

ДИНАМИКА НЕВРОЛОГИЧЕСКОГО ДЕФИЦИТА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛИМОДАЛЬНОГО АФФЕРЕНТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СРЕДЫ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ У ПОСТИНСУЛЬТНЫХ ПАЦИЕНТОВ

Марьенко И.П.^{1*}, Можейко М.П.¹, Усова Н.Н.², Борисенко А.В.¹

¹Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии, Минск, Беларусь

²Гомельский государственный медицинский университет, Гомель, Беларусь

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Использование компьютерных технологий в медицинской реабилитации пациентов с инфарктом мозга и внутримозговым кровоизлиянием позволяет эффективно воздействовать на процессы восстановления и компенсации нарушенных функций. Технологии виртуальной реальности влияют на процесс восстановления, а также на когнитивные функции посредством активной полимодальной сенсорной афферентации игрового виртуального пространства.

ЦЕЛЬ. Оценить динамику неврологического дефицита у постинсультных пациентов при медицинской реабилитации в среде виртуальной реальности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В исследовании приняли участие 37 пациентов (23 женщины и 14 мужчин) с ИМ и ВМК с установленными координаторными нарушениями, средний возраст – $48 \pm 3,9$ года, из них 12 пациентов в раннем восстановительном периоде, 25 пациентов в позднем восстановительном периоде. А также 59 пациентов с постинсультным болевым синдромом, средний возраст – $58,5 \pm 9,94$ года. Все пациенты проходили курс медицинской реабилитации на основе полимодального афферентного воздействия. Эффективность оценивали по данным стабилотметрии, вестибулометрии, шкале Берга, Бека, Спилбергера-Ханина, визуально-аналоговой шкале (ВАШ), опроснику PainDETECT.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Установлено достоверное улучшение показателей статокинезиограммы по данным стабилотметрии после курса медицинской реабилитации с полимодальным афферентным воздействием среды виртуальной реальности. Выявлено снижение с 42 [31; 47] баллов до 30 [29; 40] баллов ($p < 0,05$) уровня личностной тревоги по опроснику Спилбергера-Ханина. Интенсивность постинсультной боли достоверно снизилась по ВАШ ($p < 0,05$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Полученные результаты демонстрируют возможности и перспективы использования полимодальных афферентных стимулов среды виртуальной реальности в реабилитации двигательных и когнитивных функций у постинсультных пациентов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: медицинская реабилитация, координаторные нарушения, инфаркт мозга, внутримозговое кровоизлияние, виртуальная реальность

Для цитирования / For citation: Марьенко И.П., Можейко М.П., Усова Н.Н., Борисенко А.В. Динамика неврологического дефицита под воздействием медицинской реабилитации с применением полимодального афферентного воздействия среды виртуальной реальности у постинсультных пациентов. Коморбидная неврология. 2024; 1 (4): 32–37. <https://doi.org/10.62505/3034-185x-2024-1-4-32-37> [Maryenko I.P., Mozheiko M.P., Usova N.N., Borisenko A.V. Dynamics of Neurological Deficit under the Influence of Medical Rehabilitation Using Multimodal Afferent Influence of the Virtual Reality Environment in Post-Stroke Patients. Comorbidity Neurology. 2024; 1 (4): 32–37. <https://doi.org/10.62505/3034-185x-2024-1-4-32-37> (In Russ.)]

***Для корреспонденции:** Марьенко Ирина Павловна, доктор медицинских наук, доцент, главный научный сотрудник, Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии, Минск, Беларусь, e-mail: iramaryenko@gmail.com.

Статья получена: 11.10.2024

Поступила после рецензирования: 14.11.2024

Статья принята к печати: 19.11.2024

Dynamics of Neurological Deficit under the Influence of Medical Rehabilitation Using Multimodal Afferent Influence of the Virtual Reality Environment in Post-Stroke Patients

Irina P. Maryenko^{1*}, Maria P. Mozheiko¹, Natalya N. Usova², Alexander V. Borisenko¹

¹Republican Scientific and Practical Center of Neurology and Neurosurgery, Minsk, Belarus

²Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ABSTRACT

INTRODUCTION. The use of computer technologies in the medical rehabilitation of patients with cerebral infarction and intracerebral hemorrhage makes it possible to effectively influence the processes of restoration and compensation of impaired functions. Virtual reality technologies affect the recovery process, as well as cognitive functions through active multimodal sensory afferentation of the gaming virtual space.

