

# Комплексная реабилитация пациентов с постинсультной дисфункцией верхней конечности: рандомизированное контролируемое исследование

**Е.В. Костенко**<sup>1,2</sup>, <https://orcid.org/0000-0003-0902-348X>, [ekostenko58@mail.ru](mailto:ekostenko58@mail.ru)

**Л.В. Петрова**<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0003-0353-553X>, [ludmila.v.petrova@yandex.ru](mailto:ludmila.v.petrova@yandex.ru)

**И.В. Погонченкова**<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0001-5123-5991>, [pogonchenkovaiv@zdrav.mos.ru](mailto:pogonchenkovaiv@zdrav.mos.ru)

**Н.В. Непринцева**<sup>1</sup>, <http://orcid.org/0000-0003-4509-5552>, [nataliya.nepr@gmail.com](mailto:nataliya.nepr@gmail.com)

**С.Т. Шурупова**<sup>1</sup>, <http://orcid.org/0000-0003-3435-2664>, [stshurupova@gmail.com](mailto:stshurupova@gmail.com)

<sup>1</sup> Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины; 105120, Россия, Москва, Земляной вал, д. 53

<sup>2</sup> Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова; 117997, Россия, Москва, ул. Островитянова, д.1

## Резюме

**Введение.** Восстановление манипулятивной деятельности верхней конечности после ишемического инсульта (ИИ) требует разработки новых технологий, направленных на сенсомоторное обучение и переобучение. Снижение спастичности мышц верхней конечности рассматривают как необходимый компонент программы функционального восстановления кисти.

**Цель.** Оценить эффективность и безопасность комплексного применения реабилитационной технологии с виртуальной реальностью и биологической обратной связью «Перчатка-тренажер «SENSOREHAB» (РП) и ботулинического нейротоксина типа А (БТА) для восстановления предметно-манипулятивной функции руки в сравнении с индивидуальным комплексом лечебной физкультуры (ЛФК) в позднем восстановительном периоде ИИ.

**Материалы и методы.** В рандомизированное контролируемое исследование включены 76 пациентов, возраст  $60,8 \pm 9,2$  года; давность перенесённого ИИ  $8,1 \pm 1,3$  мес. Основная группа ( $n = 42$ ) получала БТА с последующим использованием РП. Контрольная группа ( $n = 34$ ) – индивидуальную ЛФК. Первичным результатом являлось изменение оценок по шкале Фугла – Мейера (FMA-UL), тесту оценки функции руки (ARAT), тесту с колышками и девятью отверстиями (NHPT). Вторичные результаты: динамика MRCS, MAS, MoCA, HADS, индекса Бартел и качества жизни (EuroQoL-5D).

**Результаты.** Улучшение двигательной функции руки в основной группе по ARAT (увеличение на  $\geq 4$  балла) отмечено в 63,8% случаев, по шкале FMA-UL (увеличение на  $\geq 7$  баллов по разделам A–D) – у 65,5% пациентов ( $p < 0,05$ ), по тесту NHPT – значимое нарастание скорости выполнения теста у 52,6% пациентов. Динамика EQ-5D-5 (ВАШ) по завершении лечения достигала в основной группе  $72,3 \pm 5,7$  ( $p = 0,03$ ). У пациентов контрольной группы статистически значимое улучшение отмечалось по показателям боли и EQ-5D-5 ( $p < 0,05$ ).

**Выводы.** Комплексная программа медицинской реабилитации пациентов с постинсультной дисфункцией верхней конечности, включающая применение БТА и РП, значимо улучшает восстановление тонких движений кисти, функциональную независимость пациентов и качество их жизни.

**Ключевые слова:** инсульт, биологическая обратная связь, верхняя конечность, предметно-манипулятивная деятельность, инкоботулотоксин А, цифровые и информационно-коммуникативные технологии, реабилитационная перчатка

**Благодарности.** Грант Правительства г. Москвы № 0912-1/22.

**Для цитирования:** Костенко Е.В., Петрова Л.В., Погонченкова И.В., Непринцева Н.В., Шурупова С.Т. Комплексная реабилитация пациентов с постинсультной дисфункцией верхней конечности: рандомизированное контролируемое исследование. *Медицинский совет*. 2022;16(21):36–45. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-21-36-45>.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Comprehensive rehabilitation of patients with post-stroke upper limb dysfunction: a randomized controlled trial

