

ОЗДОРОВИТЕЛЬНАЯ И АДАПТИВНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА

Научная статья

УДК 615.477

doi: 10.35266/2312-377X-2023-3-77-83

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НАВЫКОВ ХОДЬБЫ С ПОМОЩЬЮ РЕАБИЛИТАЦИОННОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА

**Ирина Эдуардовна Юденко^{1✉}, Арина Игоревна Попова²,
Юлия Евгеньевна Викторова³, Наталья Викторовна Минникаева⁴**

^{1, 2} Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

² Сургутская окружная клиническая больница, Сургут, Россия

³ Сургутская клиническая травматологическая больница, Сургут, Россия

⁴ Северо-Западный институт управления – филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

¹ yudenko_ie@surgu.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-8970-7381>

² arina.popova2001.popova@mail.ru

³ yuliya_@list.ru

⁴ minnikaeva@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5216-0976>

Аннотация. Актуальность статьи обусловлена высокой значимостью поиска эффективных технологий проведения реабилитационных мероприятий при нарушениях мозгового кровообращения, приводящих к нарушению навыка ходьбы и инвалидизации человека. Цель исследования – оценить эффективность восстановления навыков ходьбы пациентов, перенесших черепно-мозговую травму, вызвавшую инсульт, посредством реабилитационных мероприятий на роботизированном комплексе LokomatPro.

В процессе работы с пациентами отделения нейрореабилитации Центра нейрореабилитации и патологии речи на базе Сургутской клинической травматологической больницы, перенесшими инсульт, вызванный черепно-мозговой травмой, была доказана высокая эффективность реабилитационных мероприятий, проводимых с помощью роботизированного комплекса LokomatPro. По всем фиксируемым показателям функционального состояния организма пациентов и характеристик ходьбы достигнуты улучшения, особенно по количеству шагов, пройденных в течение одного занятия.

Статья предназначена для специалистов в области физической реабилитации, оздоровительной и адаптивной физической культуры, врачей физической реабилитационной медицины.

Ключевые слова: роботизированный комплекс LokomatPro, ходьба, реабилитационные мероприятия, черепно-мозговая травма, инсульт

Шифр специальности: 5.8.6. Оздоровительная и адаптивная физическая культура.

Для цитирования: Юденко И. Э., Попова А. И., Викторова Ю. Е., Минникаева Н. В. Оценка эффективности восстановления навыков ходьбы с помощью реабилитационного роботизированного комплекса // Северный регион: наука, образование, культура. 2023. № 3. С. 77–83. DOI 10.35266/2312-377X-2023-3-77-83.

Original article

EVALUATION OF A ROBOTIC DEVICE EFFICIENCY IN GAIT REHABILITATION

Irina Ed. Yudenko¹✉, Arina I. Popova², Yulia E. Viktorova³, Natalia V. Minnikaeva⁴

^{1, 2}*Surgut State University, Surgut, Russia*

²*Surgut Regional Clinical Hospital, Surgut, Russia*

³*Surgut Clinical Trauma Hospital, Surgut, Russia*

⁴*Branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Saint Petersburg, Russia*

¹*yudenko_ie@surgu.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-8970-7381>*

²*arina.popova2001.popova@mail.ru*

³*yulya_@list.ru*

⁴*minnikaeva@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5216-0976>*

Abstract. The relevance of the article is due to the high significance of scouting high performance technologies for rehabilitative gait therapy in patients with impairments in walking abilities caused by different diseases, including, but not limited to cerebrovascular diseases, brain injuries and cerebral hemorrhage. The purpose of the research was to evaluate the efficiency of LokomatPro robotic device in gait rehabilitation of patients who had suffered a brain injury resulted in a stroke.

While working with the patients of the Neurorehabilitation Department of the Center for Neurorehabilitation and Speech Pathology at Surgut Clinical Trauma Hospital, who had suffered a stroke as a result of a brain injury, high efficiency of the LokomatPro robotic device in gait rehabilitation was proven. All recorded health outcomes of patients and their walking abilities improved. The number of steps made during one session increased.

The article is intended for professionals in physical rehabilitation, health-improving and adapted physical education, doctors of physical and rehabilitation medicine.