AIM. To assess the dynamics of neurological deficit in post-stroke patients during the medical rehabilitation in and virtual reality environment.

MATERIALS AND METHODS. The study involved 37 patients (23 women and 14 men) with MI and ICH with established coordination disorders, average age 48 ± 3.9 years, of which 12 patients were in the early recovery period, 25 patients were in the late recovery period. Moreover, 59 patients with post-stroke pain syndrome, average age 58.5 ± 9.94 years. All patients underwent a course of medical rehabilitation based on multimodal afferent influence. Efficacy was assessed using stabilometry, vestibulometry, the Berg, Beck, Spielberger-Khanin scale, visual analogue scale (VAS), PainDETECT questionnaire.

RESULT AND DISCUSSION. A significant improvement in statokinesiogram parameters according to stabilometry data established after a course of medical rehabilitation with multimodal afferent influence of the reality environment. A decrease from 42 [31; 47] points to 30 [29; 40] points ($p < 0.05$) in the level of personal loudness according to the Spielberger-Khanin's questionnaire was revealed. The intensity of post-stroke pain significantly decreased on the VAS's scale ($p < 0.05$).

CONCLUSION. The results obtained demonstrate the possibilities and prospects of using multimodal afferent stimuli from the virtual reality environment in the rehabilitation of motor and cognitive functions in post-stroke patients.

KEYWORDS: medical rehabilitation, coordination disorders, cerebral infarction, intracerebral hemorrhage, virtual reality

***For correspondence:** Irina P. Maryenko, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Chief Researcher of the State Institution, Republican Scientific and Practical Center of Neurology and Neurosurgery, Minsk, Belarus, e-mail: iramaryenko@gmail.com.

Received: Oct 11, 2024

Revised: Nov 14, 2024

Accepted: Nov 19, 2024

ВВЕДЕНИЕ

Инсульт мозга (ИМ) и внутримозговое кровоизлияние (ВМК) занимают ведущие позиции среди причин заболеваемости, инвалидности и смертности как в Беларуси, так и в мировом масштабе [1].

Распространенность ИМ и ВМК варьирует от 10 до 20 на каждые 10 000 человек в возрастной группе от 55 до 64 лет, превышая 200 случаев на 100 000 у лиц старше 85 лет. Нарушения движений проявляются у 70–90 % пациентов после острых нарушений мозгового кровообращения, и спустя год остаточные дефективные явления сохраняются как минимум у половины выживших [1].

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) выделяет три уровня последствий: первый – неврологические повреждения (двигательные, сенсорные, тонусные, психологические расстройства); второй – функциональные нарушения (например, проблемы

с ходьбой и самообслуживанием); третий – ограничения в быту и социальной активности.

Двигательные расстройства у пациентов с ИМ и ВМК становятся значительным фактором инвалидизации и ухудшения качества жизни. Они могут быть вызваны поражением мозжечка и его связей, нарушением функции двигательного анализатора или парезом конечностей вследствие повреждения центральных моторных нейронов.

Для большинства пациентов, переживших ИМ и ВМК, характерен постинсультный болевой синдром (ПИБС), который серьезно ухудшает общее состояние и замедляет восстановление вдвое [3, 4]. Особенности ПИБС включают центральную постинсультную боль, боль из-за спастичности, скелетно-мышечную боль, постинсультную головную боль и комплексный регионарный болевой синдром (КРБС) [5]. Пациенты испытывают жжение, температурную дизестезию и стягивающую, давящую

боль в парализованных конечностях [10]. ПИБС также значительно влияет на когнитивные функции и эмоциональное состояние пациента [5]. Механизм развития ПИБС при ИМ и ВМК изучен недостаточно, его сложная природа затрудняет лечение.

Эффективность медицинской реабилитации (МР) пациентов с ИМ и ВМК зависит от ее раннего начала, непрерывности и комплексного подхода с использованием различных методов: медикаментозной, физической, трудовой и психотерапии с активным участием пациента и помощью родственников [6].