**Elena V. Kostenko**<sup>1,2</sup>, <https://orcid.org/0000-0003-0902-348X>, [ekostenko58@mail.ru](mailto:ekostenko58@mail.ru)

**Liudmila V. Petrova**<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0003-0353-553X>, [ludmila.v.petrova@yandex.ru](mailto:ludmila.v.petrova@yandex.ru)

**Irena V. Pogonchenkova**<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0001-5123-5991>, [pogonchenkovaiv@zdrav.mos.ru](mailto:pogonchenkovaiv@zdrav.mos.ru)

**Natalia V. Neprintseva**<sup>1</sup>, <http://orcid.org/0000-0003-4509-5552>, [nataliya.nepr@gmail.com](mailto:nataliya.nepr@gmail.com)

**Svetlana T. Shurupova**<sup>1</sup>, <http://orcid.org/0000-0003-3435-2664>, [stshurupova@gmail.com](mailto:stshurupova@gmail.com)

<sup>1</sup> Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine; 53, Zemlyanoy Val, Moscow, 105120, Russia

<sup>2</sup> Pirogov Russian National Research Medical University; 1, Ostrovityanov St., Moscow, 117997, Russia

## Abstract

**Introduction.** The restoration of manipulative activity of the upper limb after an ischemic stroke (IS) requires the development of new technologies aimed at sensorimotor training and retraining. Reduction of spasticity of the upper limb muscles is considered as a necessary component of the program of functional restoration of the hand

**Aim.** To evaluate the effectiveness and safety of the integrated use of rehabilitation technology with virtual reality and biofeedback "SENSOREHAB simulator glove" (RG) and botulinum neurotoxin type A (BTA) to restore the subject-manipulative function of the hand in comparison with an individual complex of physical therapy in the late recovery period of IS.

**Materials and methods.** A randomized controlled trial included 76 patients, age  $60.8 \pm 9.2$  years; the duration of the transferred IS was  $8.1 \pm 1.3$  months. The main group ( $n = 42$ ) received BTA with subsequent use of RP. The control group ( $n = 34$ ) – individual physical therapy. The primary results were changes in the scores on the Fugl – Meyer scales (FMA–UL), the Action Research Arm Test (ARAT), the test with pegs and nine holes (NHPT). Secondary results: dynamics of MRCS, MAS, MoCA, HADS, Bartel index and quality of life (EuroQol-5D).

**Results.** Improvement of the motor function of the arm in the main group according to ARAT (an increase of  $\geq 4$  points) was noted in 63.8% of cases, on the FMA–UL scale (an increase of  $\geq 7$  points in sections A–D) – in 65.5% of patients ( $p < 0.05$ ), according to the NHPT test – a significant increase in the speed of execution. The test was performed in 52.6% of patients. The dynamics of EQ-5D-5 (VAS) at the end of treatment reached  $72.3 \pm 5.7$  in the main group ( $p = 0.03$ ). In patients of the control group, a statistically significant improvement was noted in terms of pain and EQ-5D-5 ( $p < 0.05$ ).

**Conclusions.** A comprehensive program of medical rehabilitation of patients with post-stroke upper limb dysfunction, including the use of BTA and RG, significantly improves the recovery of fine hand movements, functional independence of patients and their quality of life.

**Keywords:** stroke, biofeedback, upper limb, subject-manipulative activity, incobotulotoxin A, digital and information and communication technologies, rehabilitation glove

**Acknowledgement.** Moscow Government Grant No. 0912-1/22.

**For citation:** Kostenko E.V., Petrova L.V., Pogonchenkova I.V., Nепrintseva N.V., Shurupova S.T. Comprehensive rehabilitation of patients with post-stroke upper limb dysfunction: a randomized controlled trial. *Meditinskiy Sovet.* 2022;16(21):36–45. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-21-36-45>.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

Церебральный инсульт (ЦИ) является третьей по значимости причиной инвалидности во всем мире [1, 2]. Среди факторов, ограничивающих повседневное функционирование людей после инсульта, ведущее место занимают двигательные нарушения (статолокомоторные, дисфункция верхней конечности), которые включают спастичность, слабость (спастический парез) и контрактуры, а также когнитивные и эмоциональные расстройства [3–7]. Полное восстановление двигательных функций к 6-му мес. после ЦИ достигается лишь в 20% случаев [8, 9], при этом восстановление тонких движений кисти происходит медленнее, чем восстановление движений в проксимальных отделах верхней конечности [10]. Известно, что сохранение даже минимальных двигательных нарушений в кисти сопровождается значительными трудностями выполнения тонких манипулятивных действий, имеющих важное значение для повседневного функционирования [11].

