



<https://doi.org/10.34883/PI.2023.13.3.038>
УДК 612.8-612.886



Можейко М.П.¹✉, Марьенко И.П.¹, Лихачев С.А.¹, Крамаренко А.Н.¹, Еленская С.В.²,
Сниткова Н.В.³

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

² Республиканский госпиталь Департамента финансов и тыла
Министерства внутренних дел Республики Беларусь, Минск, Беларусь

³ Республиканская клиническая больница медицинской реабилитации,
Аксаковщина, Беларусь

Динамика координаторных нарушений у пациентов с инфарктом мозга и внутримозговым кровоизлиянием под воздействием комплекса медицинских реабилитационных мероприятий на основе мультиафферентной стимуляции

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Можейко М.П. – концепция, обзор литературы, оформление статьи; Марьенко И.П. – концепция, редактирование; Лихачев С.А. – редактирование; Крамаренко А.Н., Еленская С.В., Сниткова Н.В. – набор материала.

Подана: 14.08.2023

Принята: 20.09.2023

Контакты: maria.rehabilitation@gmail.com

Резюме

Введение. Нарушения координации движений при инфаркте мозга и внутримозговом кровоизлиянии приводят к инвалидизации и социальной ограниченности пациента и не поддаются только медикаментозному лечению. При неврологическом и нейроортопедическом обследовании данных пациентов выявляются различные патобиомеханические нарушения, сопровождающиеся изменениями динамического стереотипа. Разработка и проведение реабилитационных мероприятий у пациентов с инфарктом мозга и внутримозговым кровоизлиянием для восстановления нарушенных функций является актуальной и перспективной задачей.

Цель. Оценить динамику координаторных нарушений под воздействием мультиафферентной стимуляции у пациентов с инфарктом мозга и внутримозговым кровоизлиянием.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 18 пациентов с инфарктом мозга и внутримозговым кровоизлиянием с выявленными координаторными нарушениями. Все пациенты проходили курс разработанного комплекса медицинских реабилитационных мероприятий, динамику координаторных нарушений оценивали методом вестибулометрии, стабилометрии, по оценке состояния устойчивости тела в среде виртуальной реальности, по функциональной шкале Берга.

Результаты. Выявлено достоверное уменьшение показателя площади эллипса с 215,4 [106,2; 383,7] мм² до 102,1 [48,4; 112] мм² ($p < 0,05$), а также достоверное увеличение показателя качества функции равновесия с 72 [62,6; 78,5] % до 83 [74,9; 86,5] %

($p < 0,05$) по данным стабิโลграфии. Выявлено достоверное изменение коэффициентов S с 2,1 [0,8; 1,9] до 0,8 [0,18; 2] ($p < 0,05$) и K с 2,9 [0,9; 3,4] до 0,74 [0,80; 1,25] ($p < 0,05$) в среде виртуальной реальности. По шкале Берга установлено увеличение балльной оценки с 35 [32; 37] до 44 [39; 47] баллов ($p < 0,05$).

Заключение. Проведенный комплекс медицинских реабилитационных мероприятий у пациентов с инфарктом мозга и внутримозговым кровоизлиянием показал свою эффективность в коррекции выявленных координаторных нарушений. Воздействие мультиафферентных стимулов методов медицинской реабилитации активизирует процессы нейропластичности, способствуя восстановлению и компенсации нарушенных функций.

Ключевые слова: координаторные нарушения, стабิโลметрия, нейропластичность, медицинская реабилитация, виртуальная реальность

Mozheiko M.¹✉, Maryenko I.¹, Likhachev S.¹, Kramarenko A.¹, Yelenskaya S.², Snitkova N.³

¹ Republican Research and Clinical Center of Neurology and Neurosurgery, Minsk, Belarus

² Republican Hospital of the Department of Finance and Logistics of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus

³ Republican Clinical Hospital of Medical Rehabilitation, Aksakovshchina, Belarus

Dynamics of Coordination Disorders in Patients with Cerebral Infarction and Intracerebral Hemorrhage Under the Influence of a Complex of Medical Rehabilitation Measures Based on Multiafferent Stimulation

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Mozheiko M. – concept, literature review, article design; Maryenko I. – concept, editing; Likhachev S. – editing; Kramarenko A., Yelenskaya S., Snitkova N. – material set.