Keywords: robotic device LokomatPro, gait, rehabilitation, brain injury, stroke

Code: 5.8.6. Health-Improving and Adapted Physical Education.

For citation: Yudenko I. Ed., Popova A. I., Viktorova Yu. E., Minnikaeva N. V. Evaluation of a robotic device efficiency in gait rehabilitation. *Severny region: nauka, obrazovanie, cultura.* 2023;(3):77–83. DOI 10.35266/2312-377X-2023-3-77-83.

ВВЕДЕНИЕ

В повседневной жизнедеятельности человека ходьба является наиболее частым, используемым в течение дня, произвольным движением. Это одно из основных достижений человеческого организма, проявляющееся «...способностью к передвижению в пространстве» [1, с. 54]. Потеря этой способности или возникающие нарушения «...вследствие травм или заболеваний, неизбежно приводит к социально-бытовой дезадаптации пациента» [2, с. 91]. Авторы, занимающиеся данной темой, отмечают, что только при условии

нормального функционирования множества различных отделов центральной нервной системы полноценно реализуется такой навык, как ходьба. Ухудшение или отсутствие навыка ходьбы становится «...наиболее частым инвалидизирующим проявлением при нарушениях мозгового кровообращения, травмах головного мозга и др.» [1, с. 54]. Челепно-мозговая травма является одной из самых частых провокаций кровоизлияний в головной мозг. Согласно статистике зафиксированных случаев, больше всего повреждений головы возникает из-за бытовых травм – 60 %,

затем следуют травмы при дорожно-транспортных происшествиях – 30 %, спортивные травмы – 10 %. Зачастую черепно-мозговая травма вызывает такое неврологическое последствие, как нарушение мозгового кровообращения (инфаркт), которое считается проблемой мирового масштаба. Следствием этого являются высокие показатели заболеваемости и смертности, а вслед за ними и инвалидизации населения [3].

По данным исследований, в «...экономически развитых странах смертность от инсульта занимает 2–3 место в структуре общей смертности, и составляет 60–80 человек на 100 000 населения в год» [4]. Опыт восстановительных мероприятий имеет давние традиции. Методы восстановления пациентов как на ранних этапах реабилитации, так и на более поздних (вертикализация и обучение ходьбе в обычных условиях), практически обоснованы, но являются экономически затратными, так как требуют привлечения к реабилитации большого количества медицинских работников.

Применение таких инновационных методик, как «...метод внешней реконструкции ходьбы с применением роботизированных комплексов, обладающих широкими возможностями моделирования степени двигательного участия пациента», – это один из современных подходов реабилитации [5. с. 56]. В связи с этим поиск инновационных, в том числе аппаратных, роботизированных технологий в физической реабилитации больных после перенесенного инсульта является одной из ключевых задач комплексной медицинской реабилитации. Кроме того, это важная составляющая Федерального закона от 21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» и государственной программы развития здравоохранения Российской Федерации до 2025 года, утвержденной Правительством Российской Федерации 24.12.2012 г. [6, 7]. Данный факт позволил медицинским и реабилитационным учреждениям уделять больше внимания внедрению в лечебно-реабилитационный процесс современных инновационных роботизированных технологий и методик.

Одной из технологий по реконструкции навыка ходьбы после перенесенного инсульта является ходьба с применением реабилитационного роботизированного комплекса LokomatPro. Следует отметить, что этот комплекс позволяет осуществлять комбинацию локомоторной терапии с мотивацией и оценкой состояния пациента посредством расширенных инструментов биологической обратной связи и виртуальной реальности, что повышает эффективность терапии. Важной характеристикой комплекса также является то, что он способен проводить тренировки пациентов, минимизируя при этом участие и трудозатраты медицинского персонала [8].

Цель исследования – оценить эффективность восстановления навыков ходьбы пациентов, перенесших черепно-мозговую травму, вызвавшую инсульт, посредством реабилитационных мероприятий на роботизированном комплексе LokomatPro.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в отделении нейрореабилитации Центра нейрореабилитации и патологии речи на базе БУ Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутская клиническая травматологическая больница». Участниками исследования стали 13 пациентов, перенесших инсульт, вызванный черепно-мозговой травмой. Каждому больному была разработана реабилитационная программа на роботизированном комплексе LokomatPro, направленная на восстановление навыка ходьбы. Следует отметить, что пациент допускался к выполнению заданий только в том случае, если сила мышц по шкале Ашфорта не превышала двух баллов.

