

ОБЗОР

© ГРОХОВСКИЙ С.С., КУБРЯК О.В., 2018

УДК 615.825.03:616.831-005-036.11-036.86

Гроховский С.С.¹, Кубряк О.В.²**К ВОПРОСУ О «ДОЗЕ» ДВИГАТЕЛЬНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПОСЛЕ ИНСУЛЬТА: ОБЗОР**¹Исследовательский центр МЭРА, 115088, Москва, Россия;²ФГБУН «НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина», 125315, Москва, Россия

По данным регламентирующих документов и опубликованных исследований, время в стационаре для реабилитационных мероприятий после инсульта в течение одного этапа составляет 10–30 ч и более на одного пациента. При этом надёжная оценка необходимого объёма двигательной реабилитации, моторного обучения остаётся на сегодня актуальной сложной задачей, требующей особого внимания исследователей и консенсусных решений для получения ясных обоснований выбора вида и режима занятий, повышения эффективности принимаемых мер.

Ключевые слова: *постинсультная реабилитация; двигательная реабилитация; моторный контроль; моторное обучение; нейропластичность; восстановительные упражнения; вертикальная поза; опорные реакции; дозирование нагрузок.*

Для цитирования: Гроховский С.С., Кубряк О.В. К вопросу о «дозе» двигательной реабилитации после инсульта: обзор. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. 2018; 17(2): 66–71.
DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/1681-3456-2018-17-2-66-71>.

Для корреспонденции: Кубряк Олег Витальевич, д-р биол. наук, зав. лаб. физиологии функциональных состояний человека ФГБУН «НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина», Москва. E-mail: o.kubryak@nphys.ru

Grokhovsky S.S.¹, Kubryak O.V.²**TOWARDS THE QUESTION OF «DOSE» MOTOR REHABILITATION AFTER STROKE: REVIEW**¹Research Centre MERA, 115088, Moscow, Russia;²P.K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology, 125315, Moscow, Russia

According to regulatory documents and published studies, the time in the hospital for rehabilitation after a stroke during one stage is 10–30 hours or more per patient. At the same time, a reliable assessment of the required volume of motor rehabilitation and motor training remains an actual and complex task, which requires special attention of researchers and consensus solutions in order to obtain clear justifications for choosing the type and mode of employment, and to improve the effectiveness of the measures taken.

Key words: *post-stroke rehabilitation; motor rehabilitation; motor control; motor training; neuroplasticity; rehabilitation exercises; vertical posture; supporting reactions; dosing of loads.*

For citation: Grokhovsky S.S., Kubryak O.V. Towards the question of «dose» motor rehabilitation after stroke: review. *Fizioterapiya, Bal'neologiya i Reabilitatsiya (Russian Journal of the Physical Therapy, Balneotherapy and Rehabilitation)*. 2018; 17(2): 66–71. (In Russ.).
DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/1681-3456-2018-17-2-66-71>.

For correspondence: Kubryak Oleg Vitalievich, PhD, DSc, Head of Laboratory of physiology of human functional states, P.K. Anokhin Institute of Normal Physiology, Moscow. E-mail: o.kubryak@nphys.ru.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.
Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

Received 3 May 2018
Accepted 15 May 2018

О постинсультной реабилитации в широком смысле можно рассуждать как об адаптации [1]. При этом вопросы нейропластичности [2], моторного обучения [3] в новых (постинсультных) условиях представляют собой базовые проблемы для клиники. Актуальной задачей является определение оптимальной структуры и дозирования, объёма двигательной нагрузки для адекватного восстановления функциональности конечностей и баланса тела. Наблюдения на здоровых

добровольцах [4] указывают на различие нейронных механизмов моторного обучения и переноса функциональности к парной конечности. О сложной организации процесса свидетельствуют, кроме прочего, данные о взаимодействии нейронных сетей, управляющих движением верхних и нижних конечностей [5]. К последнему, полагаем, также следует отнести наши сведения о сходстве «почерка движений» при выполнении одинаковой двигательной задачи руками или ногами [6].

При этом мало исследованной проблемой остаются взаимосвязи между числом необходимых повторений, общим объёмом двигательной нагрузки, структурой нагрузки и достижением приемлемой функциональности [7]. Нет достаточной ясности в вопросе о том, за счёт каких именно нейронных механизмов и при каких условиях (в том числе при каком режиме включения конечностей) лучше достигается цель двигательной реабилитации. Считаем, что развитие теоретической базы позволит также более эффективно оценивать реабилитационный потенциал.