Submitted: 14.08.2023

Accepted: 20.09.2023

Contacts: maria.rehabilitation@gmail.com

Abstract

Introduction. Coordination disabilities in cerebral infarction and intracerebral hemorrhage lead to disability and social limitations in patients, and it's difficult to drug treatment only. Neurological and neuroorthopedic examination of these patients revealed various pathobiomechanical disorders, accompanied by changes in the dynamic stereotype. The development and implementation of rehabilitation measures in patients with cerebral infarction and intracerebral hemorrhage to restore impaired functions is an urgent and promising task.

Purpose. To evaluate the dynamics of coordinating condition with multiafferent stimulation in patients with cerebral infarction and intracerebral hemorrhage.

Materials and methods. 18 patients with cerebral infarction and intracerebral hemorrhage and with identified coordination disabilities involved. All patients took a course of



medical rehabilitation complex, the dynamics of coordination disabilities evaluated by vestibulometry methods, stabilometry, by the condition in the VR environment, according to the Berg's functional scale.

Results. A slight decrease in the ellipse area index revealed from 215.4 [106.2; 383.7] mm² to 102.1 [48.4; 112] mm² ($p < 0.05$) and index of quality balance function increased from 72 [62.6; 78.5]% to 83 [74.9; 86.5]% ($p < 0.05$) according to stabilometry. An inevitable changes in the coefficients S from 2.1 [0.8; 1.9] to 0.8 [0.18; 2] ($p < 0.05$) and K from 2.9 [0.9; 3.4] to 0.74 [0.80; 1.25] ($p < 0.05$) in virtual reality environment. According to the Berg's scale, the score increased from 35 [32; 37] to 44 [39; 47] points ($p < 0.05$).

Conclusion. The complex of medical rehabilitation measures carried out in patients with cerebral infarction and intracerebral hemorrhage shown the effectiveness in correcting an identified coordination disabilities. The impact of multiafferent stimuli of medical rehabilitation methods activates the processes of neuroplasticity, contributing to the restoration and compensation of impaired functions.

Keywords: coordination disorders, stabilometry, neuroplasticity, medical rehabilitation, virtual reality

■ ВВЕДЕНИЕ

Инфаркт мозга (ИМ) и внутримозговое кровоизлияние (ВМК) входят в основные причины заболеваемости, инвалидности и смертности в Республике Беларусь и мире, что подтверждает актуальность и значимость медицинской реабилитации (МР) и социальной адаптации данной категории пациентов. В результате перенесенного ИМ и ВМК у пациентов отмечается широкий спектр неврологических нарушений, требующих медикаментозной терапии и длительных реабилитационных мероприятий.

Двигательные расстройства различных степени и характера представляют собой самый частый симптом поражения головного мозга как в острой, так и в восстановительной стадии заболевания. В острой стадии ИМ и ВМК они выявляются у 70–90% пациентов, спустя 1 год резидуальный дефект сохраняется не менее чем у 1/2 выживших пациентов.

В зависимости от уровня поражения можно выделить 4 типа двигательных расстройств: 1) нарушения движений «высшего (коркового) уровня» (апраксии и родственные им расстройства); 2) нарушения движений «среднего уровня» – пирамидный синдром, мозжечковая атаксия, экстрапирамидные синдромы; 3) нарушения движений «низшего (периферического) уровня» (бульбарные расстройства и другие нарушения, связанные с поражением краниальных нервов, контрактуры и некоторые синкинезии); 4) комбинированные (смешанные) нарушения движений [1–4].

Координаторные нарушения (КН) после перенесенного ИМ или ВМК формируют функциональную зависимость и снижают качество жизни пациента.

КН при ИМ и ВМК могут быть обусловлены: поражением мозжечка и его афферентных и эфферентных связей, наличием пареза конечности вследствие нарушения структуры центрального двигательного нейрона, поражением вестибулярного аппарата, зрительно-пространственными нарушениями, когнитивными

нарушениями, формированием вторичных адаптационных реакций конечности – мышечная атрофия, изменение длины мягких тканей, контрактуры суставов. Вышеуказанные расстройства являются весомым фактором инвалидизации пациента, и, как правило, прогноз их функционального восстановления не является удовлетворительным [4, 5].

МР – это комплекс мероприятий, направленных на полное или частичное восстановление нарушенных функций и социальную реадaptацию человека. В основе восстановительных процессов в организме лежат механизмы нейропластичности, а именно структурно-функциональной перестройки нервной ткани после ее повреждения, что способствует коррекции нарушенных двигательных функций, когнитивных способностей, приобретению новых моторных навыков [5, 6].

