. Poststroke cognitive impairment and the possibility of its nonpharmacological treatment with vestibular stimulation based on biological feedback to supporting reaction. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry = Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii im. S.S. Korsakova*. 2020;120(3 вып 2):16-22. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/jnevro202012003216>

Автор, ответственный за переписку: Котов Сергей Викторович — e-mail: kotovsv@yandex.ru

Corresponding author: Kotov S.V. — e-mail: kotovsv@yandex.ru

Инсульт является одной из ведущих причин инвалидизации во всем мире. Основу нарушений дееспособности наряду с двигательными расстройствами определяют сниженные когнитивные функции. Распространенность постинсультной деменции в популяции достаточно широка, показатели варьируют, составляя в США через 3 мес после инсульта 31%, во Франции — 47,3%, в Сингапуре — 44%. В Нидерландах показатель особенно высок: через 1 мес после инсульта он составляет 82%, через 6 мес — 69%, через 1 год — 58% [1]. Объясняется такая большая вариабельность значений показателя особенностями страны проживания пациента, расовой принадлежностью, возрастом, уровнем образования, социальным статусом, наличием факторов сердечно-сосудистого риска, а также критериями, используемыми в диагностике [2, 3].

Наличие когнитивных нарушений у пациентов после инсульта выявляется даже в тех случаях, когда в исходе отмечалось успешное клиническое выздоровление. В исследовании Н. Jokinen и соавт. [4] представлены данные о больных с хорошим функциональным восстановлением через 3 мес: оценка по модифицированной шкале Рэнкина 0—1 балл (нет инвалидности); при этом у 71% из них были диагностированы когнитивные расстройства. Проведенный в этой работе детальный анализ выявил ухудшение через 3 мес, по крайней мере, в одном из когнитивных доменов шкалы, нарушения в нескольких доменах (≥ 3 баллам) были зафиксированы у 50% больных. Наиболее часто были нарушены память, зрительно-пространственная ориентация, исполнительные функции, речь.

Учитывая вышеизложенное, сложно переоценить важность разработки новых нейрореабилитационных программ для коррекции когнитивных расстройств, включающих различные физические факторы, направленные на уменьшение бремени болезни, преодоление затруднений взаимодействия и обучаемости, в конечном итоге — повышение качества жизни после инсульта, что подтверждают многочисленные исследования, демонстрирующие роль исполнительных функций в качестве предиктора достижения целей медицинской реабилитации [5, 6].

В то же время на протяжении достаточно долгого периода основным направлением работы с пациентами в построении реабилитационных программ после инсульта были мероприятия, направленные исключительно на коррекцию двигательных расстройств. Роль когнитивных функций в восстановлении, в том числе при нарушении функции движения, была выделена как ведущая сравнительно недавно. Последние десятилетия ознаменовались особым вниманием к изучению когнитивных нарушений, определением их места в процессе восстановительного лечения, немедикаментозных подходов коррекции.

Анализ координирующей роли высших психических функций в моделировании этапов функционального восстановления позволил переосмыслить ведущие направления реабилитационных мероприятий, правильно расставить основные акценты в работе, определить приоритетные задачи, направляя усилия не только на восстановление мышечной силы в паретичных конечностях, но и изменяя, например, ощущение положения тела в пространстве, постуральную стабильность, меняя мотивацию больного, тем самым изменяя его функциональное состояние.

Мнения исследователей по поводу сроков восстановления когнитивных функций после инсульта и наличия реабилитационного потенциала различаются. В работе J. Branco

и соавт. [7] было показано, что функциональное восстановление у пациентов после инсульта происходило наиболее активно в сроки до 24 нед после острого эпизода, при этом большинство функциональных улучшений, как правило, было достигнуто в течение первых 12 нед. Особо отмечалось, что когнитивные функции имеют тенденцию улучшаться раньше, чем двигательные, причем наиболее существенно — в течение первых 3 нед.

Данные исследования E. Elgh и соавт. [8], включающего 10-летнее наблюдение за пациентами после инсульта в возрасте до 65 лет с детальным анализом когнитивных функций (исполнительные функции, речь, скорость обработки информации, зрительно-пространственная ориентация, рабочая и оперативная память, эффективность запоминания), свидетельствовали о том, что процесс восстановления продолжается непрерывно на протяжении всего периода наблюдения. Авторы наблюдали постепенное улучшение рабочей памяти, зрительно-пространственной ориентации уже через 7 мес после развития заболевания с последующей их стабилизацией в течение 10 лет, за весь период не было обнаружено дальнейшего ухудшения речевых функций. При этом скорость процесса обработки новой информации значительно снижалась через 10 лет по сравнению с 7 мес после дебюта инсульта. Кроме того, была выявлена низкая положительная корреляция исходного уровня образования с улучшением состояния когнитивных функций.