К очевидным прикладным аспектам следует отнести, например, определение оптимального формата и длительности занятий с биологической обратной связью по опорной реакции (на однокомпонентной силовой платформе – стабилотеле [8]), занятий с «экзоскелетами» верхних конечностей [9] для других инструментальных способов реабилитации, т.к., в отличие от фармакологического влияния или некоторых мануальных воздействий, психотерапии здесь обычно нет ощутимого пациентом быстрого изменения состояния, что может иногда вызывать сомнения в эффективности. Соответственно, мнения о пользе занятий, например с биологической обратной связью по опорной реакции, могут различаться, как и структура занятий [10]. Наиболее вероятное, на наш взгляд, объяснение – различия в выборе упражнений, структуре и объёме занятий, а также проблемы с надёжной оценкой реабилитационного потенциала. Неверный подбор «дозы» занятий и слабое качество мониторинга состояния пациента могут, по нашему мнению, быть связаны и с демотивацией самого реабилитолога, не «чувствующего» должной отдачи от проводимого курса упражнений. Таким образом, цель данного краткого обзора – дополнительно актуализировать поиск оптимальных режимов моторного обучения, обоснования необходимого объёма реабилитационных упражнений после инсульта, представить ориентирующую информацию по обозначенной проблематике.

Материал и методы

Поиск источников проводился в Национальной медицинской библиотеке Института здравоохранения США¹ (глубина поиска – 5 лет). Также использовались сервисы Российской государственной библиотеки² и Научной электронной библиотеки³, ресурсы отечественных (Союз реабилитологов России⁴) и иностранных профильных сообществ, ВОЗ. Применялись русские или английские эквиваленты ключевых слов: постинсультная реабилитация, моторное обучение, нейропластичность, нейронная адаптация и иные. Из первоначально отобранных 417 источников дальнейший отбор выполнялся на основе изучения содержания с учётом теорий двигательного контроля и представлений о нейропластичности [11], имплицитного знания, а также результатов ранее проведённого анализа научной области, связанной с применением распространённых

инструментальных средств реабилитации – силовых платформ [12]. Акцент делался на изучении определяющих практику документов и систематических обзоров.

Стандартный объём двигательной реабилитации в стационаре

Действующей на момент подготовки обзора документальной базой системы медицинской реабилитации в России является приказ МЗ РФ № 1705н от 29.12.2012 «О порядке организации медицинской реабилитации», который трансформируется и совершенствуется [13]. В обновляемых положениях порядка устанавливается, что «продолжительность мероприятий по медицинской реабилитации в течение дня определяется тяжестью нарушений функций и ограничения жизнедеятельности пациента в каждый конкретный момент времени выполнения индивидуальной программы медицинской реабилитации». При этом «в специализированном отделении по профилю оказываемой медицинской помощи пациент должен получать ежедневно не менее 1 ч, но не более 3 ч реабилитации (режим среднеинтенсивной реабилитации)», а в режиме «интенсивной реабилитации» – не менее 3 ч [13]. С учетом того, что длительность мероприятий по индивидуальной программе реабилитации составляет не менее 10 дней для каждого этапа (на 1-м и 2-м этапах – ежедневно, на 3-м – не реже чем 1 раз в 2 сут), можно примерно оценить общую длительность реабилитационных мероприятий, т. е. для 1-го и 2-го этапов это составит от 10 до 30 ч. Условное распределение этого времени на логопедическую, психотерапевтическую, двигательную и иные виды реабилитации зависит от индивидуальной программы. Таким образом, с учётом некоторой условности разделения разных видов реабилитационной помощи длительность чисто двигательных упражнений составит только какую-то часть указанного общего времени.

Европейская база, например «White Book on physical and rehabilitation medicine in Europe» [14], также не предполагает жёсткой детерминации длительности преимущественно двигательных упражнений, ориентируя процесс на работу мультидисциплинарной бригады, индивидуализацию реабилитационных программ.

Североамериканский подход [15] представляется формально наиболее развитым – в целом европейская и отечественная методология в области реабилитации, как можно полагать, во многом ориентируются на него.

По обобщённым данным из различных зарубежных источников, среднее время на реабилитацию пациента в стационаре составляет примерно 33 ч [7]. Формирование двигательного навыка (обучение), понимаемого как изменение временной и пространственной организации мышечных синергий для точной организации движения, требует многих повторений [16]. Однако прямой перенос в клинику нейрофизиологических данных, полученных на животных моделях [17]), не всегда возможен. Таким образом, сегодня при определении «обычного» времени двигательной реабилитации (обоснованного, вероятно, разными обстоятельствами, в том числе организационными) вопрос дозирования

¹ URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>.

² URL: <http://www.rsl.ru>.

³ URL: <http://www.elibrary.ru>.