Компьютерные технологии в МР открывают новые возможности для восстановления утраченных функций. Среди них популярна роботизированная механотерапия, устройства с биологической обратной связью (БОС), дополненная и виртуальная реальность (ВР) и другие. Применение БОС ускоряет восстановление благодаря стимуляции нейропластичности [2, 7, 8]. Перспективным видится разработка комплексного подхода в МР для коррекции двигательных нарушений и профилактики ПИБС.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить динамику неврологического дефицита у постинсультных пациентов с помощью виртуальной реальности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании участвовали 37 пациентов (23 женщины, 14 мужчин) с ИМ и ВМК и координаторными нарушениями легкой и умеренной степени. Средний возраст – $48 \pm 3,9$ года, 9 пациентов в раннем, 28 – в позднем восстановительном периоде. Также было изучено 59 пациентов с ПИБС, средний возраст которых составил $58,5 \pm 9,94$ года. ИМ выявлен у 54, ВМК – у 5 пациентов. У 27 наблюдали поражение правого каротидного бассейна, у 20 – левого, у 8 – вертебробазилярного, в 4 случаях – мультифокальный ИМ. Контрольная группа состояла из 38 пациентов с ПИБС в МР, без использования ВР, средний возраст – $62,1 \pm 8,8$ года (21 мужчина, 17 женщин). Все пациенты прошли курс медицинской реабилитации, включающий использование различных методов полимодального афферентного воздействия: кинезиотерапия, механотерапия, стабилотренинг с биологической обратной связью, тренировки в виртуальной реальности, массаж. Виртуальные тренировки проводились с применением программы «ВРЗдоровье» (патент Республики Беларусь № 23088), позволяющей создавать проекцию тела пациента в виртуальной среде и перемещать его в рамках специально созданных компьютерных игр.

В процессе тренировки необходимо было выполнить три задания, которые требовали от персонажа двигаться в виртуальной среде за счет движений

пациента. Управление героем осуществлялось с помощью закрепленного на поясе контроллера, фиксирующего перемещение тела. Каждое упражнение длилось от 3 до 10 минут, и курс тренировок состоял из 7–10 процедур. Эффективность курса реабилитации оценивалась посредством стабилографии с биологической обратной связью, включая тест Ромберга, в ходе которого определялась средняя скорость перемещения центра давления, скорость изменения площади статокнезиограммы и площадь эллипса. Оценивалась также устойчивость, измеряемая площадью зоны перемещений, и проводилась вестибулометрия. Состояние функции равновесия в виртуальной среде оценивалось по данным, полученным при измерении колебаний и положения тела в течение 20 секунд. При этом использовались показатели, рассчитанные в виртуальной среде: средняя скорость перемещения постуральной оси и площадь опорного контура постуральной оси, характеризующая общую поверхность колебаний человека. Для объективной оценки мобильности и равновесия применялась шкала Берга. У пациентов с персистирующими болевыми синдромами эффективность курса с использованием виртуальной среды определялась по визуально-аналоговой шкале интенсивности боли и опроснику PainDETECT. Для оценки уровня тревоги и депрессии использовались опросники Бека и Спилберга-Ханина.

Статистическая обработка данных производилась с использованием программы Statistica 12.0 (Statsoft, США). Количественные показатели, не соответствующие нормальному распределению, представлялись в виде медианы и интерквартильного размаха. Для сравнения зависимых выборок применялся непараметрический критерий Уилкоксона при критическом уровне значимости $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты изменения координаторных нарушений под действием реабилитации с полимодальным афферентным воздействием в виртуальной среде у пациентов с инфарктом миокарда и с нарушениями мозгового кровообращения приведены в таблице 1, где ССП ЦД – скорость перемещения центра давления (мм/с); СИПС – скорость изменения площади статокнезиограммы (мм/с); ПЭ – площадь эллипса (мм²); ПЗП – площадь зоны перемещений (мм²).

