

# ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ И МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДВИГАТЕЛЬНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПРИ ПОСТИНСУЛЬТНОМ ПАРЕЗЕ РУКИ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ «HABILECT»

УДК 616-08

Клочков А.С., Хижникова А.Е., Котов-Смоленский А.М., Супонева Н.А., Черникова Л.А., Пирадов М.А.  
ФГБНУ Научный центр неврологии, Москва, Россия

## EFFICACY OF THE POSTSTROKE ARM FUNCTION REHABILITATION ON BIOFEEDBACK SYSTEM «HABILECT»

Klochkov A.S., Khizhnikova A.E., Kotov-Smolensky A.M., Suponeva N.A., Chernikova L.A., Piradov M.A.  
Research Center of Neurology, Moscow, Russia

### Актуальность проблемы

Рука человека обладает многими функциями, необходимыми для осуществления повседневной и профессиональной деятельности. К нарушению функции руки приводит большое число заболеваний, но одним из самых распространенных заболеваний нервной системы, приводящих к стойкому нарушению двигательной функции и, как следствие – к инвалидизации, – является инсульт. Согласно прогностическим данным ВОЗ, количество инсультов в Европе неуклонно увеличивается и к 2025 г. может достичь более чем 1500000 в год [1]. В первую очередь, у пациентов, перенесших инсульт, нарушаются базовые моторные функции руки: достижение (ричинг) какого-либо объекта и его захват, а также нарушается взаимодействие обеих рук. Как известно, для успешного восстановления движений в ходе реабилитации необходимо выполнение определенных условий: проведение тренировок в среде, максимально приближенной к реальной; активное участие пациента; проведение коррекции патологических синергий в руке, а также наличие интерактивной обратной связи, позволяющей пациенту контролировать правильность выполнения двигательной задачи и корректировать собственные усилия [2, 3, 4]. В последние годы все большее распространение получают системы виртуальной и дополненной реальности, как на стационарном, так и на амбулаторном этапах реабилитации. Техническая основа виртуальной реальности – это ис-

кусственная трехмерная среда, созданная с помощью компьютера и отображаемая на экране. Проведение тренировки в виртуальной среде позволяет смоделировать необходимое рабочее пространство для двигательного переобучения, а так же обеспечить интерактивную обратную связь, что способствует повышению мотивации пациента и интенсификации реабилитационного процесса.

### Цель исследования

Изучить влияние тренировки с помощью системы виртуальной биологической обратной связи «Habilect» на базе инфракрасного сенсора Kinect на двигательную функцию паретичной руки в раннем и позднем восстановительном периоде инсульта.

### Материалы и методы

Данное рандомизированное исследование проводилось на базе ФГБНУ «Научный центр неврологии» и было одобрено локальным этическим комитетом (протокол заседания от 27.01.2106 г. №1–5/16). Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Критерии включения в исследование: пациенты мужского и женского пола в возрасте от 18 до 80 лет; подтвержденное нарушение мозгового кровообращения по ишемическому или геморрагическому типу; давность инсульта от 3-х до

12 месяцев; наличие постинсультного пареза в руке от 2-х до 4-х баллов по Британской шкале оценки мышечной силы (The Medical Research Council Scale, MRC-SS) [3]. Критерии не включения в исследование: степень пареза в руке меньше 2-х баллов по шкале MRC-SS; грубое нарушение глубокой чувствительности; неглект-синдром; повышение мышечного тонуса по шкале Эшворта (Modified Ashworth scale, MAS) [4] больше 2-х баллов; грубое нарушение зрения, не позволяющее различать изображение на экране компьютера; выраженные когнитивные нарушения, затрудняющие выполнение инструкций (Montreal Cognitive Assessment, MoCA <10 баллов) [5]; грубая сенсорная или моторная афазия.

В исследование было включено 17 пациентов перенесших инсульт, которые были рандомизированы методом слепых конвертов на 2 группы – основная (10 человек) и контрольная (7 человек). Медиана возраста составила 48 [34; 62] лет, медиана давности инсульта 7,5 [3; 12] месяцев. Медиана баллов движения в руке по шкале Фугл-Мейера (Fugl-Meyer assessment scale, FMA) составила 102 [75; 124] балла и по шкале Action Research Arm Test (ARAT) – 43,5 [0;57] баллов. Группы были сопоставимы по возрасту, давности инсульта и степени неврологического дефицита по шкале Фугл-Мейера и Эшворта, до начала курса реабилитации.