⁴ URL: <http://www.rehabrus.ru>.

действительно необходимого объёма упражнений остаётся мало исследованным.

Зависимость результата от объёма занятий

Метаанализ профильных наблюдений указывает на то, что различия в общем объёме занятий для терапии скорее связаны с изменениями частоты и интенсивности упражнений, но при этом большее общее время для реабилитации (объём занятий) соответствовало лучшим результатам [7]. Имеются данные, что повторные курсы двигательной реабилитации, например с применением «экзоскелета» кисти, позволяли достичь лучших результатов, чем единственный [9]. Иными словами, повышению функциональности чаще соответствует больший объём тренировочных занятий, большее число повторений, выбор подходящего режима.

Рассматривая аналогии, следует отметить, что подобные вопросы актуальны в спорте и фитнесе при определении наиболее эффективных подходов к тренировкам [18]. В клинической практике, например при подборе режима реабилитационных нагрузок, выбор видеоигр может рассматриваться с точки зрения обеспечения более активных движений пациента и большего числа повторов [19]. Во многих исследованиях параметры дозирования, число повторов не определены, хотя анализ данных указывает на положительную умеренную зависимость доза–реакция. При этом более длительная плановая терапия, как полагают, может оказаться нецелесообразной в первые несколько часов, дней или даже недель после инсульта [20]. Таким образом, понимание связи между дозой и реакцией в процессе двигательной реабилитации, дальнейшее изучение характера и особенностей такой связи, определение оптимального режима нагрузок должны способствовать повышению эффективности терапии. Следует отметить получающий распространение взгляд на увеличение общего объёма нагрузок и числа повторений как на меру повышения эффективности двигательной реабилитации.

Поиск консенсуса

В данном контексте обсуждается возможность тематического моделирования необходимого режима двигательной реабилитации, связанного с количественными показателями сенсомоторного обучения [21]. Актуальность обобщенной базы данных о постинсультной реабилитации [22], на наш взгляд, связана с возможностью улучшения качества исследований, более надёжного анализа различных способов и режимов реабилитации, ясного обоснования при выборе методики. Важной задачей является выработка консенсуса в данной области [23]. Обсуждение и построение исследовательских усилий требует развития теории, соответствующего обоснования способов контроля процедур [24], уточнения и выбора надёжных маркёров состояний пациентов [25].

Полагаем, что одним из базовых вопросов при сравнении и обсуждении различных режимов двигательной реабилитации является обеспечение возможности сравнения, сопоставления разных упражнений, что достижимо при введении надлежащих классификаций.

Например, разработанная ранее классификация тренировок с биологической обратной связью по опорной реакции [26] представляется нам достаточно универсальной, чтобы обеспечить приемлемо однозначное определение типа упражнения на различных силовых платформах, в разных программных средах независимо от особенностей оборудования того или иного производителя и реализуемых методик. К положительным сторонам применения силовых платформ для реабилитации относим достижение соответствующего консенсуса, первого в отечественной практике [8]. Аналогичные меры, достижение консенсуса специалистов, по нашему мнению, необходимы для различных типов приборных методик реабилитации – с использованием оборудования, действующего на различных принципах (например, биоуправление, основанное на электрических сигналах от скальпа конечностей, различные виды механотерапии и др.).

Селекция оптимальных практик

Сегодня распространено мнение, что использование элементов виртуальной реальности [27] для двигательной реабилитации после инсульта имеет преимущества перед традиционными практиками. К таким преимуществам обычно относят достижение большего числа целенаправленных движений в процессе тренинга; ощущение «присутствия» и связанного с этим чувства «контроля», взаимодействий в заданной среде; общее повышение эффективности моторного обучения [28]. С точки зрения ряда концепций двигательного контроля (например, активного переобучения) просто лечебная гимнастика не всегда может сочетать три предпосылки успешной терапии: приближение к реальной среде, возможность явного контроля ошибок, активное вовлечение в процесс [11]. Упражнения с биологической обратной связью, в том числе по опорной реакции, позволяют создавать условия, необходимые для эффективного моторного обучения.