По назначению врача физической реабилитационной медицины в программу было включено 8 процедур продолжительностью от 15 мин во вводно-подготовительном периоде (1–2 занятия), до 45 мин – к окончанию курса (время варьировалось в зависимости от состояния пациента). Каждому больному индивидуально и в соответствии с его функциональными возможностями подбиралось задание, которое усложнялось по мере его адаптации к физической нагрузке, корректирова-

лись такие условия, как время работы на комплексе, скорость передвижения, поддержка веса и др.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Преимущество проведения реабилитационных мероприятий на инновационных робо-

тизированных комплексах – это наличие протоколов-отчетов, предоставляющих возможность врачу физической реабилитационной медицины или специалисту по физической реабилитации отследить динамику восстановительного процесса пациентов (рис. 1).

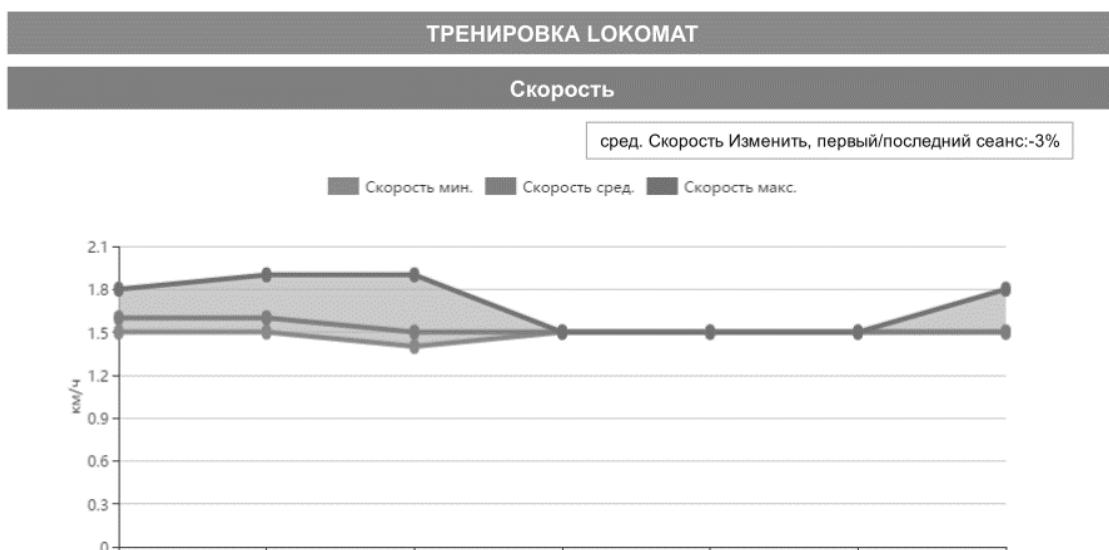


Рис. 1. Пример протокола-отчета занятия пациента на роботизированном реабилитационном комплексе LokomatPro

Индивидуальная реабилитационная программа разрабатывается и устанавливается на роботизированном комплексе в соответствии с назначениями мультидисциплинарного коллектива врачей. Для наибольшей эффективности занятия необходимо точно определить нагрузку и затем управлять дальнейшим его ходом, основываясь на показателях протоколов-отчетов.

Пробная процедура, как и врачебная рекомендация, дает основание для выбора ручного или автоматизированного управления

нагрузкой. Это позволяет управлять весом поддержки, скоростью движения, количеством шагов, выполняемых пациентом за одну процедуру. Вся оперативная информация отражается на мониторе с биологической обратной связью.

Динамика функционального состояния пациентов, а также показателей, характеризующих восстановление навыков ходьбы в процессе реализации реабилитационной программы на роботизированном комплексе LokomatPro, представлены в табл. 1.