Пациенты основной группы, помимо тренировки с инструктором ЛФК, проходили тренировку с применением системы биологической обратной связи «Habilect» на базе бесконтактного инфракрасного сенсора Microsoft Kinect (30 минут, 6 дней в неделю, в течение двух недель). Пациенты контрольной группы получали целенаправленную тренировку с инструктором-методистом ЛФК со зрительной обратной связью направленную на восстановление двигательной функции руки (30 минут, 6 дней в неделю, в течение двух недель). С пациентами обеих групп дополнительно проводились стандартные реабилитационные мероприятия: занятия с инструктором ЛФК, массаж, подпороговая нервно-мышечная стимуляция паретичных мышц руки, магнитотерапия. Главной целью тренировок, как в основной, так и в контрольной группах, было улучшение базовых двигательных навыков паретичной руки.

У пациентов основной группы, получавших тренировку на комплексе «Habilect», проводилось тестирование движений до начала тренировки, с целью определения начального объема движений в паретичной руке, после чего специалист настраивал упражнения под индивидуальные возможности пациента. Тренировка проходила в 2 этапа: первый заключался в выполнении простых движений в плечевом, локтевом и лучезапястном суставах (подъем прямой руки перед собой, отведение-приведение прямой руки, отведение согнутой руки, сгибание-разгибание локтя, отведение-приведение кисти) в каждом упражнении необходимо было выполнить 10 повторов, при этом контролируя произвольные движения в локтевом и лучезапястном суставах; на втором этапе тренировки пациент управлял различными играми при помощи тех же простых движений (отведение-приведение прямой руки, сгибание-разгибание локтя), а также при помощи более сложных координированных движений (ричинг, подъем обеих рук поочередно).

У пациентов контрольной группы использовалась целенаправленная тренировка с инструктором-методистом ЛФК в облегченной среде с использованием системы подвесов для разгрузки веса паретичной

руки, упражнения на координацию движений и манипуляции с различными предметами (мяч, кубик и др.).

До и после курса тренировок проводилась оценка двигательных навыков в руке при помощи клинических шкал: Фугл-Мейера, ARAT [6; 7]. Для оценки степени спастичности использовалась шкала Эшворта.

Статистическая обработка результатов проводилась с помощью критериев Манна-Уитни (при сравнении независимых выборок), Уилкоксона (при сравнении зависимых выборок), коэффициента корреляции Спирмена, на персональном компьютере с применением пакета прикладных программ Statsoft Statistica v. 7.0. Данные представлены в виде медианы и 25, 75 % квартилей. Статистически значимыми считали различия при  $p < 0,05$ .

### Результаты и обсуждение

У пациентов основной группы, получавших тренировку на системе «Habilect», статистически значимо улучшалась двигательная функция руки по данным шкалы Фугл-Мейера после курса реабилитации ( $p < 0,05$ ). (Рис. 1)

Было отмечено, что данные изменения происходили за счет увеличения объема активных движений в проксимальном отделе руки ( $p < 0,05$ ). (Рис. 2)