При обобщении результатов 21 рандомизированного контролируемого исследования для сравнения эффективности восстановления баланса тела и походки после инсульта в режиме тренировок с использованием элементов виртуальной реальности и без него обнаружено преимущество первых, хотя разнообразие применявшихся в разных исследованиях подходов накладывает на выводы некоторые ограничения [29]. В другом систематическом обзоре рандомизированных контролируемых исследований, опубликованных в 2006–2015 гг., предложены умеренные (по мнению самих авторов) доказательства в поддержку того, что обучение с использованием виртуальной реальности является эффективным дополнением к стандартным реабилитационным программам для улучшения баланса после инсульта [30]. Ещё в одном метаанализе отмечены преимущества применения виртуальной реальности для восстановления равновесия. При этом из 20 выделенных публикаций в 7 случаях речь шла об использовании игровой системы «Nintendo Wii Fit balance board», в следующих 7 – тредмила с виртуальной реальностью и ещё в 6 – постуральных тренировок с виртуальной реальностью. Авторы полагают, что результаты, указываю-

шие на возможно меньшую эффективность игровой системы «Nintendo» в сравнении с остальными, следует интерпретировать с осторожностью из-за различий в интенсивности терапии и других различий во включённых в обзор исследованиях [31]. Другие авторы сообщают о достоинствах применения системы «Nintendo» [32], т.е., вероятно, при оценке тех или иных коммерческих решений следует учитывать много возможных причин для различных выводов, включая разнообразие применяемых видеоигр, способов [33] и интенсивности занятий. Имеется много публикаций о применении и других коммерческих игровых решений, например «Microsoft» [34]. Полагаем, что разнообразное рассмотрение эффектов и подходов для наиболее распространённых в постинсультной реабилитации коммерческих игровых систем следует иметь в виду при сравнительном анализе технических и методических решений разных производителей оборудования.

В другом обзоре при рассмотрении обычных практик тренировок с виртуальной реальностью установлено, что в большинстве исследований использовались тренировочные сессии продолжительностью 40–60 мин, в некоторых исследованиях – более короткие, до 20 мин. При этом частота тренировок варьировалась от 2 до 5 раз в неделю, а общая длительность курса – от 2 до 8 нед. Таким образом, на практике применялся широкий диапазон курсовых тренировок – от 2 до 22 ч. К «типичным дозам» можно было отнести сеансы по 40–60 мин 3–5 раз в неделю в течение 3–6 нед [35]. К возможным преимуществам тренировок с виртуальной реальностью в сравнении с обычной практикой, проявляющимся улучшением показателей баланса тела и походки, в данном случае были отнесены следующие особенности: повторяемость занятий, повышение вовлечённости и мотивация пациентов, наличие дополнительной обратной связи. Похожие выводы делают и другие авторы [36].

Очевидной перспективой применения систем с виртуальной реальностью для постинсультной реабилитации являются дистанционные занятия [37]. Здесь также предстоит разработать оптимальные практики. Например, рассматривается как успешный курс для восстановления баланса из 20 занятий по 45 мин в телережиме с частотой 3 раза в неделю [38]. Можно полагать, что развитие дистанционных методик позволит обеспечить наиболее подходящий для достижения требуемой функциональности или её поддержания объём занятий.

Таким образом, сегодня применение элементов виртуальной реальности для постинсультной реабилитации, вероятно, следует считать одним из признаков прогрессивных практик. При этом сложными проблемами остаются определение подходящих структуры и объёма занятий, включая такой общий для медицинской реабилитации вопрос, как режим повышения нагрузок [39].

Заключение

ВОЗ отмечает, что «реабилитационные услуги являются неотъемлемой частью охраны здоровья наряду с профилактикой, пропагандой здорового образа жизни, лечением и паллиативной помощью и должны рассма-

триваться в качестве ключевого компонента комплексного медицинского обслуживания» [40]. На наш взгляд, кроме организационных, экономических и политических предпосылок, отмечаемых ВОЗ, важным аспектом для развития медицинской реабилитации является повышение качества собственно методических решений, т.е. развитие технологий должно обеспечивать и повышение доступности, и качество медицинской реабилитации. Считаем, что достижение прогресса в данном случае возможно, в том числе путём объединения усилий специалистов для выработки решений в ключевых областях, междисциплинарным рассмотрением проблем, достижением консенсуса. Фокусировка внимания на методических вопросах двигательной реабилитации после инсульта представляется нам особенно важной.

По итогам данного краткого обзора полагаем возможным выделить следующие позиции, требующие сегодня, на наш взгляд, особого внимания и изучения:

- уточнение стандартного, необходимого для достижения приемлемого результата общего объёма («дозы») двигательных процедур;
- определение оптимального режима моторного обучения, включая динамику повышения нагрузок и число повторений;
- применение рациональных классификаций процедур, достижение договорённостей специалистов, что позволило бы более надёжно сопоставлять результаты, полученные в разных наблюдениях, с применением оборудования различных производителей и разнообразных методик.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Belagaje S.R. Stroke rehabilitation. Continuum (Minneapolis). *Cerebrovasc. Dis.* 2017; 23(1): 238–253.
2. Дамулин И.В., Екушева Е.В. Клиническое значение феномена нейропластичности при ишемическом инсульте. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии.* 2016; (1): 57–64.
3. Dimyan M.A., Cohen L.G. Neuroplasticity in the context of motor rehabilitation after stroke. *Nat. Rev. Neurol.* 2011; 7(2): 76–85.
4. Stöckel T., Carroll T.J., Summers J.J., Hinder M.R. Motor learning and cross-limb transfer rely upon distinct neural adaptation processes. *J. Neurophysiol.* 2016; 116(2): 575–86.
5. Селионов В.А., Солопова И.А., Жванский Д.С. Активация межконечностных связей повышает моторный выход в ногах у здоровых испытуемых: исследование в условиях нагрузки рук и ног. *Физиология человека.* 2016; 42(1): 52–63.
6. Кубряк О.В., Ковалева А.В., Горбачева А.К., Гроховский С.С., Бирюкова Е.А., Панова Е.Н. Особенности достижения результата в задаче с биологической обратной связью по опорной реакции при изменении способа исполнения. *Материалы XXIII съезда Физиологического общества имени И.П. Павлова.* Воронеж; 2017: 298–9.
7. Lohse K.R., Lang C.E., Boyd L.A. Is more better? Using metadata to explore dose-response relationships in stroke rehabilitation. *Stroke.* 2014; 45(7): 2053–8.
8. Московский консенсус по применению стабилотрии и биоправления по опорной реакции в практическом здравоохранении и исследованиях / НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина. М.; 2017. <http://moscowstabilometryconsensus.ru>.