Полученные данные обогащают представление о динамической траектории восстановления когнитивных функций после инсульта, что имеет важное значение в клинической практике, в том числе для планирования реабилитационных мероприятий и прогнозирования функциональных возможностей больного.

На сегодняшний день доказанные эффективные подходы нефармакологического воздействия коррекции когнитивного дефицита после инсульта объединяют различные направления, включая аэробные и силовые упражнения, высокотехнологичные методы нейрореабилитации, восстановительные методики стимулирования и тренинга. В последнюю группу входят занятия с логопедом-нейропсихологом с выполнением задач по индивидуальной программе с используемым специальным стимульным материалом в зависимости от диагностированного утраченного домена, компьютерные когнитивные тренировки — тренинги с использованием компьютерных программ для улучшения памяти, внимания, визуального восприятия, навыков планирования и решения задач, направленных на активацию процессов нейропластичности [9].

Достаточно перспективным направлением в когнитивной реабилитации, активно разрабатываемым в мире, является применение вестибулярной стимуляции. В литературе появляется все больше данных, показывающих ее эффективность в коррекции когнитивных расстройств: вестибулярная система оказывает существенное влияние на когнитивные функции и наоборот [10—12]. Наиболее убедительные доказательства касаются связи вестибулярной функции с визуально-пространственными способностями, включающими в себя пространственную память, навигацию, мысленное вращение и мысленное представление трехмерного пространства. Результаты проведенных клинических исследований свидетельствуют о влиянии вестибулярной системы на внимание и способность к когнитивной обработке [13—15].

Восприятие собственного движения и равновесия кодируется вестибулярным обнаружением инерционного движения в сочетании с проприоцептивными и визуальными сигналами. Связи между вестибулярными ядрами и мозжечком, гиппокампом, а также префронтальными и париевральными областями коры предоставляют информацию для когнитивных функций, таких как пространственное восприятие, навигация и память [16].

Каждая из корковых зон, участвующих в обработке вестибулярной информации, обладает уникальной функциональностью. Анатомические пути, которые обеспечивают вестибулярный вход для когнитивных процессов, также различны, включая вестибулоталамический, мамилло-теgmentальный, а также связывающие переднедорсальные ядра таламуса с корой, ретикулярные ядра оральных отделов варолиева моста, супрамамиллярные ядра заднего отдела гипоталамуса, медиальные отделы септальной области с гиппокампом, мозжечок и вентролатеральные ядра таламуса с корой теменной доли. В соматосенсорной коре теменной доли осуществляется интеграция информации, идущей от вестибулярных рецепторов и проприорецепторов головы, шеи, туловища, конечностей. Таким образом, анализ функциональной анатомии вестибулярных кортикальных путей дает представление о мультисенсорном, многогранном пространственном сознании, связанном с вестибулярным аппаратом [17].

На практике ассоциация между зрительно-пространственным восприятием и вестибулярной функцией была отмечена в исследованиях, касающихся анализа нарушений зрительно-пространственных навыков как одного из первых признаков деменции альцгеймеровского типа [18]. В одной из работ [19] при проведении 3-месячной групповой тренировки по улучшению равновесия, разработанной специально для пациентов с болезнью Альцгеймера, была отмечена эффективность в отношении поддержания равновесия и мобильности, о чем свидетельствовали результаты выполнения тестов оценки способности поддержания равновесия. При этом обращал на себя внимание тот факт, что показатели состояния когнитивных функций в ходе лечения не снижались. Однако после окончания вмешательства было зафиксировано резкое ухудшение, в связи с чем предполагается возможность наличия защитной функции проводимой вестибулярной стимуляции.

Полученные данные могут быть объяснимы при понимании роли вестибулярной системы в восприятии движения головы, участии ее в процессе ориентации в пространстве. Естественные вестибулярные стимулы (угловые и линейные ускорения) являются результатом перемещения головы в гравитационном поле, а любое физическое движение, необходимое для активации вестибулярных рецепторов, неизбежно сопровождается стимуляцией и других сенсорных каналов.

Вестибулярные сигналы играют важную роль в глазодвигательных, статических и динамических постуромоторных реакциях. Движения головы в пространстве вызывают вестибулярные сигналы, которые вносят важный вклад, создавая представления об ощущении частей тела друг относительно друга, а также ориентации и положении тела в окружающей среде, навигации, аллоцентрическом, эгоцентрическом восприятии пространства [20]. Поэтому вестибулярный сенсорный вход играет важную роль в реализации пространственных когнитивных функций, таких как пространственная память и пространственная нави-

гация. Вестибулярная функция снижается с возрастом, и, по данным современных исследований, возрастные вестибулярные нарушения связаны с ухудшением пространственных когнитивных навыков у здоровых пожилых, определяя пространственные расстройства, такие как дезориентация и трудности управления автомобилем. Результаты исследования показывают, что возрастное вестибулярное нарушение способствует так называемому пространственному подтипу болезни Альцгеймера, характеризующемуся такими симптомами, как блуждание и падения [21].