Согласно данным таблицы 1, установлено достоверное уменьшение ССП ЦД с $11,6$ [9,6; 12,8] до $7,1$ [7,07; 10,7] мм/с ($p < 0,05$) и СИПС с $17,5$ [9,8; 27,3] до $8,01$ [5,4; 13] мм/с ($p < 0,05$). Выявлено достоверное уменьшение ПЭ с $220,1$ [79,6; 381,9] до $96,8$ [46,3; 163] мм² ($p < 0,05$). Достоверное улучшение вышеуказанных показателей объективно отражает более активное вовлечение проприоцептивной афферентации в механизм поддержания равновесия,

уменьшение патологического стереотипа движений. В тесте на устойчивость методом стабилومتрии установлено достоверное увеличение ПЗП с 4280 [4208; 5070] мм² до 5680 [5136; 6060] мм² ($p < 0,05$).

По результатам оценки равновесия в среде ВР также установлены достоверные изменения (табл. 2).

Как видно из таблицы 2, достоверно уменьшилась в покое ПОК 1 с 10,7 [5; 16] мм² до 5,1 [3; 7,8] мм² ($p < 0,05$). ПОК 2 до применения МР со средой ВР составила 9,2 [6; 13] мм², после – 5 [2,3; 6,9] мм² ($p < 0,05$). Выявлена тенденция к улучшению ССП ПО 2, которая после курса уменьшилась до 0,6 [0,4; 0,8] мм/с по сравнению с начальной ССП ПО 2, которая составляла 0,9 [0,7; 0,97] мм/с ($p > 0,05$).

Также были проанализированы коэффициенты асимметрии (КА, %) глазодвигательных реакций для горизонтального ОКН до и после МР. Для горизонтального оптокинетического нистагма (ОКН) выявлено достоверное уменьшение КА глазодвигательных реакций для всех показателей ОКН после проведения курса тренировок в ВР ($p < 0,05$). Выявленное уменьшение КА после тренировок по всем показателям горизонтального ОКН может указывать на улучшение качества и согласованности глазодвигательных реакций у пациентов с ИМ и ВМК после

регулярных тренировок в среде ВР. Вертикальный ОКН до начала тренировок был зарегистрирован только у 5 из 37 пациентов. В то время как после завершения тренировок вертикальный ОКН достоверно чаще выявлялся уже у 15 из 37 пациентов ($\chi^2 = 3,97$, $p = 0,046$).

По шкале Берга установлено достоверное увеличение балльной оценки с 39 до 48 баллов ($p < 0,05$), что объективно выражается в более устойчивом поддержании равновесия и независимости в перемещениях.

По шкале Бека до применения МР с использованием среды ВР балльная оценка составляла 14 [10; 15] баллов, после – 9 [6; 10] ($p > 0,05$), что характеризует положительную динамику симптомов депрессии и, вероятно, связано с расширением двигательных возможностей после проведенной МР с применением среды ВР.

Оценка по опроснику Спилбергер-Ханина позволила установить снижение с 42 [31; 47] баллов до 30 [29; 40] баллов ($p < 0,05$) уровня тревоги под воздействием курса МР с полимодальным афферентным воздействием среды ВР.

Использование в курсе МР полимодального афферентного воздействия среды ВР привело к уменьшению интенсивности ПИБС и снижению его ней-

Таблица 1. Динамика показателей статокнезиограммы по данным стабилومتрии, $n = 37$, Ме [25 %; 75 %]

Table 1. Dynamics of statokinesiogram parameters according to stabilometry data, $n = 37$, Me [25 %; 75 %]

Параметры	До применения	После применения	p
Тест Ромберга, ССП ЦД, мм/с	11,6 [9,6; 12,8]	7,1 [7,07; 10,7]*	$p = 0,04$
Тест Ромберга, СИПС, мм/с	17,5 [9,8; 27,3]	8,01 [5,4; 13]*	$p = 0,01$
Тест Ромберга, ПЭ, мм ²	220,1 [79,6; 381,9]	96,8 [46,3; 163]*	$p = 0,007$
Тест на устойчивость, ПЗП мм ²	4280 [4208; 5070]	5680 [5136; 6060]	$p = 0,002$

Примечание: * – различия значимы при $p < 0,05$ (по критерию Уилкоксона)