Спастичность в симптомокомплексе центрального пареза рассматривается как одно из проявлений синдрома верхнего мотонейрона и является сенсомоторным расстройством, связанным с нарушением произвольной активации мышц и изменениями механических свойств мышечных волокон [12–14]. Спастичность, независимо от степени ее выраженности, еще больше ограничивает функциональную активность и снижает эффективность реабилитации вследствие следующих причин:

- спазмированные мышцы имеют тенденцию оставаться в укороченном положении в течение более длительного времени,

- ограничение произвольной деятельности мышц-антагонистов [15].

Тонкие движения в кисти, обеспечивающие целенаправленную предметно-манипулятивную деятельность, являются многокомпонентным актом многоуровневой регуляции, включающей участие центральной и периферической нервной системы, сенсорных анализаторов, костно-суставной и мышечной системы [10, 16]. Восстановление манипулятивной деятельности верхней конечности требует разработки программ длительных, повторяющихся тренировок, направленных на сенсомоторное обучение и переобучение. В связи с этим, в последние годы для восстановления сложных навыков верхней конечности, имеющих отношение к реальной жизни, изучаются возможности мультимодальной реабилитации с активным участием пациента. В этом контексте традиционные методики дополняются технологиями с биологической обратной связью (БОС), информационно-коммуникативными технологиями (ИКТ) с виртуальной реальностью (ВР) и пр. [17, 18].

Одним из таких направлений является технология реабилитационных (сенсорных) перчаток (РП), которая применяется для поддержания взаимодействия человека и компьютера на основе движения рук и пальцев. В настоящее время разработаны различные РП, которые позволяют оценить положение рук и пальцев и на основании тактильной и кинестетической БОС тренировать основные движения руки [19–21].

Результаты ранее опубликованных исследований показали улучшение функции руки при тренировке конкретных задач, однако не было показано положительного

влияния на тонкие функции кисти [22]. В Кокрейновском обзоре не выявлено положительного влияния реабилитации с ВР на функцию дистальных отделов руки при постинсультных парезах [23]. В обзоре S.H. Lin et al. [24] показано, что согласно Jebsen – Taylor hand function test реабилитация с применением ВР и с сенсорной РП сопровождается лучшим восстановлением функции кисти, чем обычные повторные курсы реабилитации.

Учитывая, что повышенный мышечный тонус еще больше ограничивает уже сниженную двигательную активность и возможности сенсомоторной реабилитации, уменьшение выраженности спастичности можно рассматривать как необходимую составляющую реабилитационных программ. Сегодня специфическим методом лечения фокальной или мультифокальной спастичности, имеющим высокий уровень рекомендаций (А) и класс доказательности (I), является ботулинотерапия (БТ), представляющая собой регулярные инъекции ботулинического токсина типа А (БТА) в мышцы, формирующие индивидуальный спастический паттерн. Обоснованность и целесообразность включения БТ в комплекс реабилитационных программ, направленных на снижение спастичности и восстановление тонкой манипулятивной активности верхней конечности, подтверждена рядом исследований последних лет [25–35].

БТА занимает важное место в комплексной терапии постинсультной спастичности. За последние десятилетия значительно укрепилась доказательная база эффективности и безопасности его клинического применения. Применению БТА посвящены многочисленные конференции и публикации, появились руководства по БТ, консенсусы, клинические рекомендации, выполнены рандомизированные и многоцентровые исследования, метаанализы<sup>1</sup> [36–39]. Увеличился перечень препаратов ботулотоксина для клинического применения. Так, если в 1990-е гг. на рынке были представлены только 2 препарата ботулотоксина типа А: онаботулотоксин А (Ботокс) и аботулотоксин А (Диспорт) и один типа В: римаботулотоксин В (Миоблок/Нейроблок), то в 2000-е гг. появились новые ботулотоксины типа А – инкоботулотоксин А (Ксеомин), Лантокс и Релатокс. В последние годы проведен ряд исследований, в которых доказаны эффективность и безопасность применения инкоботулотоксина А в лечении фокальной и мультифокальной постинсультной спастичности верхней конечности [31, 33, 40, 41].