S. Kumar и соавт. [22] проанализировали пространственную и вербальную память участников исследования с последующей вестибулярной стимуляцией. В ходе работы была оценена эффективность вестибулярной стимуляции на память у 240 здоровых студентов колледжей. Полученные данные свидетельствовали об эффективности вестибулярной стимуляции и для улучшения памяти в целом, и для предотвращения изменений памяти на фоне стресса. Авторы рекомендовали вестибулярную стимуляцию как простой способ улучшить вербальную память у студентов, направленный на снижение стрессорной нагрузки перед экзаменом.

В связи с положительным влиянием на память, внимание, пространственное восприятие, ряд авторов [23, 24], изучив стимуляцию вестибулярной системы во время физических упражнений по тренировке равновесия и влияние ее на когнитивные функции, среди большого разнообразия так называемых поведенческих вмешательств уделяют особое внимание физическим упражнениям с использованием именно вестибулярной и координационной подготовки. Положительную роль вестибулярной реабилитации в восстановлении когнитивных функций, в том числе зрительно-пространственной ориентации, внимания и исполнительных функций у пациентов с трудноизлечимым головокружением, подтверждают данные одной из недавно опубликованных работ [25], в которой были выявлены корреляционные связи между улучшениями когнитивной функции и переменными, связанными с головокружением и эмоциональным статусом.

Современные программы реабилитации пациентов с вестибулярными и атактическими нарушениями для восстановления способности к прямостоянию и ходьбе, поддержанию устойчивости вертикальной позы после инсульта включают тренировки с биологической обратной связью на постурографической платформе с целью воздействия на нарушенное статическое и динамическое равновесие пациентов [26]. Стабилометрическая платформа представляет собой ключевой элемент для реализации биологической обратной связи по опорной реакции. Опорная реакция является основой, которая соотносит перемещение метки (маркера) на экране монитора по звуковому или зрительному сигналу, тем самым информируя пациента о параметрах его позы, давая возможность пациенту управлять ею по заданному каналу биологической обратной связи [27].

В вестибулярной реабилитации используется принцип стабилометрии — возможность анализа динамики перемещения центра давления человека на опору. Нельзя не подчеркнуть важность опорной реакции, которая имеет, несомненно, значение для поддержания устойчивости вертикальной позы. Система опоры состоит из множества рецепторов различных модальностей, самую важную часть которой составляют тельца Фатера—Пачини — глубокие инкапсулированные рецепторы кожи, локализованные на

столе точно в соответствии опорному контуру с наибольшей плотностью в области пяточного бугра, предплюсневой зоны и подушечки I пальца. По своей природе они являются рецепторами давления, включение их происходит при наличии стимула (нагрузки). Раздражение рецепторных зон играет существенную роль в организации тонических реакций мышечного аппарата и вносит значительный вклад в обеспечение активности моторных центров — под влиянием механической стимуляции опорных рецепторов происходит активация структур головного и спинного мозга [28].

Благодаря опорной реакции создается мощный афферентный поток импульсации, который оказывает регулирующее действие на центральную нервную систему. Поскольку движения в принципе не могут выполняться без намерения, когнитивная обработка имеет решающее значение для управления движением. С участием структур головного мозга осуществляются процессы воображения, планирования и контроля выполнения движений. С учетом определения Н.А. Бернштейна, что управление позой является управлением опорными реакциями, именно реакции опоры отводится роль не только в регуляции позы, тонических реакций мышечного аппарата, но и стабилизации активно-афферентного потока в стволовые структуры мозга, ответственные за психомоторную реакцию, с целью восстановления корково-подкорковых связей, а соответственно и когнитивного функционирования [29].

В тренинге на стабилметрической платформе используется, как правило, механизм биологической обратной связи по опорной реакции посредством смешанного канала (визуального и звукового). Происходит «включение» мозжечка, его афферентных и эфферентных путей, базальных ганглиев и в конечном итоге моторной коры, формируется окончательная программа произвольного движения. Таким образом, полученный по сенсорным каналам сигнал преобразуется в двигательный ответ и осуществляется формирование системы обратной связи.

Еще большей консолидации когнитивных функций по мере выполнения двигательной нагрузки для поддержания равновесия требуется пациенту с инсультом при наличии очагового поражения головного мозга, что связано с уменьшением или изменением сенсорной информации, когда возникает потребность в уделении наибольшего внимания поструральному контролю в новых многозадачных условиях. Поступающая по сенсорным каналам вибротактильная информация, связанная со смещением стопы, перераспределением нагрузки между опорными зонами пятки и носка каждой ступни с помощью давления на опору, перерабатывается уже в другом, усложненном, формате. При этом свой вклад, несомненно, вносит и другой механизм, связанный с дефицитом центральной интеграции афферентных стимулов у больных с постинсультным гемипарезом, вестибулярными и атактическими нарушениями [30].