Note: * – differences are significant at $p < 0.05$ (Wilcoxon test)

Таблица 2. Оценка функции равновесия в среде ВР, $n = 37$, Ме [25 %; 75 %]

Table 2. Assessment of the equilibrium function in the VR environment, $n = 37$, Me [25 %; 75 %]

Параметры	До применения	После применения	p
ПОК 1, мм ²	10,7 [5; 16]	5,1 [3; 7,8]*	$p = 0,01$
ПОК 2, мм ²	9,2 [6; 13]	5 [2,3; 6,9]*	$p = 0,02$
ССП ПО 1, мм/с	10 [0,7; 1,0]	0,9 [0,6; 0,9]	$p = 0,87$
ССП ПО 2, мм/с	0,9 [0,7; 0,97]	0,6 [0,4; 0,8]	$p = 0,03^*$

Примечание: * – различия значимы при $p < 0,05$ (по критерию Уилкоксона). ПОК ПО 1 – площадь опорного контура постуральной оси до погружения в среду ВР; ПОК ПО 2 – площадь опорного контура постуральной оси после погружения в среду ВР; ССП ПО 1 – средняя скорость перемещения постуральной оси до погружения в среду ВР; ССП ПО 2 – средняя скорость перемещения постуральной оси после погружения в среду ВР

Note: * – differences are significant at $p < 0.05$ (Wilcoxon test). ASC PA 1 – area of the support contour of the postural axis before immersion in the VR environment; ASC PA 2 – area of the support contour of the postural axis after immersion in the VR environment; ASM PA 1 – average speed of movement of the postural axis before immersion in the VR environment; ASM PA 2 – average speed of movement of the postural axis after immersion in the VR environment

ропатического компонента. Оценка интенсивности ПИБС в динамике представлена в таблице 3.

Как видно из таблицы 3, у пациентов ПИБС был умеренной интенсивности, который значительно снизился после проведения курса МР со средней ВР по сравнению с группой пациентов без применения ВР.

При оценке нейропатического компонента боли по опроснику PainDETECT установлено, что итоговый балл в начале курса МР составил 10,0 [6,0; 17,0] баллов, а по окончании курса – 6,0 [1,0; 13,0] баллов, $p < 0,001$. У пациентов с ПИБС, которые не проходили курс МР, по опроснику PainDETECT до курса МР результаты 10,0 [5,0; 13,0] баллов, а по окончании курса – 9,0 [4,0; 12,0] баллов ($p > 0,05$).

Проведен анализ результатов опросников депрессии и тревоги у пациентов в динамике после лечения с использованием курса медицинской реабилитации на основе полимодального афферентного воздействия (таблица 4).

Как показано в таблице 4, снизился уровень реактивной и личностной тревоги у пациентов с ПИБС, что может быть результатом воздействия полимодальных афферентных стимулов среды ВР в ходе игрового сценария.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полимодальные афферентные стимулы среды ВР воздействуют на когнитивные процессы посредством активной интеграции пациента в игровой формат тренинга. Мощное вовлечение пациента в

достижение целей игры, а также наблюдение положительной динамики своих усилий стимулируют психические процессы, что отражается в увеличении уверенности и независимости в движениях.

Установлено положительное влияние МР с применением среды ВР на координаторные нарушения у пациентов с ИМ и ВМК, что подтверждается снижением ПЭ и ССП ЦД по данным стабиллографии ($p < 0,05$), увеличением балльной оценки по шкале Берга ($p < 0,05$) и объективно выражается в расширении двигательных возможностей и отсутствии дополнительных опор при перемещениях. Установлены изменения глазодвигательных реакций и восстановление вертикального ОКН в процессе МР с применением полимодального афферентного воздействия среды ВР. Коррекция координаторных нарушений прямо влияет на психологическое состояние, снижая уровень тревоги и симптомов депрессии, связанных с двигательным дефицитом.

Показана эффективность МР с использованием полимодального афферентного воздействия среды ВР у пациентов с ПИБС. Выявлена положительная динамика тревоги и интенсивности ПИБС. Виртуальный игровой сценарий, отвлекая и увлекая пациента, обучает произвольному управлению телом, двигательному контролю, тем самым снижая страх передвижений и падений, повышая эмоциональную вовлеченность в процесс тренировки.