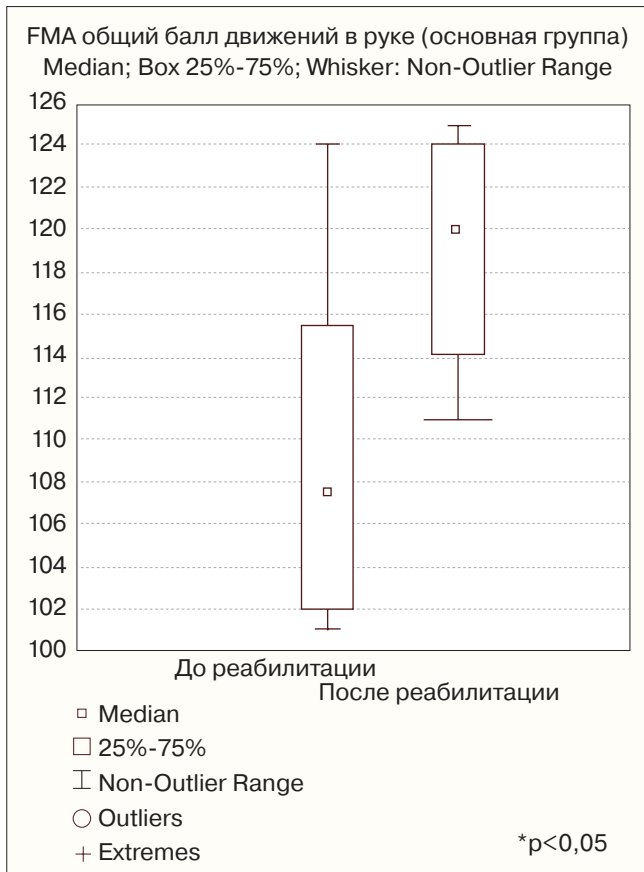
Также отмечалось статистически значимое изменение объема пассивных движений в руке ( $p < 0,05$ ). Корреляций данных изменений с возрастом и давностью перенесенного инсульта не наблюдалось. При этом в контрольной группе статистически значимым было только увеличение объема пассивных движений ( $p = 0,04$ ) по шкале Фугл-Мейера. (Рис. 3)

По шкале ARAT, позволяющей оценить различные виды захватов, в основной группе также отмечались статистически значимые улучшения двигательной функции руки ( $p < 0,05$ ). (Рис. 4)

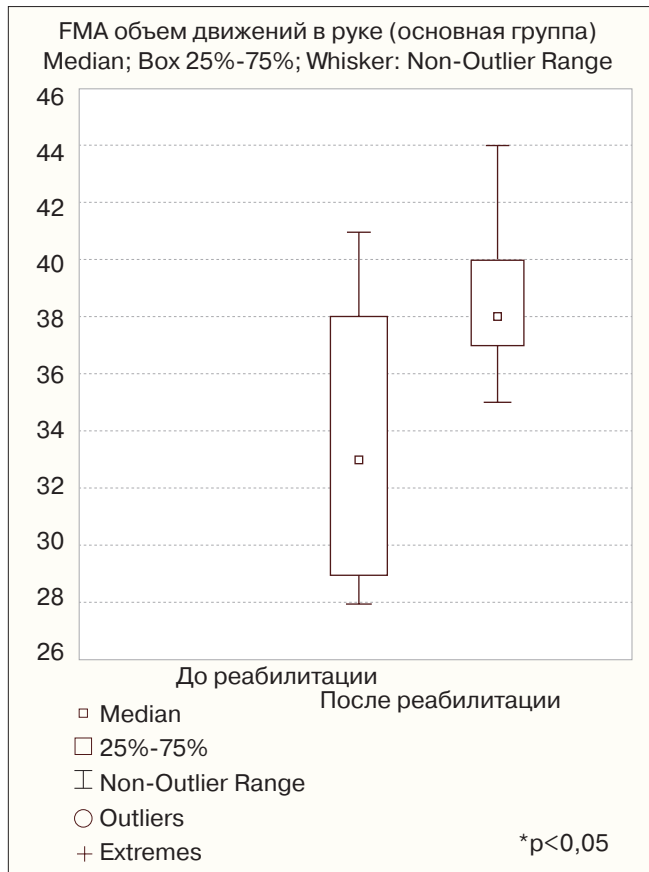
Стоит отметить, что данные изменения происходили за счет улучшения щипкового захвата ( $p < 0,05$ ) и крупных движений руки ( $p < 0,05$ ). В контрольной группе достоверных изменений по данной шкале не наблюдалось.

Поскольку тренировки на системе Habilect задействовали только проксимальные отделы паретичной руки, а пациенты основной и контрольной групп не были достоверно сопоставимы по результатам шкалы ARAT до начала тренировок, нельзя с уверенностью утверждать, что улучшение щипкового захвата стало следствием тренировок. Тем не менее, влияние тренировок в виртуальной среде с моделированием бытовых навыков и отслеживанием движений дистальных отделов руки, подразумевающих выполнения ричинга с планированием дальнейшего захвата (reach-to-grasp), заслуживает отдельного внимания и дальнейшего изучения.