Однако до настоящего времени продолжают обсуждаться оптимальные реабилитационные стратегии, и ряд исследований показывают эффективность и безопасность применения БТ комбинированной с роботизированными технологиями [42], двигательной терапией, вызванной ограничением движения (СИМТ) [43], позиционированием, пассивным и активным растяжением спастических мышц [2], функциональной электростимуляцией [44–46], ортезированием [47]. Но, по данным шотландских исследователей, использование ортезов для запястья и паль-

цев кисти в течение 4 нед. с применением реабилитационных мероприятий и без не показало существенных эффектов [48, 49].

Специфические тонкие постинсультные двигательные нарушения верхней конечности, требующие точных скоординированных целенаправленных движений, например, способность модулировать диапазон и усилия при движениях пальцев и кисти, обуславливают необходимость разработки новых комплексных технологий для функционального восстановления [50, 51].

**Целью** настоящего исследования являлось изучение эффективности и безопасности комплексного применения реабилитационной технологии с виртуальной реальностью и биологической обратной связью «Перчатка-тренажер «SENSOREHAB» и ботулинического нейротоксина типа А (инкоботулотоксин А) для восстановления тонкой двигательной (предметно-манипулятивной) функции руки в сравнении с индивидуальным комплексом ЛФК в позднем восстановительном периоде ИИ.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Одноцентровое рандомизированное контролируемое исследование, одобренное ЛЭК ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ» ДЗМ (протокол № 3, 18.02.2021), было проведено на базе филиала № 7 ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины» Департамента здравоохранения г. Москвы (ГАУЗ «МНПЦ МРВСМ» ДЗМ) совместно с кафедрой неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России. Дизайн исследования приведен на *рисунке*.

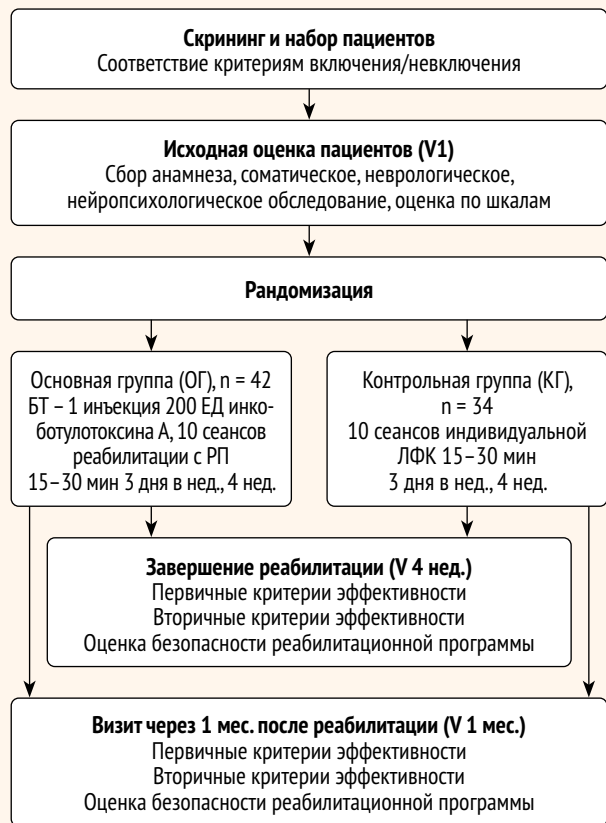
Отбор потенциальных участников исследования проводился из числа пациентов, направленных на медицинскую реабилитацию (МР) медицинскими организациями Москвы, согласно критериям включения в исследование (*табл. 1*). Все пациенты, включенные в исследование, имели фокальную спастичность кисти и запястья и нарушение предметно-манипулятивной деятельности легкой или умеренной степени выраженности.

### Критерии не включения в исследование:

- Неврологические заболевания, вызывающие снижение мышечной силы или повышение мышечного тонуса в верхних конечностях.
- Выраженная контрактура и деформации верхней конечности.
- Применение других методик БОС для восстановления нарушенной функции верхней конечности в течение 30 дней, предшествующих визиту включения пациента.
- Применение БТА в течение 6 мес., предшествующих включению в исследование.
- Выраженные зрительные нарушения, снижение остроты зрения менее 0,2 на худшем глазу согласно таблице остроты зрения Сивцева.
- Сенсорная афазия, грубая моторная афазия.
- Повторный инсульт.
- Соматические заболевания в стадии декомпенсации.

