

## КЛИНИЧЕСКАЯ ПСИХОЛОГИЯ CLINICAL PSYCHOLOGY

### Виртуальная реальность в реабилитации после инсульта

**Краснова-Гольева В.В.,**

*кандидат психологических наук, научный сотрудник лаборатории клинической психологии и психотерапии  
Московского НИИ психиатрии (филиал ФГБУ «ФМИЦПН им.В.П.Сербского» Минздрава России), Москва, Россия,  
v.krasnova@inbox.ru*

**Гольев М.А.,**

*медицинский психолог реабилитационного центра для инвалидов «Преодоление», Москва, Россия,  
m.a.goliev@yandex.ru*

После инсультов у многих людей наблюдаются серьезные нарушения двигательной активности, когнитивное снижение, а также ряд психологических проблем, которые впоследствии годами могут сопровождать человека. Мотивационный компонент реабилитации играет решающую роль в процессе восстановления после перенесенного инсульта. На сегодняшний день одним из самых успешных методов реабилитации считается восстановление путем «наблюдения — подражания», поскольку этот метод повышает пластичность мозга и, как следствие, реабилитационный потенциал. На литературном материале показано, что современная реабилитация с использованием виртуальной реальности продемонстрировала высокие результаты в улучшении моторных и когнитивных навыков, а также психологического состояния, однако требует постоянного участия психотерапевта для контроля за психологической составляющей восстановительного процесса.

**Ключевые слова:** инсульт, реабилитация, мотивация, виртуальная реальность.

#### Для цитаты:

*Краснова-Гольева В.В., Гольев М.А. Виртуальная реальность в реабилитации после инсульта [Электронный ресурс] // Современная зарубежная психология. 2015. Том 4. № 4. С. 39—44. doi: 10.17759/jmfp.2015040406*

#### For citation:

*Krasnova-Goleva V.V., Golev M.A. Virtual reality in rehabilitation after stroke [Elektronnyi resurs]. Journal of Modern Foreign Psychology, 2015, vol. 4, no. 4, pp. 39—44. doi: 10.17759/jmfp.2015040406 (In Russ., Abstr. in Engl.)*

Сегодня инсульт входит в число наиболее распространенных факторов инвалидизации и смертности. За этим острым неврологическим заболеванием стоят не только медико-социальные проблемы, но и серьезный экономический ущерб. Так, в США ежегодно затраты, связанные с потерей трудоспособности граждан, составляют 6,5—11,2 миллиарда долларов. В России ежегодно фиксируется около 450 000 инсультов, в пересчете на численность популяции взрослого населения около 6% уже перенесли это заболевание, и большая часть переболевших осталась инвалидами [1].

После мозгового инсульта наблюдаются серьезные нарушения двигательной активности, когнитивное снижение, а также ряд психологических проблем, которые могут сопровождать человека в течение многих лет. Так около 30% пациентов, переживших инсульт с плечевым парезом, не демонстрируют восстановление функциональности даже по прошествии 6 месяцев реабилитации [12, 15].

Такие нарушения тесно связаны с низким уровнем субъективного благополучия [21], который в свою оче-

редь резко снижает качество жизни человека [11]. По мнению исследователей, успех реабилитации после инсульта зависит от целого ряда факторов: это и физическая активность, и когнитивная сохранность, и поддержка со стороны близких, и индивидуальная адаптивность организма [7]. Кроме того, ключевую роль в постинсультном восстановлении играет возможность вернуться к деятельности, которой человек занимался до болезни [3].

Основу восстановления после перенесенного инсульта составляет индивидуальная программа реабилитации (ИПР). ИПР — это комплекс реабилитационных мер, включающий в себя описание всех видов медицинских, психологических, социальных и других восстановительных процедур, направленных на восстановление, компенсацию утраченных или поврежденных функций организма, способностей к деятельности [1]. Индивидуальная программа реабилитации составляется с учетом реабилитационного потенциала — обоснованной с медицинских, психологических, социальных позиций вероятности достижения наме-

ченных целей проводимой реабилитации в определенный отрезок времени.