Полученные результаты обосновывают перспективы использования виртуальной реальности в нейрореабилитации пациентов с инсультом.

Таблица 3. Интенсивность боли по ВАШ в группах
Table 3. Pain intensity according to VAS in groups

Балл ВАШ	Боль в момент обследования		Самая сильная боль в течение 1 месяца		Средний уровень боли в течение 1 месяца	
	До лечения	После лечения	До лечения	После лечения	До лечения	После лечения
Группа с ВР	5,0 [4,0; 6,0]	3,0 [0; 4,0]*	6,0 [5,0; 7,0]	5,0 [3,0; 7,0]*	5,0 [4,0; 6,0]	4,0 [2,0; 5,0]*
Группа без ВР	4,0 [3,0; 8,0]	3,0 [2,0; 5,0]	6,0 [5,0; 8,0]	5,0 [5,0; 6,0]	5,0 [4,0; 6,0]	3,0 [2,0; 5,0]

Примечание: * – значимое различие балла при сравнении значений в группе до и после лечения, $p < 0,05$
Note: * – significant difference in score when comparing values in the group before and after treatment, $p < 0.05$

Таблица 4. Динамика уровня депрессии и тревоги у пациентов с постинсультным болевым синдромом до и после использования разработанного метода
Table 4. Dynamics of the level of depression and anxiety in patients with post-stroke pain syndrome before and after using the developed method

Эмоционально-волевые нарушения	До лечения	После лечения
Уровень депрессии	10,5 [5,0; 18,0]	9,0 [6,0; 15,0]
Реактивная тревожность	45,0 [42,0; 50,0]	42,0 [38,0; 45,0]*
Личностная тревожность	47,0 [41,0; 55,0]	44,0 [39,0; 50,0]*

Примечание: * – значимое различие балла при сравнении групп до и после лечения, $p < 0,05$
Note: * – significant difference in score when comparing groups before and after treatment, $p < 0.05$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Левин О.С., Боголепова А.Н. Постинсультные двигательные и когнитивные нарушения: клинические особенности и современные подходы к реабилитации. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2020; 120 (11): 99–107. <https://doi.org/10.17116/jnevro202012011199> [Levin O.S., Bogolepova A.N. Poststroke motor and cognitive impairments: clinical features and current approaches to rehabilitation. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2020; 120 (11): 99–107. <https://doi.org/10.17116/jnevro202012011199> (In Russ.)]
2. Кадыков А.С., Черникова Л.А., Шахпаронова Н.В. Реабилитация неврологических больных. М.: МЕДпресс-информ, 2009. 560 с.: ил. [Kadykov A.S., Chernikova L.A., Shakhparonova N.V. Rehabilitation of neurological patients. Moscow: MEDpress-inform, 2009. 560 p.: ill. (In Russ.)]
3. Naess H., Lunde L., Brogger J. The effects of fatigue, pain, and depression on quality of life in ischemic stroke patients: the Bergen Stroke Study. Vasc Health Risk Manag. 2012; 8: 407–13. <https://doi.org/10.2147/VHRM.S32780>
4. Klit H., Finnerup N.B., Andersen G., Jensen T.S. Central poststroke pain: a population-based study. Pain. 2011 Apr; 152 (4): 818–824. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2010.12.030>
5. Костенко Е.В. Постинсультные болевые синдромы: клинические аспекты, диагностические критерии, особенности терапии и реабилитационных мероприятий. Медицинский Совет. 2017; (17): 63–71. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2017-17-63-71> [Kostenko E.V. Post-stroke pain syndromes: clinical aspects, diagnostic criteria, features of therapy and rehabilitation measures. Medical Council. 2017; (17): 63–71. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2017-17-63-71> (In Russ.)]
6. Сидякина И.В., Воронова М.В., Снопков П.С., Шаповаленко Т.В., Лядов К.В. Современные методы реабилитации постинсультных больных. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски. 2014; 114 (12–2): 76–80. <https://doi.org/10.17116/jnevro201411412276-80> [Sidiakina I.V., Voronova M.V., Snopkov P.S., Shapovalenko T.V., Liadov K.V. Modern methods of rehabilitation for poststroke patients. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2014; 114 (12–2): 76–80. <https://doi.org/10.17116/jnevro201411412276-80> (In Russ.)]
7. Юсупов Ф.А., Юлдашев А.А. Нейропластичность и возможности современной нейрореабилитации. Бюллетень науки и практики. 2022; 8 (3): 251–273. [Yusupov F.A., Yuldashev A.A. Neuroplasticity and Possibilities of Modern Neurorehabilitation. Bulletin of Science and Practice. 2022; 8 (3): 251–273 (In Russ.)]
8. Tack C. Virtual reality and chronic low back pain. Disabil Rehabil Assist Technol. 2021 Aug; 16 (6): 637–645. <https://doi.org/10.1080/17483107.2019.1688399>
9. Марьенко М.П., Лихачев С.А., Можейко М.П., Юрченко М.В., Суша Н.А., Иваницкий Е.С., Качановский А.В. Способ оценки состояния функции равновесия с использованием игровой виртуальной среды. Официальный бюллетень. 2020; 4 (135): 42 [Maryenko M.P., Likhachev S.A., Mozheiko M.P., Yurchenko M.V., Susha N.A., Ivanitsky E.S., Kachanovsky A.V. Method for assessing the state of the equilibrium function using a virtual gaming environment. Official Bulletin. 2020; 4 (135): 42 (In Russ.)]
10. Скорцов Д.В. Диагностика двигательной патологии инструментальными методами: анализ походки, стабилметрия. М. 2007. 640 с. [Skvortsov D.V. Diagnostics of motor pathology by instrumental methods: gait analysis, stabilometry. M. 2007. 640 p. (In Russ.)]