Наиболее пластичной частью головного мозга является кора больших полушарий, однако восстановление возможно и при повреждениях на подкорковом уровне. Выделяют три уровня восстановления двигательных функций при повреждении мозга:

- 1) истинное восстановление – возвращение нарушенных двигательных функций к исходному уровню, которое возможно при отсутствии гибели нейронов, когда патологический очаг состоит преимущественно из инактивированных вследствие отека и гипоксии клеток;
- 2) компенсация – механизм заключается в функциональной перестройке и вовлечении новых, ранее не задействованных структур;
- 3) реадaptация – приспособление к уже имеющемуся дефекту.

Использование различных восстановительных технологий позволяет воздействовать на механизмы нейропластичности посредством активации сенсорной афферентации различными стимулами.

Физиологические процессы нейронной реорганизации наиболее активны в остром периоде ИМ и ВМК. Однако пластичность нейронных структур обеспечивает функциональные преобразования под воздействием многократных афферентных стимулов различной модальности и в позднем восстановительном периоде через постоянные тренировки [5–7].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить динамику КН под воздействием мультиафферентной стимуляции у пациентов с ИМ и ВМК.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 18 пациентов (8 женщин и 10 мужчин), средний возраст составил $52 \pm 2,6$ года, с ИМ и ВМК (ранний восстановительный период – 4, поздний восстановительный период – 14). По результатам неврологического тестирования были выявлены признаки координаторных нарушений легкой степени у 12 пациентов, средней степени у 6 пациентов, которые характеризовались неустойчивостью в пробе Ромберга, шаткостью при ходьбе, интенцией при выполнении пяточно-коленной и пальценосовой проб. Двигательные нарушения были выявлены у 11 человек и проявлялись гемипарезом легкой и умеренной степени.

Все пациенты проходили курс разработанного комплекса медицинских реабилитационных мероприятий, включающего: координаторную гимнастику, механотерапию нижних конечностей, тренировки на стабиллоплатформе с биологической



обратной связью (БОС), а также в среде виртуальной реальности (ВР) для восстановления и компенсации КН.

Динамику КН оценивали методом вестибулометрии с регистрацией глазодвигательных функций при оптокинетической стимуляции (ОКС) с анализом нистагма, коэффициента асимметрии разнонаправленных реакций (КА) ОКН, который рассчитывался как отношение разности показателей разнонаправленных реакций к их сумме; методом стабилографии с использованием теста Ромберга и теста на устойчивость, где учитывали показатели: качества функции равновесия (КФР), %, площади эллипса (ПЭ), мм², средней скорости перемещения центра давления (ССП ЦД), мм/с, скорости изменения площади статокинезиограммы (СИПС), мм/с, коэффициент резкого изменения направления движения (КРИНД), %, а также площади зоны перемещения (ПЗП), мм².

Применяли оценку устойчивости тела в среде ВР с использованием разработанных показателей положения тела испытуемого, а именно его постуральной оси (ПО) в заданном пространстве: средняя угловая скорость перемещения (ССП ПО, мм/с) – средняя скорость изменения угла отклонения от вектора стационарного состояния покоя; площадь опорного контура ПО (ПОК ПО, мм²) – основная часть площади, занимаемой векторами перемещения ПО, которая характеризует общую поверхность площади колебания человека в заданном пространстве. Учитывали коэффициенты S и K, характеризующие устойчивость тела в пространстве, коэффициент S вычислялся по формуле:

$$S = \text{ССП ПО1} : \text{ССП ПО2}, \quad (1)$$

где ССП ПО1 – средняя угловая скорость перемещения ПО, мм/с, в положении испытуемого стоя без нахождения в среде ВР;

ССП ПО2 – средняя угловая скорость перемещения ПО, мм/с, в положении испытуемого стоя при нахождении в среде ВР.

Коэффициент K вычислялся по формуле:

$$K = \text{ПОК1} : \text{ПОК2}, \quad (2)$$

где ПОК1 – площадь опорного контура в положении испытуемого стоя без нахождения в среде ВР;

ПОК2 – площадь опорного контура в положении испытуемого стоя при нахождении в среде ВР [8].

Для объективной оценки изменения состояния устойчивости тела испытуемого применяли шкалу Берга [9].

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

Вестибулометрия выявила спонтанный нистагм у 14 (78%) пациентов из 18. Далее проводили оптокинетическую стимуляцию для оценки характеристик ОКН.