9. Котов С.В., Бирюкова Е.В., Турбина Л.Г., Кондур А.А., Зайцева Е.В. Динамика восстановления у пациентов с постинсультными двигательными нарушениями при повторных курсах нейрореабилитации с экзоскелетом кисти, управляемого интерфейсом «мозг–компьютер». *Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова*. 2017; 67(4): 445–52.
10. Ястребцева И.П., Кривоногов В.А. Стабилометрический тренинг с использованием биологической обратной связи различной модальности: анализ результатов. *Доктор.Ру*. 2018; (1): 16–20.
11. Черникова Л.А. (ред.) *Восстановительная неврология: Инновационные технологии в нейрореабилитации*. М.: 2016: 61–122.
12. Кубряк О.В., Кривошей И.В. Анализ научной области на примере обзора диссертационных работ. *Мониторинг общественного мнения: Экономические и социальные перемены*. 2016; (6): 52–68.
13. Союз реабилитологов России. Материалы. Порядок организации медицинской реабилитации. URL: <https://rehabrus.ru/materialyi/poryadok-organizacii-meditsinskoj-reabilitacii-1705.html>.
14. White Book on physical and rehabilitation medicine in Europe. *Eur. J. Phys. Rehab. Med.* 2018; 54(2): 177–85.
15. Guidelines for adult stroke rehabilitation and recovery. A Guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association, 2016. URL: <https://www.aan.com/Guidelines/Home/GetGuidelineContent/744>.
16. Nudo R.J. Recovery after brain injury: mechanisms and principles. *Front. Hum. Neurosci.* 2013; 7: 887.
17. Darling W.G., Morecraft R.J., Rotella D.L., Pizzimenti M.A., Ge J., Stilwell-Morecraft K.S. et al. Recovery of precision grasping after motor cortex lesion does not require forced use of the impaired hand in Macaca mulatta. *Exp. Brain Res.* 2014; 232(12): 3929–38.
18. Taylor J., Macpherson T., Spears I., Weston M. The effects of repeated-sprint training on field-based fitness measures: a meta-analysis of controlled and non-controlled trials. *Sports Med.* 2015; 45(6): 881–91.
19. Peters D.M., McPherson A.K., Fletcher B., McClenaghan B.A., Fritz S.L. Counting repetitions: an observational study of video game play in people with chronic poststroke hemiparesis. *J. Neurol. Phys. Ther.* 2013; 37(3): 105–11.
20. Lang C.E., Lohse K.R., Birkenmeier R.L. Dose and timing in neurorehabilitation: prescribing motor therapy after stroke. *Curr. Opin. Neurol.* 2015; 28(6): 549–55.
21. Reinkensmeyer D.J., Burdet E., Casadio M., Krakauer J.W., Kwakkel G., Lang C.E. et al. Computational neurorehabilitation: modeling plasticity and learning to predict recovery. *J. Neuroeng. Rehabil.* 2016; 13(1): 42.
22. Lohse K.R., Schaefer S.Y., Raikes A.C., Boyd L.A., Lang C.E. Asking new questions with old data: The centralized open-access rehabilitation database for stroke. *Front. Neurol.* 2016; 7: 153.
23. Bernhardt J., Borschmann K., Boyd L., Thomas Carmichael S., Corbett D., Cramer S.C. et al. Moving rehabilitation research forward: Developing consensus statements for rehabilitation and recovery research. *Int. J. Stroke*. 2016; 11(4): 454–8.
24. Walker M.F., Hoffmann T.C., Brady M.C., Dean C.M., Eng J.J., Farrin A.J. et al. Improving the development, monitoring and reporting of stroke rehabilitation research: Consensus-based core recommendations from the Stroke Recovery and Rehabilitation Roundtable. *Int. J. Stroke*. 2017; 12(5): 472–9.
25. Boyd L.A., Hayward K.S., Ward N.S., Stinear C.M., Rosso C., Fisher R.J. et al. Biomarkers of stroke recovery: consensus-based core recommendations from the Stroke Recovery and Rehabilitation Roundtable. *Int. J. Stroke*. 2017; 12(5): 480–93.
26. Кубряк О.В., Гроховский С.С., Исакова Е.В., Котов С.В. *Биологическая обратная связь по опорной реакции: методология и терапевтические аспекты*. М.: 2015.
27. Кубряк О.В., Панова Е.Н. Определение понятий виртуальной реальности в медицинской реабилитации. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. 2017. 16(2): 70–72.
28. Corbetta D., Imeri F., Gatti R. Rehabilitation that incorporates virtual reality is more effective than standard rehabilitation for improving walking speed, balance and mobility after stroke: a systematic review. *J. Physiother.* 2015; 61(3): 117–24.
29. de Rooij I.J., van de Port I.G., Meijer J.G. Effect of virtual reality training on balance and gait ability in patients with stroke: systematic review and meta-analysis. *Phys. Ther.* 2016; 96(12): 1905–18.
30. Chen L., Lo W.L., Mao Y.R., Ding M.H., Lin Q., Li H. et al. Effect of virtual reality on postural and balance control in patients with stroke: a systematic literature review. *Biomed. Res. Int.* 2016; 2016: 7309272.
31. 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.
32. 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): 923–32.
33. Bower K.J., Clark R.A., McGinley J.L., Martin C.L., Miller K.J. Clinical feasibility of the Nintendo Wii™ for balance training post-stroke: a phase II randomized controlled trial in an inpatient setting. *Clin. Rehabil.* 2014; 28(9): 912–23.
34. Clark R.A., Pua Y.H., Oliveira C.C., Bower K.J., Thilarajah S., McGaw R. et al. Reliability and concurrent validity of the Microsoft Xbox One Kinect for assessment of standing balance and postural control. *Gait Posture*. 2015; 42(2): 210–3.
35. Darekar A., McFadyen B.J., Lamontagne A., Fung J. Efficacy of virtual reality-based intervention on balance and mobility disorders post-stroke: a scoping review. *J. Neuroeng. Rehabil.* 2015; 12: 46.
36. Gibbons E.M., Thomson A.N., de Noronha M., Joseph S. Are virtual reality technologies effective in improving lower limb outcomes for patients following stroke – a systematic review with meta-analysis. *Top Stroke Rehabil.* 2016; 23(6): 440–57.
37. Снопков П.С., Лядов К.В., Шаповаленко Т.В., Сидякина И.В. Дистанционная реабилитация: истоки, состояние, перспективы. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. 2016. 15(3): 141–5.
38. Lloréns R., Noé E., Colomer C., Alcañiz M. Effectiveness, usability, and cost-benefit of a virtual reality-based telerehabilitation program for balance recovery after stroke: a randomized controlled trial. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2015; 96(3): 418–25.
39. Squires R.W., Kaminsky L.A., Porcari J.P., Ruff J.E., Savage P.D., Williams M.A. Progression of exercise training in early outpatient cardiac rehabilitation: An official statement from the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. *J. Cardiopulm. Rehabil. Prev.* 2018; 38(3): 139–46.
40. WHO: Rehabilitation 2030: A call for action, 2017. URL: <http://www.who.int/disabilities/care/rehab-2030/en>.