Современная реабилитация в достижении цели восстановления делает ставку на мультидисциплинарность в подходах и команде специалистов. По мнению большинства исследователей, именно комплексная (медицинская, психологическая, социальная, профессиональная) реабилитация способна вернуть человека к полноценной жизни.

Игнорирование хотя бы одного из вышеизложенных факторов реабилитации способно сильно затормозить процесс адаптации и восстановления. Так, если стратегии реабилитации сосредоточены только на адаптации к новым условиям, на восстановлении повседневных, бытовых функций человека, например, самостоятельно питаться, одеваться, но не затрагивает лично значимые действия индивида, — субъективно человек не может вернуться к прежней жизни [3]. Ощущение собственной неполноценности и наступающие мысли о том, что «теперь все стало иначе, я больше не могу жить нормальной жизнью» усиливают эмоциональную дезадаптацию и, как следствие, препятствуют восстановлению.

Таким образом, можно предположить, что интеграция пережившего инсульт в повседневную жизнь, напомиравшую его прежнюю (до болезни) способна ускорить и качественно улучшить процесс реабилитации после инсульта, восстановить утраченные способности, и улучшить психологическое состояние.

Одним из самых эффективных методов восстановления Ewan L.M., Kinmond K., Holmes P.S. (2010) называют «наблюдение и подражание» [6]. Метод заключается в том, что больной внимательно наблюдает за действиями, которые на данный момент в силу нарушения мозговых структур выполнить самостоятельно не в состоянии, а после методично их повторяет или подражает увиденному. Некоторые исследователи предполагают, что через активность зеркальных нейронов (тесно связанных с социальным познанием), а также пластичность мозговых структур идет восстановление пострадавших областей головного мозга [6; 22]. Метод реабилитации на основе «наблюдения — подражания» хорошо себя зарекомендовал в реабилитологии и довольно быстро развивается. На сегодняшний день самым передовым воплощением этого метода является использование виртуальной реальности.

Виртуальная реальность применяется в реабилитации для наибольшей реалистичности в моделировании среды и погружения больного в деятельность, а также для мгновенной обратной связи, исключая возможность отвлечения внимания.

Работа с виртуальной реальностью позволяет пациентам сразу видеть результаты своих усилий, что оказывает выраженное благотворное влияние на психологическую реабилитацию и мотивирует пережившего инсульт к занятиям [4; 8; 25]. Обратная связь-подкрепление может быть получена как в процессе решения задач, так и после выполнения задания, в виде визуального, слухового, а

иногда и тактильного подкрепления [9; 16; 18; 23; 24]. Авторы предполагают, что виртуальная реальность способна стимулировать моторную кору и за счет такого свойства мозга как пластичность, увеличивать реабилитационный потенциал человека.

По предположению Eng K., Siekierka E., Pyk P, et al [10], систематическое наблюдение и имитация увиденных действий неповрежденной конечностью может улучшать такие свойства мозга как пластичность, увеличивая тем самым возможности восстановления утраченной моторной функции [5; 7]. Кроме того, эти авторы отмечают, что зеркальные нейроны (непосредственно участвующие в процессе наблюдение-подражание) тесно связаны с работой зон мозга, отвечающих за планирование деятельности, что в свою очередь избирательно воздействует на моторные зоны коры головного мозга, провоцируют мышечную активность.

Некоторые исследования показали, что воздействие на моторные зоны коры позволяет реструктурировать мозговые связи и быстрее восстанавливать поврежденные области мозга, отвечающие за сенсомоторную и поведенческую активность [2; 19; 20].

В своем исследовании Eng K., Siekierka E., Pyk P. использовали виртуальную реальность для моделирования действий поврежденной конечности [10]. Человек, переживший инсульт, совершает действия неповрежденной конечностью, но на экране видит, как эти действия выполняет и его нетрудоспособная конечность. Эту идею авторы позаимствовали у исследователя V.S. Ramachandran, который проводил подобные эксперименты на больных с ампутированной конечностью с помощью зеркал, также для стимуляции поврежденных зон мозга. Пациент с ампутированной рукой совершал действия здоровой конечностью, но благодаря отражению зеркал видел, будто действует двумя руками одновременно [14].