На сегодняшний день методологически разработаны самые разные игровые тренинги, часть из которых требует меньшей точности перемещения центра давления при выполнении задания, но имеет большую вариативность используемых двигательных комбинаций. И в этом случае задачей является обучение пациентов быстро реагировать на меняющиеся внешние условия, перемещать центр давления в нужном направлении. Другие методики, напротив, ставят перед больными однотипную двигательную задачу, однако требуют большей точности ее исполнения. В ряде

игр направление смещения центра давления заранее неизвестно, а время удержания зависит от точности выполнения задания. Обычно в начале занятий пациента обучают общей стратегии удержания позы, далее включаются более динамичные компьютерные стабилметрические тренинги, направленные на достижение точности и скорости перемещения, требующие сообразительности и значительной концентрации внимания [29].

Таким образом, при проведении занятий с биологической обратной связью по опорной реакции осуществляется двигательно-когнитивная тренировка, в процессе которой достижение восстановления функции поддержания устойчивости вертикальной позы обязательно сопряжено со способностью больного запоминать, переключать, удерживать внимание и рядом других когнитивных задач.

Биологическая обратная связь по опорной реакции была применена ко многим аспектам реабилитации у пациентов с различными нозологическими формами. Анализу эффективности влияния механизмов биологической обратной связи во время обучения выполнения двигательных задач на постурографической платформе посвящено достаточно много работ [31—34]. Они свидетельствуют о положительном влиянии тренировки на регресс вестибулярных расстройств, фобических нарушений, восстановление равновесия в остром и раннем восстановительном периодах инсульта [35—39], предотвращении падений [40], нормализации процессов нейрональной пластичности и, как следствие, лучшем функциональном восстановлении [41, 42] и повышении уверенности в себе, возрастании активности повседневной жизни и качества жизни в целом [43—46].

В последние годы накоплен достаточно большой опыт использования активных видеоигр в неврологической реабилитации, где помимо сложных роботизированных устройств, используются недорогие доступные технологии, такие как приставка с управлением движением Nintendo Wii, в том числе с платформой Force (Wii Balance Board), которая обеспечивает визуальную тренировку с биологической обратной связью для моторного дефицита верхних и нижних конечностей. Один из недавних обзоров G. Mura и соавт. [47], обобщающий результаты 13 отобранных рандомизированных контролируемых исследований, продемонстрировал представленную методику как перспективный инструмент для устранения моторных нарушений и когнитивных функций, при этом было особо отмечено улучшение исполнительных функций и визуально-пространственного восприятия. В наблюдении I. Unibaso-Markaida и соавт. [48] при анализе динамики когнитивных функций (внимания, скорости обработки информации, памяти) у пациентов с инсультом после использования Wii Sports Resort при сопоставлении с группой сравнения, получавшей стандартную терапию, была выявлена статистически значимая динамика в виде улучшения концентрации внимания, скорости обработки информации.

Авторы клинических исследований, завершенных в Корее [49], в которых оценивалась эффективность специализированных тренировок для нижних конечностей с биологической обратной связью по опорной реакции с использованием зрительного канала, рекомендовали эту методику как полезную составляющую в реабилитационной программе для улучшения не только функции ходьбы, но и когнитивных функций у пациентов с инсультом. Сходного мнения придерживались и другие авторы [50—

54], оценивающие результаты использования видеоигр. В представленных публикациях данные активно обсуждаются, анализируются, исследователи отмечают успехи в восстановлении равновесия у пациентов после инсульта и положительное влияние тренировок на скорость обработки информации, способность поддержания внимания, состояние рабочей памяти, что позволяет рассматривать их как важную составляющую в программах постинсультной когнитивной реабилитации.

Таким образом, настоящий обзор представляет собой попытку охарактеризовать подходы вестибулярной стимуляции на основе биологической обратной связи по опорной реакции в ряду других современных нефармакологических методов нейрореабилитации у пациентов с постинсультными когнитивными нарушениями с целью формирования

новых эффективных программ восстановительного лечения. Этот подход является интересным и патогенетически обоснованным, учитывая обширные связи вестибулярной системы, принимающей участие в конвергенции афферентных сигналов различной модальности через филогенетически сформировавшиеся устойчивые неразрывные связи между вестибулярными, глазодвигательными и моторными ядрами, опорно-проприоцептивными входами, которые могут опосредованно влиять на процессы функционирования интегративных мультисенсорных структур центральной нервной системы, модулируя процессы высшей нервной деятельности.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.**