Полученные результаты свидетельствуют о значимом увеличении объема движений паретичной руки у пациентов основной группы, получавших тренировку с применением системы биологической обратной связи «Habilect». Таким образом, можно предположить, что виртуальная среда обеспечивала большую вовлеченность пациента в реабилитационный процесс, тем самым повышая мотивацию и активизируя стремление улучшить результаты собственных тренировок. Интерактивная обратная связь позволяла непрерывно получать информацию об ошибках во время всей тренировки, что способствовало коррекции пат-



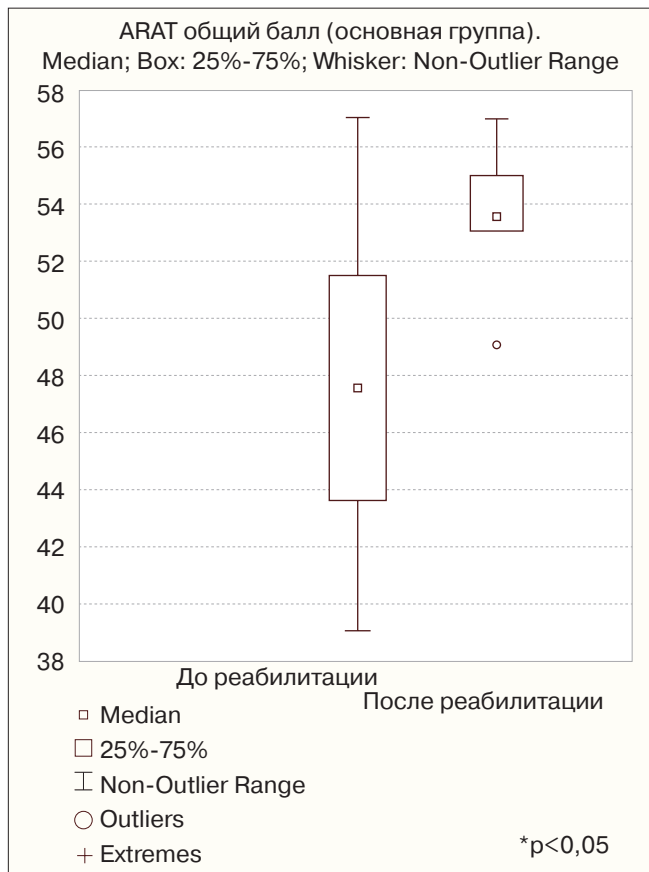
**Рис. 1.** Динамика общего балла движений в руке по шкале Фугл-Мейера у пациентов основной группы.



**Рис. 2.** Динамика объема движений в проксимальном отделе руки по шкале Фугл-Мейера в основной группе.



**Рис. 3.** Динамика объема пассивных движений в руке по шкале Фугл-Мейера в основной и контрольной группах.



**Рис. 4.** Динамика общего балла по шкале ARAT в основной группе.

тернов движений и снижению вовлечения в процесс осуществления движений крупных мышц плечевого пояса [10].

В то же время пациенты контрольной группы тренировались исключительно с использованием обратной зрительной связи (просто под визуальным контролем), что могло быть причиной самоограничения во время выполнения двигательной задачи.

### Заключение.

Таким образом, результаты проведенного исследования показали, что использование тренировки с виртуальной обратной связью способствует более пол-