Эксперимент по реабилитации после инсульта, проведенный Eng K., Siekierka E., Pyk P, et al (2007) заключался в том, что пациент сидел в кресле перед экраном и манипулировал своей здоровой рукой, одновременно с этим на экране изображалось, как человек выполняет эти же манипуляции, но другой, в данном случае поврежденной, рукой. Для наибольшего эффекта цвет одежды человека на экране модулировался в соответствии с одеждой реального пациента. Во время занятия пациент выполнял здоровой рукой те действия, что не мог выполнить в реальности поврежденной, но поскольку видел на экране, как в этом процессе участвует поврежденная конечность, тем самым получал положительное подкрепление в виде визуального эффекта от своей деятельности [10].

Другой этап восстановления включал в себя подражание действиям, воспроизводимым на экране, но поврежденной конечностью. То есть на экране демонстрируются манипуляции, выполняемые здоровой рукой, пациент же должен был пытаться повторить эти действия своей поврежденной рукой. В процессе выполнения задания пациент мог, как наблюдать за своими успехами в имита-

ции, так и не видеть тех действия, что совершает его поврежденная рука. В качестве заданий предлагался игровой материал — ловля шаров, перемещение шаров в мишень. Специалисты фиксировали все результаты и изменения в психическом и неврологическом статусе пациентов с помощью клинических шкал. По результатам работы с этим методом авторы отметили его высокую продуктивность, поскольку восстановительный потенциал пациентов переживших инсульт увеличился на 20—23%, кроме того, демонстрировалось значимое улучшение когнитивных процессов, таких как произвольное и непроизвольное внимание. Замечено снижение выраженности эмоциональной дезадаптации в виде депрессивных и тревожных переживаний. Авторами отдельно отмечается высокая мотивированность пациентов к занятиям с виртуальной реальностью, поскольку помимо внешней привлекательности они имеют личностную направленность на каждого конкретного пациента, имитируя их внешность, особенности поведения и т.д. Исследователи отмечают также, что, несмотря на успехи применения нового метода, он пока остается мало изученным и требует дополнительной доработки [10].

Исследование проведенное Ewan L.M., Kinmond K., Holmes P.S. основывалось на схожем принципе и проводилось на небольшой группе пациентов, переживших инсульт (n=8) (2010) [6]. В своем эксперименте авторы составили для каждого пациента диагностическое интервью, в котором подробно расспросили о жизни до инсульта. Интервью касалось того, чем человек занимался, что приносило удовольствие, что составляло ежедневные бытовые действия с акцентом на лично значимые аспекты жизни. На основе интервью были созданы короткие видео с изображением этих эпизодов и действий, наполнявших жизнь. Таким образом, для каждого пациента был составлен диск с записью его личных наборов действий, из которых складывался день. Интервью и видео составлялись максимально похоже на реальную жизнь, насколько это было возможно, то есть учитывались декорации, время, стиль одежды и прочее. В качестве записанных эпизодов были вождение автомобиля, плавание, прогулки, рукоделие, танцы, игры с детьми или животными и т.д. Видео включало в себя три ракурса-части.

1. Визуальный ряд со стороны непосредственного участника, то есть глазами больного.

2. Взгляд со стороны, то есть наблюдение за тем, как человек выполняет действие на расстоянии.

3. Взгляд со стороны человека выполняющего другую деятельность одновременно с героем видео.

4. Попеременное переключение ракурсов. Наподобие художественного фильма.

Видео предлагалось просматривать два раза в день в течение 16 недель. Работа по реабилитации в обязательном порядке включала в себя психотерапевтические сессии (индивидуальные либо групповые). В процессе психотерапевтической работы специалисты руководствовались когнитивно-бихевиоральной традицией в психотерапии, которая включает в себя:

1. Выявление автоматических мыслей.