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Sun JH, Tan L, Yu JT. Post-stroke cognitive impairment: epidemiology, mechanisms and management. *Ann Transl Med.* 2014;2(8):80. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2305-5839.2014.08.05>
2. Giebel CM, Challis D. Sensitivity of the Mini-Mental State Examination, Montreal Cognitive Assessment and the Addenbrooke's Cognitive Examination III to everyday activity impairments in dementia: an exploratory study. *Int J Geriatr Psychiatry.* 2017;32(10):1085-1093. <https://doi.org/10.1002/gps.4570>
3. Douiri A, Rudd AG, Wolfe CD. Prevalence of poststroke cognitive impairment: South London Stroke Register 1995–2010. *Stroke.* 2013;44:138-145. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.112.670844>
4. Jokinen H, Melkas S, Ylikoski R, Pohjasvaara T, Kaste M, Erkinjuntti T, Hietanen M. Post-stroke cognitive impairment is common even after successful clinical recovery. *Eur J Neurol.* 2015;22(9):1288-1294. <https://doi.org/10.1111/ene.12743>
5. Rogers JM, Duckworth J, Middleton S, Steenbergen B, Wilson PH. Elements virtual rehabilitation improves motor, cognitive, and functional outcomes in adult stroke: evidence from a randomized controlled pilot study. *J Neuroeng Rehabil.* 2019;16(1):56. <https://doi.org/10.1186/s12984-019-0531-y>
6. Park YH, Jang JW, Park SY, Wang MJ, Lim JS, Baek MJ, Kim BJ, Han MK, Bae HJ, Ahn S, Kim S. Executive function as a strong predictor of recovery from disability in patients with acute stroke: a preliminary study. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2015;24(3):554-561. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2014.09.033>
7. Branco JP, Oliveira S, Sargento-Freitas J, Laíns J, Pinheiro J. Assessing functional recovery in the first six months after acute ischemic stroke: a prospective, observational study. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2019;55(1):1-7. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.18.05161-4>
8. Elgh E, Hu X. Dynamic Trajectory of Long-Term Cognitive Improvement Up to 10 Years in Young Community-Dwelling Stroke Survivors: A Cohort Study. *Front Neurol.* 2019;12(10):97. <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.00097>
9. Mijajlović MD, Pavlović A, Brainin M, Heiss WD, Quinn TJ, Ihle-Hansen HB, Hermann DM, Assayag EB, Richard E, Thiel A, Kliper E, Shin YI, Kim YH, Choi S, Jung S, Lee YB, Sinanović O, Levine DA, Schlesinger I, Mead G, Milošević V, Leys D, Hagberg G, Ursin MH, Teuschl Y, Prokopenko S, Mozheyko E, Bezdenezhnykh A, Matz K, Aleksić V, Muresanu D, Korczyn AD, Bornstein NM. Post-stroke dementia — a comprehensive review. *BMC Med.* 2017;15(1):11. <https://doi.org/10.1186/s12916-017-0779-7>
10. Stoodley CJ, MacMore JP, Makris N, Sherman JC, Schmahmann JD. Location of lesion determines motor vs. cognitive consequences in patients with cerebellar stroke. *Neuroimage Clin.* 2016;12:765-775. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2016.10.013>
11. Bodranghien F, Bastian A, Casali C, Hallett M, Louis ED, Manto M, Mariën P, Nowak DA, Schmahmann JD, Serrao M, Steiner KM, Strupp M, Tilikete C, Timmann D, van Dun K. Consensus Paper: Revisiting the Symptoms and Signs of Cerebellar Syndrome. *Cerebellum.* 2016;15(3):369-391. <https://doi.org/10.1007/s12311-015-0687-3>
12. McGeehan MA, Woollacott MH, Dalton BH. Vestibular control of standing balance is enhanced with increased cognitive load. *Exp Brain Res.* 2017;235(4):1031-1040. <https://doi.org/10.1007/s00221-016-4858-3>
13. Bigelow RT, Agrawal Y. Vestibular involvement in cognition: Visuospatial ability, attention, executive function, and memory. *J Vestib Res.* 2015;25(2):73-89. <https://doi.org/10.3233/VES-150544>
14. Mariën P, van Dun K, Verhoeven J. Cerebellum and apraxia. *Cerebellum.* 2015;14(1):39-42. <https://doi.org/10.1007/s12311-014-0620-1>
15. Mariën P, Borgatti R. Language and the cerebellum. *Handb Clin Neurol.* 2018;154:181-202. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63956-1.00011-4>
16. Hilliard D, Passow S, Thurm F, Schuck NW, Garthe A, Kempermann G, Li SC. Noisy galvanic vestibular stimulation modulates spatial memory in young healthy adults. *Sci Rep.* 2019;9(1):9310. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45757-0>
17. Замерград М.В., Артемьев Д.В., Левин О.С. Вестибулярное головокружение при полушарных инсультах. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова.* 2017;117(8-2):27-31.
18. Zamergrad MV, Artemev DV, Levin OS. Vestibular vertigo in hemispheric strokes. *Zhurnal Nevrologii i Psikhiiatrii im. S.S. Korsakova.* 2017;117(8-2):27-31. (In Russ.). <https://mediasphera.ru/issues/zhurnal-nevrologii-i-psikhiiatrii-im-s-s-korsakova/2017/4/1199772982017041056>
19. Bigelow RT, Semenov YR, Trevino C, Ferrucci L, Resnick SM, Simonick EM, Xue QL, Agrawal Y. Association Between Visuospatial Ability and Vestibular Function in the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *J Am Geriatr Soc.* 2015;63(9):1837-1844. <https://doi.org/10.1111/jgs.13609>
20. Ries JD, Hutson J, Maralit LA, Brown MB; Group Balance Training Specifically Designed for Individuals With Alzheimer Disease: Impact on Berg Balance Scale, Timed Up and Go, Gait Speed, and Mini-Mental Status Examination. *J Geriatr Phys Ther.* 2015;38(4):183-193. <https://doi.org/10.1519/JPT.0000000000000030>
21. Tjernström F, Zur O, Jahn K. Current concepts and future approaches to vestibular rehabilitation. *J Neurol.* 2016;263(1):65-70. <https://doi.org/10.1007/s00415-015-7914-1>
22. Agrawal Y, Smith PF, Rosenberg PB. Vestibular impairment, cognitive decline and Alzheimer's disease: balancing the evidence. *Aging Ment Health.* 2019;29:1-4. <https://doi.org/10.1080/13607863.2019.1566813>
23. Kumar SS, Archana R, Mukkadan JK. Effect of vestibular stimulation on spatial and verbal memory in college students. *Natl Med J India.* 2017;30(6):337-339. <https://doi.org/10.4103/0970-258X.239077>
24. Rogge AK, Röder B, Zech A, Nagel V, Hollander K, Braumann KM, Hötting K. Balance training improves memory and spatial cognition in healthy adults. *Sci Rep.* 2017;7(1):56-61. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-06071-9>