Таблица 1
 Результаты пациентов до и после проведения реабилитационных мероприятий на роботизированном комплексе LokomatPro

Пациент	Период	ЧСС ¹ , уд/мин	САД ² , мм рт. ст.	ДАД ³ , мм рт. ст.	R ⁴ , м	R ⁵ , шаг	t ⁶ , мин	V ⁷ , км/ч	Поддержка Р ⁸ , %	Поддержка Р ⁹ , кг
1	до	102,00	122,00	82,00	110,00	188,00	8,00	0,80	54,70	45,00
	после	84,00	118,00	75,00	616,00	1 047,00	20,00	1,80	15,80	13,00
	Δ %	17,60	3,30	8,50	460,00	456,90	150,00	125,00	71,10	71,10
2	до	90,00	151,00	102,00	29,65	50,00	1,84	1,00	73,07	63,00
	после	79,00	145,00	74,00	412,66	838,00	20,10	1,20	36,90	32,00
	Δ %	12,20	4,00	27,50	1 291,80	1 576,00	992,40	20,00	49,50	49,20

Окончание табл. 1

Пациент	Период	ЧСС ¹ , уд/мин	САД ² , мм рт. ст.	ДАД ³ , мм рт. ст.	<i>R</i> ⁴ , м	<i>R</i> ⁵ , шаг	<i>t</i> ⁶ , мин	<i>V</i> ⁷ , км/ч	Поддержка <i>P</i> ⁸ , %	Поддержка <i>P</i> ⁹ , кг
3	до	60,00	116,00	80,00	785,75	1 528,00	29,04	1,60	49,88	36,00
	после	59,00	117,00	80,00	1 064,70	2 220,00	40,49	1,50	47,07	34,00
	Δ %	1,70	0,90	0,00	35,50	45,30	39,40	-6,30	5,60	5,60
4	до	68,00	110,00	60,00	261,51	518,00	10,08	1,50	51,74	36,00
	после	63,00	115,00	75,00	853,21	1 684,00	29,80	1,70	49,59	35,00
	Δ %	7,40	4,50	25,00	226,30	225,10	195,60	13,30	4,20	2,80
5	до	54,0	130,00	84,00	37,10	60,00	1,44	1,50	83,00	66,00
	после	54,0	126,00	80,00	744,10	1 488,00	26,24	1,70	50,71	41,00
	Δ %	0,00	3,10	4,80	1 905,70	2 380,00	1 722,20	13,30	38,90	37,90
6	до	54,00	98,00	74,00	635,11	922,00	23,86	1,60	76,48	67,00
	после	52,00	101,00	70,00	967,32	1 404,00	34,80	1,70	75,31	66,00
	Δ %	3,70	3,10	5,40	52,30	52,30	45,90	6,20	1,50	1,50
7	до	60,00	120,00	70,00	269,60	384,00	9,89	1,60	90,91	59,00
	после	58,00	118,00	70,00	704,59	1 208,00	25,98	1,60	56,34	37,00
	Δ %	3,30	1,70	0,00	161,30	214,60	162,70	0,00	38,00	37,30
8	до	172,00	103,00	74,00	274,62	466,85	30,56	0,50	51,39	51,00
	после	153,00	108,00	72,00	827,91	1 444,00	32,42	1,50	46,81	47,00
	Δ %	11,00	4,90	2,70	201,50	209,30	6,10	200,00	8,90	7,80
9	до	68,00	148,00	74,00	137,84	248,11	15,11	0,50	62,95	41,00
	после	63,00	132,00	74,00	665,94	1 246,00	22,17	1,80	51,55	34,00
	Δ %	7,40	10,80	0,00	383,10	402,20	46,70	260,00	18,10	17,10
10	до	84,00	120,00	80,00	211,42	330,00	11,52	1,10	79,19	55,00
	после	76,00	115,00	75,00	760,38	1 190,00	29,70	1,50	49,80	35,00
	Δ %	9,50	4,20	6,30	259,70	260,60	157,80	36,40	37,10	36,40
11	до	72,00	132,00	88,00	165,50	250,00	6,33	1,50	87,85	54,00
	после	68,00	124,00	84,00	748,48	1 188,00	27,58	1,60	51,15	32,00
	Δ %	5,60	6,10	4,50	352,30	375,20	335,70	6,70	41,80	40,70
12	до	80,00	136,00	65,00	260,78	418,00	12,90	1,20	63,34	57,00
	после	75,00	130,00	85,00	424,68	68,00	17,26	1,40	61,82	56,00
	Δ %	6,30	4,40	30,80	62,80	64,10	33,80	16,70	2,40	1,80
13	до	84,00	123,00	80,00	382,84	796,00	17,01	1,30	65,59	45,00
	после	79,00	117,00	74,00	777,60	1 590,00	27,33	1,70	52,96	36,00
	Δ %	6,00	4,90	7,50	103,10	99,70	60,70	30,80	19,30	20,00