2. Определение когнитивной схемы.

3. Выявление и формулирование базовых убеждений.

4. Целенаправленное изменение дисфункциональных базовых убеждений на более конструктивные.

5. Закрепление конструктивных поведенческих навыков, полученных в ходе терапевтических сеансов.

Помимо наблюдения за смоделированной «своей» жизнью пациенты должны были вести дневник, в котором необходимо было запечатлеть все мысли и чувства, сопровождавшие просмотр видеоматериала. После каждой сессии просмотра предусматривалась беседа со специалистом-психологом, для разбора описанных чувств, и мыслей в дневнике, а также ситуации, представленных на видео. Часто пациенты сообщали, что видео провоцировало их двигаться, что им хотелось встать и самим начать выполнять это действие. Такое побуждение к действию, по мнению авторов, является проявлением повышения мотивации пациента к восстановлению.

Исследователи L.M. Ewan, K. Kinmond и P.S. Holmes P.S. отмечают, что такие занятия должны вестись под присмотром специалиста, поскольку человек, переживший инсульт, может неверно интерпретировать происходящее или чрезмерно негативно относиться к окружающему [6]. В таких случаях требуется психотерапевтическая интервенция с направлением и поддержкой для наиболее эффективного использования метода.

По результатам проведенного эксперимента все пациенты продемонстрировали повышение реабилитационного потенциала, улучшение моторной функции мозга и улучшение когнитивных функций и психологического состояния. Всем испытуемым нравилось участвовать в программе, они демонстрировали высокую мотивацию и, несмотря на долгую продолжительность эксперимента, желали продолжить участие. Многие отметили восстановление интереса к прежним увлечениям (прогулки, спортивные игры, бытовые дела).

## Выводы

Реабилитационные программы, использующие виртуальную реальность при восстановлении после инсульта демонстрируют повышение реабилитационного потенциала, улучшение психологического статуса и повышение мотивации больных. Индивидуальный подход в разработке программы, а также учет личностных особенностей, отсутствие потоковости и формализации благотворно сказываются на мотивации пациента к реабилитации, но, к сожалению, не всегда реализуемы в условиях реабилитационных центров.

Несмотря на проявленную эффективность, на наш взгляд, предложенный методики с использованием виртуальной реальности не являются универсальными, они требуют высокой квалификации специалистов, владения психотерапевтическими методами, и не подходят для самостоятельной работы дома. Они затратны с экономической и материальной точки зре-