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Марьенко Ирина Павловна, доктор медицинских наук, доцент, главный научный сотрудник, Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии, Минск, Беларусь. E-mail: iramaryenko@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2992-9281>

Можейко Мария Петровна, кандидат биологических наук, научный сотрудник неврологического отдела, Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии, Минск, Беларусь. E-mail: maria.rehabilitation@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0471-9747>

Усова Наталья Николаевна, кандидат медицинских наук, доцент, заведующая кафедрой неврологии и нейрохирургии с курсами медицинской реабилитации, психиатрии и ФПКП УО, Гомельский государственный медицинский университет, Гомель, Беларусь. E-mail: nata_usova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2575-4055>

Борисенко Александр Васильевич, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник неврологического отдела, Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии, Минск, Беларусь. E-mail: mila-med@tut.by.

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Марьенко И.П. – формирование идеи, формулировка цели и постановка задач, редактирование текста; Можейко М.П. – анализ и описание результатов и методов исследования; Усова Н.И. – анализ литературных источников, описание результатов; Борисенко А.В. – анализ литературных источников, введение.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ADDITIONAL INFORMATION

Irina P. Maryenko, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Chief Researcher of the State Institution, Republican Scientific and Practical Center of Neurology and Neurosurgery, Minsk, Belarus. E-mail: iramaryenko@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2992-9281>

Maria P. Mozheiko, Cand. Sci. (Biol.), Researcher of the Neurological Department of the State Institution, Republican Scientific and Practical Center of Neurology and Neurosurgery, Minsk, Belarus. E-mail: maria.rehabilitation@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0471-9747>

Natalya N. Usova, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Department of Neurology and Neurosurgery with Courses in Medical Rehabilitation, Psychiatry and FPKP, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus. E-mail: nata_usova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2575-4055>

Alexander V. Borisenko, Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, Neurological Department, Republican Scientific and Practical Center of Neurology and Neurosurgery, Minsk, Belarus. E-mail: mila-med@tut.by.

Author contributions. All authors confirm the compliance of their authorship, according to the international criteria of the ICMJE (all authors made a significant contribution to the development of the concept, conduct of the study and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Maryenko I.P. – idea formation, goal formulation and task setting, text editing; Mozheiko M.P. – analysis and description of the results and research methods; Usova N.I. – analysis of literary sources, description of results; Borisenko A.V. – analysis of literary sources, introduction.

Funding. This study not supported by any external sources of funding.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.