Примечание: ¹ЧСС – частота сердечных сокращений (уд/мин), ²САД – sistолическое артериальное давление (мм рт. ст.), ³ДАД –диастолическое артериальное давление (мм рт. ст.), ⁴*R* (м) – расстояние в метрах, ⁵*R* (шаг) – количество пройденных за занятие шагов, ⁶*t* (мин) – длительность процедуры, ⁷*V* (км/ч) – скорость передвижения, ⁸*P* (%), ⁹*P* (кг) – поддержка весом. Составлено авторами по результатам собственного исследования.

Исходя из полученных данных, следует обозначить, что у всех пациентов произошли положительные сдвиги в восстановлении навыка ходьбы и стабилизации функциональных показателей. При этом необходимо отметить, что за период проведения реабилитационных мероприятий с помощью роботизированного комплекса LokomatPro практически у всех пациентов ориентировочно на третьей и пятой процедурах происходило снижение результатов, которое, возможно, было связано с накопительным эффектом, метеорологическими условиями в дни занятий, общим состоянием больного.

Рассматривая минимальный и максимальный приrostы в результатах, можно отметить, что расстояние в метрах, пройденное за процедуру, увеличилось у всех пациентов.

Прирост в результатах составил от 35,5 % до 1 905,7 % относительно первоначальных значений. Показатель количества шагов, пройденных в течение одного занятия, повысился с минимального значения в группе 50 локомоций за процедуру до 2 220. Максимальный прирост в результатах составил 2 380 %.

Изучая время, затраченное пациентом на выполнение задания, видно, что минимальное время в дебюте составило от 1,44 мин, в конце воздействия – 40,49 мин. В процентном соотношении увеличение времени на выполнение ходьбы составило от 6,1 % до 1 722,2 %.

Минимальная скорость, которую удавалось развивать пациентам на начальном

этапе тренировок, составила 0,5 км/ч. К окончанию реабилитационных мероприятий максимальная скорость, с которой шли некоторые из пациентов, составила уже 1,8 км/ч. В процентном соотношении результаты улучшились от 0 % до 260 %.

В поддержке весом, выраженной в процентах и килограммах, также отмечается положительная динамика. В абсолютной величине (кг) она снизилась с 67 кг до 13 кг, в процентном соотношении – от 1,5 % до 71,1 %, что также является значимым результатом для пациентов.

У ряда пациентов при незначительном изменении длительности процедуры количество шагов увеличилось в несколько раз. Некоторые больные при существенном увеличении расстояния и времени остались на первоначальном уровне поддержки веса.

На основании представленных результатов можно констатировать, что при проведении реабилитационных мероприятий на роботи-

зированном комплексе LokomatPro для пациентов, перенесших инсульт, отмечаются положительные изменения в таких показателях, как расстояние в метрах, количество шагов, длительность процедуры, скорость движения, поддержка веса, систолическое и диастолическое артериальное давление, а также расстояние в метрах и шагах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе проведенной работы подтверждена высокая эффективность восстановления навыков ходьбы пациентов, перенесших черепно-мозговую травму, вызвавшую инсульт, посредством реабилитационных мероприятий на роботизированном комплексе LokomatPro. Требуется проведение дальнейших исследований по конкретизации стратегии реабилитации пациентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата.