ния, поскольку требует высокой технической оснащенности кабинета реабилитации. В качестве альтернативы работы с виртуальной реальностью часто выступают методики основанные на том же принципе «наблюдение-подражание», например, работа с зеркалами, описанная в статье.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Ибрагимов М.Ф.* Комплексная система реабилитации больных, перенесших ишемический инсульт, на этапах стационар — реабилитационный центр — поликлиника: дис. канд. мед. наук: 14.01.11 / Казан. гос. мед. акад. Казань, 2013. 128 с.
2. *Клемешева Ю.Н., Воскресенская О.Н.* Неабилитационный потенциал и его оценка при заболеваниях нервной системы. Саратовский научно-медицинский журнал, 2009. Том 5, № 1. С. 120—123.
3. *Цветкова Л.С.* Нейропсихологическая реабилитация больных. Речь и интеллектуальная деятельность: Учеб. пособие. 2-е изд., испр. и доп. М.: Издательство Московского психолого-социального института; Воронеж: Издательство НПО «МОДЭК», 2004. 424 с. (Серия «Библиотека психолога»).
4. A strategy for computer-assisted mental practice in stroke rehabilitation / A. Gaggioli [et al.] // *Neurorehabil Neural Repair*. 2006. Vol. 20. № 4. P. 503—507. doi: 10.1177/1545968306290224
5. Corticospinal excitability is specifically modulated by motor imagery: a magnetic stimulation study / L. Fadiga [et al.] // *Neuropsychologia*. 1999. Vol. 37. № 2. P. 147—158. doi:10.1016/S0028-3932(98)00089-X
6. *Ewan L.M., Kinmond K., Holmes P.S.* An observation -based intervention for stroke rehabilitation: experiences of eight individuals affected by stroke // *Disability and Rehabilitation*. 2010. Vol. 32. № 25. P. 2097—2106. doi: 10.3109/09638288.2010.481345
7. Formation of a motor memory by action observation / Stefan K [et al.] // *The Journal of Neuroscience*. 2005. Vol. 25. № 41. P. 9339—9346. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2282-05.2005
8. *Holden M.* Virtual environments for motor rehabilitation // *CyberPsychology & Behavior*. 2005. Vol. 8. № 3. P. 187—211. doi:10.1089/cpb.2005.8.187
9. *Hummelsheim H., Maier-Loth M.L., Eickhof C.* The functional value of electrical muscle stimulation for the rehabilitation of the hand in stroke patients // *Scandinavian journal of rehabilitation medicine*. 1997. Vol. 29. № 1. P. 901—907.
10. Interactive visuo-motor therapy system for stroke rehabilitation / K. Eng [et al.] // *International Federation for Medical and Biological Engineering & computing*. 2007. Vol. 45. № 9. P. 901—907. doi: 10.1007/s11517-007-0239-1
11. *Jaracz K, Kozubski W.* Quality of life in stroke patients // *Acta Neurologica Scandinavica*. 2003. Vol. 107. № 5. P. 324—329. doi: 10.1034/j.1600-0404.2003.02078.x
12. *Kwakkel G., Kollen B., Lindeman E.* Understanding the pattern of functional recovery after stroke: facts and theories // *Restorative neurology and neuroscience*. 2004. Vol. 22. № 3—5. P. 281—299.
13. Post-stroke rehabilitation with the Rutgers ankle system: a case study / J.E. Deutsch [et al.] // *Presence*. 2001. Vol. 10. № 4. P. 416—430. doi: 10.1162/1054746011470262
14. Ramachandran V.S., Hirstein W. The perception of phantom limbs // *Brain*. 1998. Vol. 121. P. 1603—1630.
15. Recovery of upper extremity function in stroke patients: the copenhagen stroke study / H. Nakayama [et al.] // *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 1994. Vol. 75. № 4. P. 394—398. doi: 10.1016/0003-9993(94)90161-9
16. Rehabilitation robotics: pilot trial of a spatial extension for MIT-Manus / H.I. Krebs [et al.] // *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. Vol. 1. № 1. P. 5. doi: 10.1186/1743-0003-1-5
17. Resuming previously valued activities post-stroke: who or what helps? / J. Robison [et al.] // *Disability and Rehabilitation*. 2009. Vol. 31. № 19. P. 1555—1566. doi: 10.1080/09638280802639327
18. Robotic orthosis lokomat: a rehabilitation and research tool / S. Jezernik [et al.] // *Neuromodulation*. 2003. Vol. 6. № 2. P. 108—115. doi: 10.1046/j.1525-1403.2003.03017.x
19. *Sharma N., Pomeroy V.M., Baron J.C.* Motor imagery. a backdoor to the motor system after stroke? // *Stroke*. 2006. Vol. 37. P. 1941—1952. Doi: 10.1161/01.STR.0000226902.43357.fc
20. *Stevens J.A., Stoykov M.E.* Using motor imagery in the rehabilitation of hemiparesis // *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2003. Vol. 84. № 7. P. 1090—1092. doi:10.1016/S0003-9993(03)00042-X
21. Subjective well being one year after stroke / T. Wyller [et al.] // *Clinical rehabilitation*. 1997. Vol. 11. № 2. P. 139—145. doi: 10.1177/026921559701100207
22. The potential for utilising the «mirror neurone system» to enhance recovery of the severely affected upper limb early after stroke: a review and hypothesis / V. Pomeroy [et al.] // *Neurorehabil Neural Repair*. 2005. Vol. 19. № 1. P. 4—13. doi: 10.1177/1545968304274351
23. Transcutaneous functional electrical stimulator «Compex Motion» / Keller T, [et al.] // *Artif Organs*. 2002. Vol. 26. № 3. P. 219—223. doi: 10.1046/j.1525-1594.2002.06934.x
24. Upper and lower extremity robotic devices for rehabilitation and for studying motor control / S. Hesse [et al.] // *Current opinion in neurology*. 2003. Vol. 16. Issue 6. P. 705—720.
25. Virtualenvironment-based telerehabilitation in patients with stroke / M.K. Holden [et al.] // *Presence*. 2005. Vol. 14. № 2. P. 214—233. doi: 10.1162/1054746053967058