<sup>1</sup> Spasticity in adults: Management using botulinum toxin. National Guidelines. Royal College of Physicians, 2009. Available at: <https://www.rcplondon.ac.uk/guidelines-policy/spasticity-adults-management-using-botulinum-toxin>.

- **Рисунок.** Методика и процедуры обследования (дизайн исследования)
- **Figure.** Methodology and procedures for examination (study design)



- Злоупотребление алкоголем, наркотиками.
- Беременность и лактация.

Методом таблицы случайных чисел пациенты были рандомизированы в 2 группы – основная (ОГ) и контрольная (КГ), сопоставимые по полу, возрасту, клиническим проявлениям (табл. 2).

Пациентам обеих групп исследования проводили базовую терапию в соответствии со Стандартами оказания медицинской помощи.

Пациентам, включенным в ОГ, для уменьшения спастичности проводилась одна инъекционная сессия БТА (инкоботулотоксин А) под ультразвуковым контролем. Суммарная доза БТА на одну инъекционную сессию составила 200 ЕД инкоботулотоксина А. Инъекцируемые мышцы: *m. flexorcarpiradialis* – 50 ЕД; *m. Flexor carpi ulnaris* – 40 ЕД; *m. Flexor digitorum profundus* – 40 ЕД; *m. Flexor digitorum superficialis* – 40 ЕД; *m. Flexor pollicis longus* – 20 ЕД; *m. adductorpollicis* – 10 ЕД.

Через 7 дней после проведения БТ для восстановления предметно-манипулятивной деятельности руки пациентам ОГ было проведено 10 занятий с применением РП «SENSOREHAB» с ВР и БОС в течение 20–30 мин 3 раза в нед. (4 нед.).

В КГ пациенты получали МР (в т. ч. занятия индивидуальной ЛФК для верхней конечности по 20–30 мин 3 раза в нед., 4 нед.) за исключением РП.

- **Таблица 1.** Критерии включения в исследование
- **Table 1.** Eligibility criteria for enrolment in the study

| Оцениваемый показатель                           | Критерии включения   |
|--|--|
| Пол  | Женщины/мужчины  |
| Возраст  | 45–75 лет  |
| Локализации и характер ИИ                        | Первый супратенториальный ИИ в бассейне средней мозговой артерии, правое/левое полушарие, подтвержденный КТ/МРТ                          |
| Речевые функции, контакт с пациентом             | Отсутствие речевых нарушений, полный контакт с пациентом   |
| Давность ИИ                                      | 6–12 мес.  |
| Мышечная сила                                    | 3–4 балла по шкале Комитета медицинских исследований (Medical Research Council Scale, MRCs)*   |
| Спастичность                                     | ≤3 баллов по модифицированной шкале Эшворта (Modified Ashworth Scale, MAS) [52]  |
| Органы чувств                                    | Глубокая чувствительность, кинестетическое чувство, зрение, слух полностью сохранены   |
| Когнитивные функции                              | >20 баллов по Монреальской шкале оценки когнитивных функций (Montreal Cognitive Assessment, MoCA) [53]                                   |
| Тревога и депрессия                              | <11 баллов по разделам «Тревога» и «Депрессия» Госпитальной шкалы тревоги и депрессии (Hospital Anxiety and Depression Scale, HADS) [54] |
| Информированное согласие и протокол исследования | Добровольное информированное согласие на участие в исследовании и соблюдение протокола исследования                                      |

\* MRCs: Medical Research Council Scale. Available at: <https://mrc.ukri.org/research/facilities-and-resources-for-researchers/mrc-scales/>.

#### Описание реабилитационной технологии

РП «SENSOREHAB» основана на визуальной и кинестетической БОС, реализуемой посредством набора когнитивных интерактивных компьютерных игр (КИ), управляемых движениями кисти и пальцев. Сложность КИ классифицируется в соответствии с предполагаемыми движениями. В каждой КИ для достижения результата необходимо выполнить задачу, связанную с конкретным движением.

Для проведения процедуры рука размещается и фиксируется в РП со встроенными чувствительными элементами, обеспечивающими сверхточное управление. Сенсор отслеживает движение и положение дистальной части руки и распознает пронацию/супинацию предплечья, сгибание/разгибание запястья и радиально-локтевое отклонение запястья в вертикальной и горизонтальной плоскости, а также сгибание/разгибание пальцев и сложные комбинированные движения. Датчик в устройстве определяет трехмерную ориентацию дистального отдела руки, а 5 датчиков оценивают степень сгибания пальцев.