Скорость медленной фазы (СМФ) ОКН до начала тренировок составила $8,98 \pm 4,3^\circ/\text{с}$ для правого и $10,6 \pm 4,3^\circ/\text{с}$ для левого глаза, после прохождения курса МР СМФ ОКН составила $7,0 \pm 2,5^\circ/\text{с}$ и $9,4 \pm 3,7^\circ/\text{с}$ для правого и левого глаз соответственно ($p > 0,05$).

Скорость быстрой фазы горизонтального (СБФ) ОКН до тренировок составила $37,22 \pm 18,9^\circ/\text{с}$ для правого глаза и $65,4 \pm 33^\circ/\text{с}$ для левого, после завершения тренировок средняя СБФ ОКН составила $32,65 \pm 17^\circ/\text{с}$ для правого и $50,6 \pm 17,3^\circ/\text{с}$ для левого глаза ($p > 0,05$).

Амплитуда медленной фазы (АМ) горизонтального ОКН до тренировок составила $5,76 \pm 1,2^\circ$ для правого и $4,17 \pm 1,45^\circ$ для левого глаза. По завершении тренировок был получен следующий показатель АМ ОКН – $2,7 \pm 1,2^\circ$ для правого, $3,3 \pm 1,4^\circ$ для левого глаза. Амплитуда быстрой фазы (АБ) ОКН до тренировок была $6,3 \pm 1,2^\circ$ для правого и $6,6 \pm 1,6^\circ$ для левого глаза, после тренировок – $3,2 \pm 1,7^\circ$ для правого и $3,65 \pm 1,5^\circ$ для левого глаза ($p < 0,05$) (рис. 1).

Для ОКН вправо выявлено заметное уменьшение КА для всех показателей (СМФ, СБФ, АБ и АМ) после проведения курса тренировок. Для ОКН влево также отмечалось уменьшение КА для АБ и СМФ (рис. 2, 3).

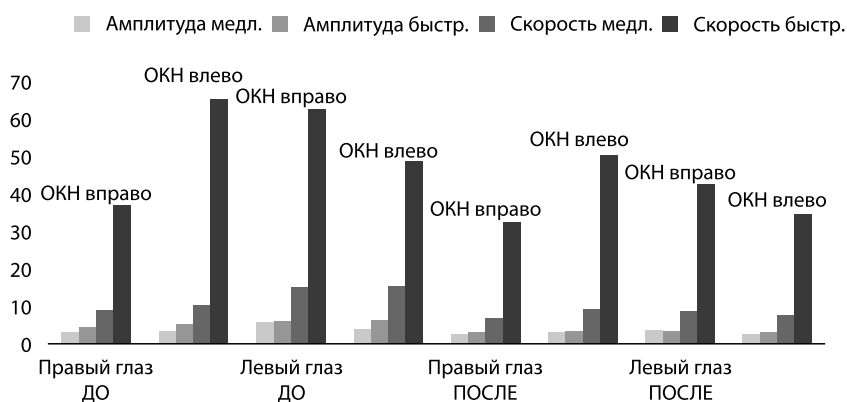


Рис. 1. Динамика показателей горизонтального ОКН до и после тренировок
Fig. 1. Dynamics of horizontal OKN indicators before and after training

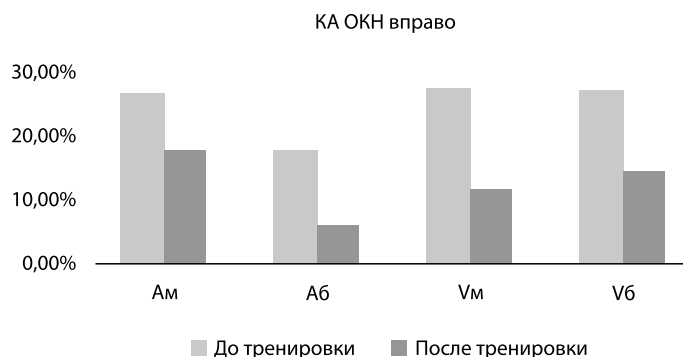


Рис. 2. Динамика коэффициентов асимметрии разнонаправленных реакций для ОКН вправо до и после тренировок
Fig. 2. Dynamics of coefficients of asymmetry of multidirectional reactions for OKN to the right before and after training