## Virtual reality in rehabilitation after stroke

**Krasnova-Goleva V.V.,**

*candidate of psychological sciences, Research fellow of the laboratory of clinical psychology and psychotherapy,  
Moscow Research Institute of Psychiatry of the Russian Federation, Moscow, Russia,  
v.krasnova@inbox.ru.*

**Golev M.A.,**

*clinical psychologist, the medical-rehabilitation center «Preodolenie», Moscow, Russia,  
m.a.goliev@yandex.ru*

After a stroke many people have serious problems in motion activity, decline in cognitive activity, as well as a number of psychological problems that may accompany the man for many years. Motivational rehabilitation component plays a decisive role in the process of recovery after suffering a stroke. At present one of the most successful methods of rehabilitation is considered to be a recovery through “observation-imitation”, because this method enhances the plasticity of the brain and, as a result, rehabilitation potential. Modern rehabilitation using virtual reality had demonstrated good results to improve motor and cognitive skills, as well as the psychological condition.

**Keywords:** stroke, rehabilitation, motivation, virtual reality.

### REFERENCES

1. Ibragimov M.F. Kompleksnaya sistema reabilitatsii bol'nykh, perenesshikh ishemicheskii insul't, na etapakh statsionar — reabilitatsionnyi tsentr — poliklinika [A comprehensive system of rehabilitation of patients with ischemic stroke, at stages Hospital — Rehabilitation Center]: dis. kand. med. nauk: 14.01.11. Kazan. gos. med. akad. Kazan', 2013. 128 p.
2. Klemesheva Yu.N., Voskresenskaya O.N. Heabilitatsionnyi potentsial i ego otsenka pri zabolevaniyakh nervnoi sistemy [Rehabilitation potential and its evaluation in diseases of the nervous system]. *Saratovskii nauchno-meditsinskii zhurnal*, 2009, tom 5, № 1, pp. 120—123.
3. Tsvetkova L.S. Neiropsikhologicheskaya reabilitatsiya bol'nykh. Rech' i intellektual'naya deyatelnost' [Neuropsychological rehabilitation of patients. Speech and intellectual activity]: Ucheb. posobie. 2-e izd., ispr. i dop. M.: Izdatel'stvo Moskovskogo psikhologo-sotsial'nogo instituta; Voronezh: Izdatel'stvo NPO «MODEK», 2004. 424 p. (Seriya «Biblioteka psikhologa»).
4. A strategy for computer-assisted mental practice in stroke rehabilitation. A. Gaggioli [et al.]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2006, vol. 20, no. 4, pp. 503—507. doi: 10.1177/1545968306290224
5. Corticospinal excitability is specifically modulated by motor imagery: a magnetic stimulation study. L. Fadiga [et al.]. *Neuropsychologia*, 1999, vol. 37, no. 2, pp. 147—158. doi:10.1016/S0028-3932(98)00089-X
6. Ewan L.M., Kinmond K., Holmes P.S. An observation -based intervention for stroke rehabilitation: experiences of eight individuals affected by stroke. *Disability and Rehabilitation*, 2010, vol. 32, no. 25, pp. 2097—2106. doi: 10.3109/09638288.2010.481345
7. Formation of a motor memory by action observation. K. Stefan [et al.]. *The Journal of Neuroscience*. 2005, vol. 25, no. 41, pp. 9339—9346. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2282-05.2005
8. Holden M. Virtual environments for motor rehabilitation. *CyberPsychology & Behavior*, 2005, vol. 8, no. 3, pp. 187—211. doi:10.1089/cpb.2005.8.187
9. Hummelsheim H., Maier-Loth M.L., Eickhof C. The functional value of electrical muscle stimulation for the rehabilitation of the hand in stroke patients. *Scand J Rehabil Med*, 1997, vol. 29, no. 1, pp. 901—907.
10. Interactive visuo-motor therapy system for stroke rehabilitation. K. Eng [et al.]. *International Federation for Medical and Biological Engineering & computing*. 2007, vol. 45, no. 9, pp. 901—907. doi: 10.1007/s11517-007-0239-1
11. Jaracz K, Kozubski W. Quality of life in stroke patients. *Acta Neurologica Scandinavica*, 2003, vol. 107, no. 5, pp. 324—329. doi: 10.1034/j.1600-0404.2003.02078.x
12. Kwakkel G., Kollen B., Lindeman E. Understanding the pattern of functional recovery after stroke: facts and theories. *Restorative neurology and neuroscience*, 2004, vol. 22, no. 3—5, pp. 281—299.
13. Post-stroke rehabilitation with the Rutgers ankle system: a case study. J.E. Deutsch [et al.]. *Presence*. 2001, vol. 10, no. 4, pp. 416—430. doi: 10.1162/1054746011470262
14. Ramachandran V.S., Hirstein W. The perception of phantom limbs. *Brain*, 1998, vol. 121, p. 1603—1630.
15. Recovery of upper extremity function in stroke patients: the copenhagen stroke study. H. Nakayama [et al.]. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 1994, vol. 75, no. 4, pp. 394—398. doi: 10.1016/0003-9993(94)90161-9