ному восстановлению базовых двигательных навыков в руке у пациентов, перенесших инсульт, в отличие от классической целенаправленной тренировки со зрительной обратной связью. Используемая реабилитационная система на базе бесконтактного инфракрасного сенсора Microsoft Kinect позволила интенсифицировать реабилитационный процесс, что способствовало повышению эффективности тренировок. Данный метод может быть полезным дополнением к традиционной реабилитации.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Truelsen T., Piechowski-Jozwiak B., Bonita R., et al. Stroke incidence and prevalence in Europe: a review of available data. *Eur J Neurol* 2006; 13: 581–198.
2. Хижникова А.Е., Клочков А.С., Котов-Смоленский А.М., Супонева Н.А., Черникова Л.А. Виртуальная реальность как метод восстановления двигательной функции руки. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии* 2016; 10 (3): 5–12.
3. Клочков А.С., Черникова Л.А. Роботизированные и механотерапевтические устройства для восстановления функции руки после инсульта. *Русский медицинский журнал* 2014; 22 (22): 1589–1592.
4. Назарова М.А., Пирадов М.А., Черникова Л.А. Зрительная обратная связь – зеркальная терапия в нейрореабилитации. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии* 2012; 6 (№4): 36–41.
5. Compston A. Aids to the investigation of peripheral nerve injuries. Medical Research Council: Nerve Injuries Research Committee. His Majesty's Stationery Office: 1942; pp. 48 (iii) and 74 figures and 7 diagrams; with aids to the examination of the peripheral nervous system. By Michael O'Brien for the Guarantors of Brain. Saunders Elsevier: 2010; pp. [8] 64 and 94 Figures. *Brain*. 2010 Oct; 133 (10): 2838–44.
6. Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther*. 1987 Feb; 67 (2): 206–7.
7. Bocti C, Legault V, Leblanc N, Berger L, Nasreddine Z, Beaulieu-Boire I, et al. Vascular cognitive impairment: most useful subtests of the Montreal Cognitive Assessment in minor stroke and transient ischemic attack. *Dement Geriatr Cogn Disord*. 2013; 36 (3–4): 154–62.
8. Sanford J, Moreland J, Swanson LR, Stratford PW, Gowland C. Reliability of the Fugl-Meyer assessment for testing motor performance in patients following stroke. *Phys Ther*. 1993 Jul; 73 (7): 447–54.
9. Doussoulin SA, Rivas SR, Campos SV. [Validation of «Action Research Arm Test» (ARAT) in Chilean patients with a paretic upper limb after a stroke]. *Rev Med Chil*. 2012 Jan; 140 (1): 59–65.
10. Khizhnikova A., Klochkov A., Chernikova L., Suponeva N. Efficacy of the post-stroke arm function rehabilitation using Kinect-based virtual biofeedback system. 3rd Congress of the European Academy of Neurology, Amsterdam, Netherlands, 24–27.06.2017.

### REFERENCES

1. Truelsen T., Piechowski-Jozwiak B., Bonita R., et al. Stroke incidence and prevalence in Europe: a review of available data. *Eur J Neurol* 2006; 13: 581–198.
2. Khizhnikova A.E., Klochkov A.S., Kotov-Smolensky A.M., Suponeva N.A., Chernikova L.A. [Virtual reality as an upper limb rehabilitation approach.] *Annaly klinicheskoi i eksperimental'noi neurologii*. 2016;10(3):5–12. (In Russ.)
3. Klochkov A.S., Chernikova L.A. [Robotic and mechanotherapy devices for upper limb function recovery after stroke.] *Russkii medicinskii zhurnal* 2014; 22 (22): 1589–1592.
4. Nazarova M.A., Piradov M.A., Chernikova L.A. [Mirror visual feedback – mirror therapy in neurorehabilitation] *Annaly klinicheskoi i eksperimental'noi neurologii*. 2012; 6 (№4): 36–41.
5. Compston A. Aids to the investigation of peripheral nerve injuries. Medical Research Council: Nerve Injuries Research Committee. His Majesty's Stationery Office: 1942; pp. 48 (iii) and 74 figures and 7 diagrams; with aids to the examination of the peripheral nervous system. By Michael O'Brien for the Guarantors of Brain. Saunders Elsevier: 2010; pp. [8] 64 and 94 Figures. *Brain*. 2010 Oct; 133 (10): 2838–44.
6. Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther*. 1987 Feb; 67 (2): 206–7.
7. Bocti C, Legault V, Leblanc N, Berger L, Nasreddine Z, Beaulieu-Boire I, et al. Vascular cognitive impairment: most useful subtests of the Montreal Cognitive Assessment in minor stroke and transient ischemic attack. *Dement Geriatr Cogn Disord*. 2013; 36 (3–4): 154–62.
8. Sanford J, Moreland J, Swanson LR, Stratford PW, Gowland C. Reliability of the Fugl-Meyer assessment for testing motor performance in patients following stroke. *Phys Ther*. 1993 Jul; 73 (7): 447–54.
9. Doussoulin SA, Rivas SR, Campos SV. [Validation of «Action Research Arm Test» (ARAT) in Chilean patients with a paretic upper limb after a stroke]. *Rev Med Chil*. 2012 Jan; 140 (1): 59–65.
10. Khizhnikova A., Klochkov A., Chernikova L., Suponeva N. Efficacy of the post-stroke arm function rehabilitation using Kinect-based virtual biofeedback system. 3rd Congress of the European Academy of Neurology, Amsterdam, Netherlands, 24–27.06.2017.