REFERENCES

1. Belagaje S.R. Stroke rehabilitation. Continuum (Minneapolis). *Cerebrovasc. Dis.* 2017; 23(1): 238–253.
2. Damulin I.V., Ekusheva E.V. Clinical significance of the phenomenon of neuroplasticity in ischemic stroke. *Annals of clinical and experimental neurology*. 2016; (1): 57–64. (In Russ.)
3. Dimyan M.A., Cohen L.G. Neuroplasticity in the context of motor rehabilitation after stroke. *Nat. Rev. Neurol.* 2011; 7(2): 76–85.
4. Stöckel T., Carroll T.J., Summers J.J., Hinder M.R. Motor learning and cross-limb transfer rely upon distinct neural adaptation processes. *J. Neurophysiol.* 2016; 116(2): 575–86.
5. Selionov V.A., Solopova I.A., Zhvansky D.S. The activation of the interfascicular bonds increases the motor output in the legs in healthy subjects: a study in conditions of unloading of hands and feet. *Fiziologiya cheloveka*. 2016; 42(1): 52–63. (In Russ.)

6. Kubryak O.V., Kovaleva A.V., Gorbacheva A.K., Grokhovsky S.S., Biryukova E.A., Panova E.N. Peculiarities of achieving the result in a problem with a biological feedback on the reference reaction when the execution mode changes. *Materials of the XXIII Congress of the Physiological Society named after I.P. Pavlova [Materialy XXIII s'ezda Fiziologicheskogo obshchestva imeni I.P. Pavlova]*. Voronezh; 2017: 298–9. (In Russ.)
7. Lohse K.R., Lang C.E., Boyd L.A. Is more better? Using meta-data to explore dose-response relationships in stroke rehabilitation. *Stroke*. 2014; 45(7): 2053–8.
8. Moscow Consensus on the use of stabilometry and biofeedback for the reference reaction in practical public health and research / P.K. Anokhin Institute of Normal Physiology. Moscow; 2017. <http://moscowstabilometryconsensus.ru>. (In Russ.)
9. Kotov S.V., Biryukova E.V., Turbina L.G., Kondur A.A., Zaitseva E.V. Dynamics of recovery in patients with post-stroke motor impairment during repeated courses of neurorehabilitation with exoskeleton of the brush controlled by the brain-computer interface. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatel'nosti im. I.P. Pavlova*. 2017; 67(4): 445–52. (In Russ.)
10. Yastrebtseva I.P., Krivonogov V.A. Stabilometric training using biofeedback of different modalities: analysis of results. *Doktor. Ru*. 2018; (1): 16–20. (In Russ.)
11. Chernikova L.A. (ed.) *Restorative neurology: innovative technologies in neurorehabilitation [Vosstanovitel'naya nevrologiya: innovatsionnyye tekhnologii v neyroreabilitatsii]*. Moscow; 2016: 61–122. (In Russ.)
12. Kubryak O.V., Krivoshey I.V. Analysis of the scientific field on the example of a review of dissertations. *Monitoring obshchestvennogo mneniya: Ekonomicheskiye i sotsial'nyye peremeny*. 2016; (6): 52–68. (In Russ.)
13. Union of Rehabilitologists of Russia. Materials. The order of organization of medical rehabilitation. URL: <https://rehabrus.ru/materialyi/poryadok-organizacii-meditsinskoj-reabilitatsii-1705.html>. (In Russ.)
14. White Book on physical and rehabilitation medicine in Europe. *Eur. J. Phys. Rehab. Med.* 2018; 54(2): 177–85.
15. Guidelines for adult stroke rehabilitation and recovery. A Guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association, 2016. URL: <https://www.aan.com/Guidelines/Home/GetGuidelineContent/744>.
16. Nudo R.J. Recovery after brain injury: mechanisms and principles. *Front. Hum. Neurosci.* 2013; 7: 887.
17. Darling W.G., Morecraft R.J., Rotella D.L., Pizzimenti M.A., Ge J., Stilwell-Morecraft K.S. et al. Recovery of precision grasping after motor cortex lesion does not require forced use of the impaired hand in Macaca mulatta. *Exp. Brain. Res.* 2014; 232(12): 3929–38.
18. Taylor J., Macpherson T., Spears I., Weston M. The effects of repeated-sprint training on field-based fitness measures: a meta-analysis of controlled and non-controlled trials. *Sports Med.* 2015; 45(6): 881–91.
19. Peters D.M., McPherson A.K., Fletcher B., McClenaghan B.A., Fritz S.L. Counting repetitions: an observational study of video game play in people with chronic poststroke hemiparesis. *J. Neurol. Phys. Ther.* 2013; 37(3): 105–11.
20. Lang C.E., Lohse K.R., Birkenmeier R.L. Dose and timing in neurorehabilitation: prescribing motor therapy after stroke. *Curr. Opin. Neurol.* 2015; 28(6): 549–55.