16. Rehabilitation robotics: pilot trial of a spatial extension for MIT-Manus. H.I. Krebs [et al.]. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, vol. 1, no. 1, pp. 5. doi: 10.1186/1743-0003-1-5
17. Resuming previously valued activities post-stroke: who or what helps? J. Robison [et al.] *Disability and Rehabilitation*, 2009, vol. 31, issue 19, pp. 1555—1566. doi: 10.1080/09638280802639327
18. Robotic orthosis lokomat: a rehabilitation and research tool. S. Jezernik [et al.]. *Neuromodulation*, 2003, vol. 6, no. 2, pp. 108—115. doi: 10.1046/j.1525-1403.2003.03017.x
19. Sharma N., Pomeroy V.M., Baron J.C. Motor imagery. a backdoor to the motor system after stroke? *Stroke*, 2006, vol. 37, pp. 1941— 1952. Doi: 10.1161/01.STR.0000226902.43357.fc
20. Stevens J.A., Stoykov M.E. Using motor imagery in the rehabilitation of hemiparesis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 2003, vol. 84, no. 7, pp. 1090—1092. doi:10.1016/S0003-9993(03)00042-X
21. Subjective well being one year after stroke. T. Wyller [et al.]. *Clinical rehabilitation*, 1997, vol. 11, no. 2, pp. 139—145. doi: 10.1177/026921559701100207
22. The potential for utilising the “mirror neurone system” to enhance recovery of the severely affected upper limb early after stroke: a review and hypothesis. V. Pomeroy [et al.]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2005, vol. 19, no. 1, pp. 4—13. doi: 10.1177/1545968304274351
23. Transcutaneous functional electrical stimulator «Compex Motion». T. Keller [et al.]. *Artif Organs*, 2002, vol. 26, no. 3, pp. 219—223. doi: 10.1046/j.1525-1594.2002.06934.x
24. Upper and lower extremity robotic devices for rehabilitation and for studying motor control. S. Hesse [et al.]. *Current opinion in neurology*, 2003, vol. 16, no. 6, pp. 705—720.
25. Virtualenvironment-based telerehabilitation in patients with stroke. M.K. Holden [et al.]. *Presence*, 2005, vol. 14, no. 2, pp. 214—233. doi:10.1162/1054746053967058