24. Rogge AK, Röder B, Zech A, Hötting K. Exercise-induced neuroplasticity: Balance training increases cortical thickness in visual and vestibular cortical regions. *Neuroimage*. 2018;179:471-479. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.06.065>
25. Sugaya N, Arai M, Fumiyuki G. Changes in cognitive function in patients with intractable dizziness following vestibular rehabilitation. *Sci Rep*. 2018;8:9984. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-28350-9>
26. Кайгородцева С.А., Аброськина М.В., Прокопенко С.В., Исмаилова С.Б. Восстановление статолокомоторных функций при вестибуло-атактическом синдроме в восстановительном периоде инсульта. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2016;10(3):13-19. Kaygorodtseva SA, Abros'kina MV, Prokopenko SV, Ismailova SB. Recovery of static and locomotor functions in patients with the vestibularatactical syndrome during the recovery from cerebrovascular accident. *Annaly Klinicheskoy i Eksperimental'noj Nevrologii*. 2016;10(3):13-19. (In Russ.). <http://annaly-nevrologii.com>
27. Романова М.В., Кубряк О.В., Исакова Е.В., Котов С.В., Гроховский С.С. Вопросы стандартизации стабилметрических методов в клинической неврологической практике. *Проблемы стандартизации в здравоохранении*. 2014;3-4:23-27. Romanova MV, Kubriak OV, Isakova EV, Cotov SV, Grokhovsky SS. Standardization issues of stabilometric methods in clinical neurological practice. *Problemy Standartizacii v Zdravooxranenii*. 2014;3-4:23-27. (In Russ.). <http://www.zdravkniga.net/ps>
28. Саенко И.В., Кремнева Е.И., Глебова О.В., Коновалов Р.Н., Черникова Л.А., Козловская И.Б. Новые подходы в реабилитации больных с поражениями ЦНС, базирующиеся на гравитационных механизмах. *Физиология человека*. 2017;43(5):118-128. Saenko IV, Kremneva EI, Glebova OV, Konovalov RN, Chernikova LA, Kozlovskaya IB. New Approaches in the Rehabilitation of Patients with Central Nervous System Lesions Based on the Gravitational Mechanisms. *Fiziologiya Cheloveka*. 2017;43(5):118-128 (In Russ.). <http://h-physiol@naukaran.ru>
29. Кубряк О.В., Гроховский С.С., Исакова Е.В., Котов С.В. *Биологическая обратная связь по опорной реакции: методология и терапевтические аспекты*. М.: Мaska; 2015. Kubryak OV, Grohovsky SS, Isakova EV, Kotov SV. *Biofeedback for support reaction: methodology and therapeutic aspects*. М.: Maska; 2015. (In Russ.).
30. Yasuda K, Kaibuki N, Harashima H, Iwata H. The effect of a haptic biofeedback system on postural control in patients with stroke: An experimental pilot study. *Somatosen Mot Res*. 2017;34(2):65-71. <https://doi.org/10.1080/08990220.2017.1292236>
31. Кубряк О.В., Исакова Е.В., Котов С.В., Романова М.В., Гроховский С.С. Повышение вертикальной устойчивости пациентов в остром периоде ишемического инсульта. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2014;114(12-2):61-65. Kubriak OV, Isakova EV, Kotov SV, Romanova MV, Grokhovskiy SS. Increase in patient vertical stability in acute period of ischemic stroke. *Zhurnal Nevrologii i Psikhiiatrii im. S.S. Korsakova*. 2014;114(12-2):61-65. (In Russ.). <https://mediasphera.ru/issues/zhurnal-nevrologii-i-psikhiiatrii-im-s-s-korsakova/2017/4/1199772982017041056>
32. Yasuda K, Saichi K, Kaibuki N, Harashima H, Iwata H. Haptic-based perception-empathy biofeedback system for balance rehabilitation in patients with chronic stroke: Concepts and initial feasibility study. *Gait Posture*. 2018;62:484-489. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.04.013>
33. Романова М.В., Котов С.В., Исакова Е.В. Эффективность комплексной вестибулярной реабилитации больных в раннем восстановительном периоде инсульта. *Клиническая геронтология*. 2012;18(5-6):11-14. Romanova MV, Kotov SV, Isakova EV. The effectiveness of vestibular complex rehabilitation in patient with early stroke during the recovery period. *Klinicheskaya Gerontologiya*. 2012;18(5-6):11-14. (In Russ.). <http://kg.newdiamed.ru>
34. Иванова Г.Е., Исакова Е.В., Кривошей И.В., Котов С.В., Кубряк О.В. Формирование консенсуса специалистов в применении стабилметрии и биоуправления по опорной реакции. *Вестник восстановительной медицины*. 2019;1(89):16-21. Ivanova GE, Isakova EV, Krivoshei IV, Kotov SV, Kubryak OV. Consensus-building in the application of stabilometry and biofeedback by support reaction *Vestnik Vosstanovitel'noj Mediciny*. 2019;1(89):16-21. (In Russ.). <http://www.vvmr.ru>
35. Maciaszek J. Effects of Posturographic Platform Biofeedback Training on the Static and Dynamic Balance of Older Stroke Patients. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2018;27(7):1969-1974. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2018.02.055>