Список источников

1. Даминов В. Д. Роботизированная локомоторная терапия в нейрореабилитации // Вестник восстановительной медицины. 2012. № 1. С. 54.
2. Котов Е. А., Друк А. Д., Клыпин Д. Н. Разработка экзоскелета нижних конечностей человека для медицинской реабилитации // Омский научный вестник. 2021. № 4 (178). С. 91.
3. Тихоплав О. А., Иванова В. В., Гурьянова Е. А., Иванов И. Н. Эффективность роботизированной механотерапии комплекса «LokomatPro», перенесших инсульт // Вестник восстановительной медицины. 2019. № 5 (93). С. 57–64.
4. Антонова О. Г. Современное состояние лучевой диагностики инсультов ствола головного мозга // Вестник Российской научного центра рентгенорадиологии : электронный журнал URL: http://vestnik.rncrr.ru/vestnik/v7/papers/ant_v7.htm (дата обращения: 19.09.2023).
5. Изергина Н. В., Богомолов М. А., Олифир М. В. Коррекция походки при ишемическом инсульте методами гидрокинезиотерапии и роботизированного комплекса Локомат // Вопросы профессионального образования лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 13 декабря 2017 года, г. Санкт-Петербург. СПб, 2017. С. 56–58.
6. Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации : фед. закон от 21.11.2011 № 323-ФЗ. Доступ из СПС «КонсультантПлюс».
7. О Стратегии развития здравоохранения в Российской Федерации на период до 2025 года : Указ

References

1. Daminov V. D. Robotizirovannaya lokomotornaia terapiia v neiroreabilitatsii. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2012;(1):54–59. (In Russian).
2. Kotov E. A., Druk A. D., Klypin D. N. Razrabotka ekzoskeleta nizhnikh konechnoet cheloveka dlja meditsinskoi reabilitatsii. *Omsk Scientific Bulletin*. 2021;(4):91–97. (In Russian).
3. Tikhoplav O. A., Ivanova V. V., Gurianova E. A., Ivanov I. N. Effektivnost robotizirovannoj mekhanoterapii kompleksa “LokomatPro”, perenesshikh insult. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2019;(5):57–64. (In Russian).
4. Antonova O. G. Sovremennoe sostoianie luchevoi diagnostiki insultov stvola golovnogo mozga. *Vestnik Rossiiskogo nauchnogo tsentra rentgenoradiologii*. 2007;(7). URL: http://vestnik.rncrr.ru/vestnik/v7/papers/ant_v7.htm (accessed: 19.09.2023). (In Russian).
5. Izergina N. V., Bogomolov M. A., Olifir M. V. Korrektsiia pokhodki pri ishemiceskem insulte metodami gidrokinezioterapii i robotizirovannogo kompleksa Lokomat. In: *Proceedings of the International Research-to-Practice Conference “Voprosy professionalnogo obrazovaniia lits s ogranicennymi vozmozhnostiami zdorovia i invalidov”*, December 13, 2017, Saint Petersburg. 2017. p. 56–58. (In Russian).
6. Federal Law of November 21, 2011 No. 323-FZ “On Fundamental Healthcare Principles in the Russian Federation”, as amended on August 3, 2018. Accessed through Law assistance system “Consultant Plus”. (In Russian).

- Президента РФ от 06.06.2019 № 254 (с изменениями и дополнениями). Доступ из СПС «Гарант».
8. Белова А. Н., Борзиков В. В., Кузнецов А. Н., Рукина Н. Н. Роботизированные устройства в нейрореабилитации: состояние вопроса // Вестник восстановительной медицины. 2018. № 2 (84). С. 94–107.
7. Executive Order of the President of the Russian Federation of June 6, 2019 No. 254 "On the Strategy of Health Development in the Russian Federation till 2025". Accessed through Law assistance system "Garant". (In Russian).
8. Belova A. N., Borzikov V. V., Kuznetsov A. N., Rukina N. N. Robotic devices in neurorehabilitation: review. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2018;(2):94–107. (In Russia).

Информация об авторах

- И. Э. Юденко** – кандидат педагогических наук, доцент.
- А. И. Попова** – магистрант; инструктор-методист ЛФК.
- Ю. Е. Викторова** – врач физической реабилитационной медицины, невролог.
- Н. В. Минникаева** – кандидат педагогических наук, доцент.

Information about the authors

- Irina E. Yudenko** – Candidate of Sciences (Pedagogy), Docent.
- Arina I. Popova** – Master's Degree Student, Exercise Physiologist.
- Yulia E. Viktorova** – Doctor in Physical and Rehabilitation Medicine, Neurologist.
- Natalia V. Minnikaeva** – Candidate of Sciences (Pedagogy), Docent.