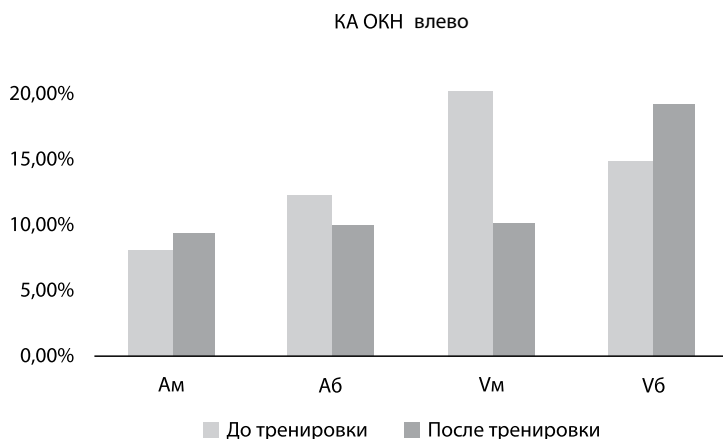


Рис. 3. Динамика коэффициентов асимметрии разнонаправленных реакций для ОКН влево до и после тренировок
Fig. 3. Dynamics of coefficients of asymmetry of multidirectional reactions for OKN to the left before and after training

Вертикальный ОКН до начала тренировок был отмечен только у 5 (28%) из 18 пациентов. В то время как после завершения тренировок вертикальный ОКН выявлялся уже у 11 (61%) из 18 пациентов ($p < 0,05$).

После прохождения МР оценивали динамику КН по показателям в тесте Ромберга по данным стабилотографии, результаты представлены в таблице.

Установлено достоверное уменьшение ПЭ с 215,4 [106,2; 383,7] мм² до 102,1 [48,4; 112] мм² ($p < 0,05$). Показатель КФР достоверно увеличился с 72 [62,6; 78,5] % до 83 [74,9; 86,5] % ($p < 0,05$), что характеризует устойчивое равновесие. Выявлено достоверное уменьшение КРИНД с 7,2 [6,07; 12,05] % до 9,8 [6,8; 13,02] % ($p < 0,05$). В показателях ССП ЦД и СИПС достоверно значимых изменений не установлено.

В тесте на устойчивость после использования разработанного метода МР выявлено достоверное увеличение ПЗП с 4424,8 мм² до 5607 мм² ($p < 0,05$), что указывает на улучшение произвольной позной устойчивости пациента.

Далее оценивали КН до и после применения комплекса МР в среде ВР, результаты представлены на рис. 4 и 5.

Динамика показателей статокинезиограммы в тесте Ромберга, n=18, Ме [25%; 75%]
Dynamics of statokinesiogram parameters in the Romberg's test, n=18, Ме [25%; 75%]

Параметры	До курса	После курса	T, p
ССП ЦД, мм/с	11,2 [10,1; 14,2]	11,4 [7,1; 13,4]	T=25; p=0,27
СИПС, мм/с	17,2 [10,5; 10,5]	17,9 [7,6; 15,5]	T=24; p=0,25
ПЭ, мм ²	215,4 [106,2; 383,7]	102,1 [48,4; 112]*	T=17; p=0,04
КФР, %	72 [62,6; 78,5]	83 [74,9; 86,5]*	T=12; p=0,03
КРИНД, %	9,8 [6,8; 13,02]	7,2 [6,07; 12,05]*	T=8; p=0,01

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

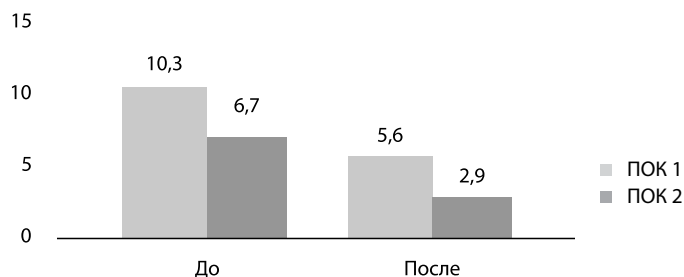


Рис. 4. Результаты динамики показателя ПОК в среде ВР
Fig. 4. Results of the dynamics of the PRC indicator in the VR environment

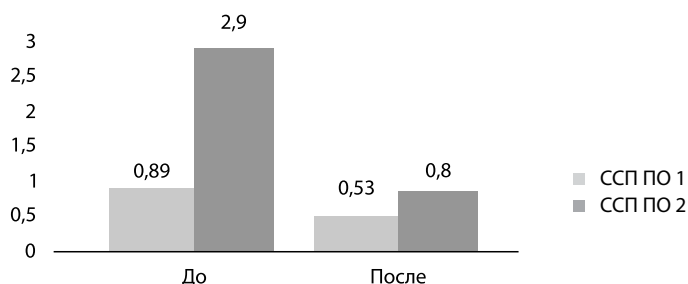


Рис. 5. Результаты динамики показателя ССП ПО в среде ВР
Fig. 5. The results of the dynamics of the indicator ASM PA indicator in the VR environment