36. Романова М.В., Исакова Е.В., Котов С.В. Комплексное лечение пациентов с постуральным фобическим головокружением. *Альманах клинической медицины*. 2013;28:3-8. Romanova MV, Isakova EV, Kotov SV. Complex treatment of patient with postural phobic dizziness. *Al'manah Klinicheskoy Mediciny*. 2012;28:3-8. (In Russ.). <http://almclinmed.ru>
37. Omiyale O, Crowell CR, Madhavan S. Effect of Wii-based balance training on corticomotor excitability post stroke. *J Mot Behav*. 2015;47(3):190-200. <https://doi.org/10.1080/00222895.2014.971699>
38. Şimşek TT, Çekok K. The effects of Nintendo Wii-based balance and upper extremity training on activities of daily living and quality of life in patients with sub-acute stroke: a randomized controlled study. *Int J Neurosci*. 2016;126(12):1061-1070. <https://doi.org/10.3109/00207454.2015.1115993>
39. Maciaszek J, Borawska S, Wojcikiewicz J. Influence of posturographic platform biofeedback training on the dynamic balance of adult strokepatients. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2014;23(6):1269-1274. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2013.10.029>
40. Lupo A, Cinnera AM, Pucello A, Iosa M, Coiro P, Personeni S, Gimigliano F, Iolascon G, Paolucci S, Morone G. Effects on balance skills and patient compliance of biofeedback training with inertial measurement units and exergaming in subacute stroke: a pilot randomized controlled trial. *Funct Neurol*. 2018;33(3):131-136.
41. Yazgan YZ, Taraki E, Taraki D, Ozdincler AR, Kurtuncu M. Comparison of the effects of two different exergaming systems on balance, functionality, fatigue, and quality of life in people with multiple sclerosis: A randomized controlled trial. *Mult Scler Relat Disord*. 2019;39:101902. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2019.101902>
42. Nelson LA. The role of biofeedback in stroke rehabilitation: past and future directions. *Top Stroke Rehabil*. 2007;14(4):59-66. <https://doi.org/10.1310/tsr1404-59>
43. Романова М.В., Исакова Е.В., Котов С.В., Кубряк О.В., Гроховский С.С. Стабилметрический мониторинг вертикальной устойчивости пациентов после инсульта. *Клиническая геронтология*. 2013;19(9-10):3-7. Romanova MV, Isakova EV, Kotov SV, Kubryak OV, Grokhovskiy SS. Stabilometric monitoring of vertical stability of patient after stroke. *Klinicheskaya Gerontologiya*. 2013;19(9-10):3-7. (In Russ.). <http://kg.newdiamed.ru>
44. Романова М.В., Кубряк О.В., Исакова Е.В., Гроховский С.С., Котов С.В. Объективизация нарушений равновесия и устойчивости у пациентов с инсультом в раннем восстановительном периоде. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2014;8(2):12-15. Romanova MV, Kubryak OV, Isakova EV, Grokhovskiy SS, Kotov SV. Objectivization of equilibrium and stability changes in patients with stroke in the early restorative period. *Annaly Klinicheskoy i Eksperimental'noj Nevrologii*. 2014;8(2):12-15. (In Russ.). <http://annaly-nevrologii.com>
45. Романова М.В., Котов С.В., Исакова Е.В. Современные подходы к реабилитации пациентов с вестибуло-атактическими нарушениями. *Лечащий врач*. 2012;6:74. Romanova MV, Kotov SV, Isakova EV. Modern approaches to the rehabilitation of patients with vestibularatactical disorders. *Lechashchij Vrach*. 2012;6:74. (In Russ.). <http://www.lvvrach.ru>
46. Романова М.В., Исакова Е.В., Котов С.В. Реабилитация пациентов с головокружением при церебральном инсульте. *Альманах клинической медицины*. 2012;26:3-8. Romanova MV, Isakova EV, Kotov SV. Rehabilitation of the cerebral stroke patients with vertigo. *Al'manah Klinicheskoy Mediciny*. 2012;26:3-8. (In Russ.). <http://almclinmed.ru>
47. Mura G, Carta MG, Sancassiani F, Machado S, Prosperini L. Active exergames to improve cognitive functioning in neurological disabilities: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2018;54(3):450-462. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.17.04680-9>
48. Unibas-Markaida I, Iraurgi I, Ortiz-Marqués N, Amayra I, Martínez-Rodríguez S. Effect of the Wii Sports Resort on the improvement in attention, processing speed and working memory in moderate stroke. *J Neuroeng Rehabil*. 2019;16(1):32. <https://doi.org/10.1186/s12984-019-0500-5>
49. Chung SH, Kim JH, Yong SY, Lee YH, Park JM, Kim SH, Lee HC. Effect of Task-Specific Lower Extremity Training on Cognitive and Gait Function in Stroke Patients: A Prospective Randomized Controlled Trial. *Ann Rehabil Med*. 2019;43(1):1-10. <https://doi.org/10.5535/arm.2019.43.1.1>
50. Iruthayarajah J, McIntyre A, Cotoi A, Macaluso S, Teasell R. The use of virtual reality for balance among individuals with chronic stroke: a systematic review and meta-analysis. *Top Stroke Rehabil*. 2017;24(1):68-79. <https://doi.org/10.1080/10749357.2016.1192361>