21. Reinkensmeyer D.J., Burdet E., Casadio M., Krakauer J.W., Kwakkel G., Lang C.E. et al. Computational neurorehabilitation: modeling plasticity and learning to predict recovery. *J. Neuroeng. Rehabil.* 2016; 13(1): 42.
22. Lohse K.R., Schaefer S.Y., Raikes A.C., Boyd L.A., Lang C.E. Asking new questions with old data: The centralized open-access rehabilitation database for stroke. *Front. Neurol.* 2016; 7: 153.
23. Bernhardt J., Borschmann K., Boyd L., Thomas Carmichael S., Corbett D., Cramer S.C. et al. Moving rehabilitation research forward: Developing consensus statements for rehabilitation and recovery research. *Int. J. Stroke*. 2016; 11(4): 454–8.
24. Walker M.F., Hoffmann T.C., Brady M.C., Dean C.M., Eng J.J., Farrin A.J. et al. Improving the development, monitoring and reporting of stroke rehabilitation research: Consensus-based core recommendations from the Stroke Recovery and Rehabilitation Roundtable. *Int. J. Stroke*. 2017; 12(5): 472–9.
25. Boyd L.A., Hayward K.S., Ward N.S., Stinear C.M., Rosso C., Fisher R.J. et al. Biomarkers of stroke recovery: consensus-based core recommendations from the Stroke Recovery and Rehabilitation Roundtable. *Int. J. Stroke*. 2017; 12(5): 480–93.
26. Kubryak O.V., Grokhovsky S.S., Isakova E.V., Kotov S.V. *Biological feedback on the basic reaction: methodology and therapeutic aspects [Biologicheskaya obratnaya svyaz' po opornoy reaksii: metodologiya i terapevticheskiye aspekty]*. Moscow; 2015. (In Russ.)
27. Kubryak O.V., Panova E.N. Definition of the concepts of virtual reality in medical rehabilitation. Physiotherapy, balneology and rehabilitation. *Fizioterapiya, bal'neologiya i reabilitatsiya*. 2017. 16(2): 70–72. (In Russ.)
28. Corbetta D., Imeri F., Gatti R. Rehabilitation that incorporates virtual reality is more effective than standard rehabilitation for improving walking speed, balance and mobility after stroke: a systematic review. *J. Physiother.* 2015; 61(3): 117–24.
29. de Rooij I.J., van de Port I.G., Meijer J.G. Effect of virtual reality training on balance and gait ability in patients with stroke: systematic review and meta-analysis. *Phys. Ther.* 2016; 96(12): 1905–18.
30. Chen L., Lo W.L., Mao Y.R., Ding M.H., Lin Q., Li H. et al. Effect of virtual reality on postural and balance control in patients with stroke: a systematic literature review. *Biomed. Res. Int.* 2016; 2016: 7309272.
31. 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.
32. 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): 923–32.
33. Bower K.J., Clark R.A., McGinley J.L., Martin C.L., Miller K.J. Clinical feasibility of the Nintendo Wii™ for balance training post-stroke: a phase II randomized controlled trial in an inpatient setting. *Clin. Rehabil.* 2014; 28(9): 912–23.
34. Clark R.A., Pua Y.H., Oliveira C.C., Bower K.J., Thilarajah S., McGaw R. et al. Reliability and concurrent validity of the Microsoft Xbox One Kinect for assessment of standing balance and postural control. *Gait Posture*. 2015; 42(2): 210–3.
35. Darekar A., McFadyen B.J., Lamontagne A., Fung J. Efficacy of virtual reality-based intervention on balance and mobility disorders post-stroke: a scoping review. *J. Neuroeng. Rehabil.* 2015; 12: 46.
36. Gibbons E.M., Thomson A.N., de Noronha M., Joseph S. Are virtual reality technologies effective in improving lower limb outcomes for patients following stroke – a systematic review with meta-analysis. *Top Stroke Rehabil.* 2016; 23(6): 440–57.
37. Snopkov P.S., Lyadov K.V., Shapovalenko T.V., Sidiyakina I.V. Remote rehabilitation: sources, condition, prospects. *Fizioterapiya, bal'neologiya i reabilitatsiya*. 2016. 15(3): 141–5. (In Russ.)
38. Lloréns R., Noé E., Colomer C., Alcañiz M. Effectiveness, usability, and cost-benefit of a virtual reality-based telerehabilitation program for balance recovery after stroke: a randomized controlled trial. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2015; 96(3): 418–25.
39. Squires R.W., Kaminsky L.A., Porcari J.P., Ruff J.E., Savage P.D., Williams M.A. Progression of exercise training in early outpatient cardiac rehabilitation: An official statement from the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. *J. Cardiopulm. Rehabil. Prev.* 2018; 38(3): 139–46.
40. WHO: Rehabilitation 2030: A call for action, 2017. URL: <http://www.who.int/disabilities/care/rehab-2030/en>.