Разработанный коэффициент S до прохождения комплекса медицинских реабилитационных мероприятий был равен 2,1 [0,8; 1,9], после достоверно снизился до 0,8 [0,18; 2] ($p < 0,05$). Коэффициент K был равен 2,9 [0,9; 3,4], после прохождения комплекса медицинских реабилитационных мероприятий составил 0,74 [0,80; 1,25] ($p < 0,05$), что находится в разработанном диапазоне (0,8–1,1), характеризующем устойчивость тела в пространстве.

По шкале Берга установлено достоверное увеличение балльной оценки с 35 [32; 37] до 44 [39; 47] баллов ($p < 0,05$), со снижением риска падений на 9%.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование комплекса МР для восстановления и компенсации КН показало свою эффективность с достоверным улучшением показателя КФР по данным стабильности с 72 [62,6; 78,5] % до 83 [74,9; 86,5] % ($p < 0,05$). Уменьшение КА ОКН после использования разработанного метода МР по большинству показателей ОКН может указывать на улучшение качества и согласованности глазодвигательных реакций у пациентов с ИМ и ВМК.



Достоверное изменение коэффициентов S с 2,1 [0,8; 1,9] до 0,8 [0,18; 2] ($p < 0,05$) и K с 2,9 [0,9; 3,4] до 0,74 [0,80; 1,25] ($p < 0,05$) в среде ВР при нормальном диапазоне (0,8–1,1) указывает на улучшение динамической устойчивости тела.

Мультиафферентные стимулы разработанных координаторных упражнений и механотерапии воздействуют на проприоцептивную афферентацию, тренировки на стабилотренинге БОС и в среде ВР стимулируют зрительную и вестибулярную сенсорную афферентацию и, как следствие, активируют механизмы нейропластичности. МР с использованием мультиафферентной стимуляции индуцирует функциональные перестройки за счет изменения сенсомоторных взаимодействий и сенсорных импульсов, что приводит к реорганизации двигательной коры с последующей коррекцией двигательного стереотипа.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Carmichael S.T. Plasticity of cortical projections after stroke. *The Neuroscientist*. 2003;9(1):64–75.
2. Zhivolupov C., Samartsev I., Syroezhkin F. Contemporary conception of neuroplasticity (theoretical aspects and practical significance). *Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2013;113(10):102–108. (in Russian)
3. Samartsev I., Zhivolupov S., Butakova Yu. Modern ideas about neurophysiological mechanisms and clinical manifestations of statodynamic disorders, the possibilities of their correction. *Clinical pharmacology and therapy*. 2019;28(2):93–98. (in Russian)
4. Levin O., Bogolepova A. Post-stroke motor and cognitive disorders: clinical features and modern approaches to rehabilitation. *Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2020;120(11):99–107. (in Russian)
5. Kadykov A., Chernikova L., Shakhparonova N. *Rehabilitation of neurological patients*. M.: MEDpress-inform, 2008. 560 p. (in Russian)
6. Khat'kova S., Kostenko E., Akulov M., Diagileva V., Nikolaev E., Orlova A. Modern aspects of the pathophysiology of walking disorders and their rehabilitation in post-stroke patients. *Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2019;119(12–2):43–50. Available at: <https://www.mediasphera.ru/issues/zhurnal-nevrologii-i-psikiatrii-im-s-s-korsakova-2/2019/12/1199772982019122043> (accessed 14.08.2023). (in Russian)
7. Yusupov F., Yuldashev A. Neuroplasticity and possibilities of modern neurorehabilitation. *Bulletin of Science and Practice*. 2022;8(3):251–273. (in Russian)
8. Maryenko I., Likhachev S., Mozheyko M., Yurchenko M., Susa N., Ivanitsky E., Kachanovsky A., Charykova I., Filippovich L. Possibilities of virtual reality technology in diagnostics reconstitution of the balance function: analysis of own observations. *Neurology and Neurosurgery Eastern Europe*. 2019;9(1):28–35. (in Russian)
9. Suponeva N., Yusupova D., Zimin A. Validation of the Berg Balance Scale in Russia. *Neurology, neuropsychiatry, psychosomatics*. 2021;13(3):12–18. (in Russian)