51. Zając-Lamparska L, Wiłkość-Dębczyńska M, Wojciechowski A, Podhorecka M, Polak-Szabela A, Warchoń Ł, Kędziora-Kornatowska K, Araszkie-wicz A, Izdebski P. Effects of virtual reality-based cognitive training in older adults living without and with mild dementia: a pretest-posttest design pilot study. *BMC Res Notes*. 2019;12(1):776. <https://doi.org/10.1186/s13104-019-4810-2>
52. Hung JW, Chou CX, Chang HF, Wu WC, Hsieh YW, Chen PC, Yu MY, Chang CC, Lin JR. Cognitive effects of weight-shifting controlled exergames in patients with chronic stroke: a pilot randomized comparison trial. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2017;53(5):694-702. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.17.04516-6>
53. Carregosa AA, Aguiar Dos Santos LR, Masruha MR, Coêlho ML, Machado TC, Souza DC, Passos GL, Fonseca EP, Ribeiro NM, de Souza Melo A. Virtual Rehabilitation through Nintendo Wii in Poststroke Patients: Follow-Up. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2018;27(2):494-498. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2017.09.029>
54. Cheok G, Tan D, Low A, Hewitt J. Is Nintendo Wii an Effective Intervention for Individuals With Stroke? A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Med Dir Assoc*. 2015;16(11):923-932. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2015.06.010>

Поступила 13.09.19

Received 13.09.19

Принята к печати 02.11.19

Accepted 02.11.19