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность проблемы.** Как известно, успешное восстановление двигательной функции руки у пациентов перенесших инсульт происходит лишь в 20% случаев. Проведение тренировки в виртуальной среде позволяет обеспечить необходимое рабочее пространство для двигательного переобучения, а так же обеспечить интерактивную обратную связь, что способствует интенсификации реабилитационного процесса.

**Цель исследования.** Изучить влияние тренировки с помощью системы виртуальной биологической обратной связи «Nabilect» на базе инфракрасного сенсора Microsoft Kinect на двигательную функцию паретичной руки в раннем и позднем восстановительном периоде инсульта.

**Материалы и методы.** В исследование было включено 17 пациентов (10 мужчин, 7 женщин) в возрасте от 34 до 62 лет, с постинсультным парезом в руке. Давность перенесенного инсульта составляла от 3 до 12 месяцев. Основная группа (n = 10) помимо тренировки с инструктором ЛФК, проходила тренировку на системе виртуаль-

ной биологической обратной связи «Habilect» в течение двух недель (30 мин, 6 дней в неделю). Контрольная группа (n = 7), получала эквивалентные по времени целенаправленные тренировки со зрительной обратной связью с инструктором-методистом (60 мин, 6 дней в неделю). Методы оценки: шкала оценки Фугл-Мейера (FMA), Action Research Arm Test (ARAT), модифицированная шкала Эшворта (MAS) до и после курса реабилитации.

**Результаты и обсуждения.** У пациентов основной группы наблюдались статистически значимые улучшения ( $p < 0,05$ ) по шкале Фугл-Мейера в разделах «объем движений руки» и «общий балл»; по шкале ARAT: достоверное ( $p < 0,05$ ) улучшение щипкового захвата, крупных движений руки и повышение общего балла. В контрольной группе статистически значимые изменения были обнаружены ( $p < 0,05$ ) только в разделе «объем пассивных движений» шкалы Фугл-Мейера.

**Заключение.** Таким образом, тренировка с применением виртуальной биологической обратной связи «Habilect» на базе инфракрасного сенсора Microsoft Kinect является эффективным методом реабилитации после инсульта, способствующим улучшению двигательной функции руки. Данный метод может быть полезным дополнением к традиционной реабилитации.

**Ключевые слова:** виртуальная обратная связь, инсульт, двигательное обучение, реабилитация.

#### ABSTRACT

**Background and aims:** Successful recovery of upper limb motor function in post-stroke adult patients occurs only in 20% of cases. Motor training in virtual environment allows to create the necessary training space for motor skills relearning, as well as provide interactive biofeedback and intensify rehabilitation process.

**Methods:** 17 patients met the inclusion criteria (10 males; 7 females) at the age of 30 to 60 years and 3 to 12 months after stroke were included. Main group (n=10), received two weeks (30min, 6 days per week) of virtual biofeedback training on system «Habilect». Control group (n=7) received equal time conventional therapy. Evaluation methods: Fugl-Meyer Assessment scale (FMA), Action Research Arm Test (ARAT), Modified Ashworth scale (MAS) before and after rehabilitation.

**Results:** Patients in main group showed improvements ( $p < 0.05$ ) in FMA scale: arm and hand movements, and total score; ARAT: significant ( $p < 0.05$ ) improvement of pinch grip, gross movements and total score. In control group were found improvements ( $p < 0.05$ ) only in range of passive movements (FMA).

**Conclusion:** Virtual biofeedback training is effective method for stroke rehabilitation that promotes arm function increasing, improves movement coordination and proved to be useful addition to the traditional methods of rehabilitation.

**Keywords:** virtual biofeedback, stroke, motor learning, rehabilitation.

---

---

#### Контакты:

**Клочков А.С.** E-mail: anton.s.klochkov@gmail.com

**Хижникова А.Е.** E-mail: Nastushkapal@gmail.com