Система модулирует и корректирует уровень сложности в соответствии с достижениями пациента так, чтобы результативность приближалась к эталонной. Уровень сложности может быть изменен положением цели, продолжительностью и скоростью ее перемещения или иным способом.



● **Таблица 2.** Демографическая и клиническая характеристика пациентов, включенных в исследование  
 ● **Table 2.** Demographic and clinical characteristics of patients enrolled in the study

| Параметр  | Основная группа (n = 42)                         | Контрольная группа (n = 34)                      |
|---|--|--|
| Женщины/мужчины, n (%)  | 23/19 (54,8/45,2)                                | 19/15 (55,9/44,1)                                |
| Возраст, лет  | 60,2 ± 2,5                                       | 61,1 ± 3,6                                       |
| Локализация ИИ<br>• правое/левое полушарие, n (%)   | 14/28 (33,3/66,7)                                | 11/23 (32,4/67,6)                                |
| Давность инсульта, мес.   | 8,5 ± 1,4  | 7,9 ± 1,5  |
| Подтипы по TOAST, n (%)<br>• Атеротромботический<br>• Кардиоэмболический<br>• Лакунарный<br>• Неуточненный                                      | 19 (45,2)<br>9 (21,4)<br>8 (19,1)<br>6 (14,3)    | 16 (47,1)<br>7 (20,1)<br>7 (20,1)<br>4 (11,8)    |
| Гемипарез: справа/слева   | 28/14 (66,7/33,3)                                | 23/11 (67,6/32,4)                                |
| Мышечная сила, баллы<br><i>верхняя конечность</i><br>• проксимально<br>• дистально<br><i>нижняя конечность</i><br>• проксимально<br>• дистально | 3,3 ± 0,4<br>3,2 ± 0,3<br>3,9 ± 0,2<br>3,2 ± 0,4 | 3,2 ± 0,6<br>3,1 ± 0,5<br>3,5 ± 0,5<br>3,1 ± 0,5 |
| Спаستичность, баллы<br><i>верхняя конечность</i><br>• проксимально<br>• дистально<br><i>нижняя конечность</i><br>• проксимально<br>• дистально  | 2,2 ± 0,1<br>2,7 ± 0,3<br>1,9 ± 0,2<br>2,1 ± 0,1 | 2,3 ± 0,2<br>2,6 ± 0,2<br>1,7 ± 0,2<br>2,0 ± 0,1 |
| MoCA, баллы   | 25,2 ± 2,1                                       | 25,4 ± 1,7                                       |
| HADS, баллы<br>• Депрессия<br>• Тревога   | 9,6 ± 2,2<br>9,7 ± 2,3                           | 9,4 ± 2,1<br>9,6 ± 2,1                           |
| Индекс Бартел, баллы  | 59,4 ± 5,6                                       | 61,7 ± 6,2                                       |
| EuroQoL-5D (ВАШ), баллы   | 47,4 ± 6,3                                       | 46,9 ± 4,2                                       |

Оценка эффективности проводилась на основании набора шкал и методов (табл. 3). Побочные эффекты и нежелательные явления оценивали на каждом визите.

К *первичным критериям эффективности* МР (табл. 3) относили улучшение двигательной функции верхней конечности и ее предметно-манипулятивной деятельности, оцененное по следующим шкалам: прирост баллов по FMA (разделы А–D ≥7 баллов), ARAT (≥5 баллов) и тесту NHPT (ускорение выполнения задания на 4 сек) и уменьшение выраженности спастичности по MAS ≥1 балл.

*Вторичными критериями эффективности* МР (табл. 3) были изменения выраженности пареза (MRCS), боли (ВАШ), качества жизни (EuroQoL – EQ-5D-5L), улучшение функциональной независимости (прирост BI ≥4 балла), а для ОГ – также % правильно выполненных заданий. После 10 сеансов и через 1 мес. после МР проводилась повторная оценка.

## Статистический анализ

Статистический анализ проводился с использованием Statistica 7,0 и Microsoft Excel. Распределение данных оценивалось по критерию Шапиро – Уилка. Параметрические количественные данные были представлены средними значениями и стандартной ошибкой среднего ( $M \pm m$ ). Непараметрические количественные и ранговые переменные – медианой и межквартильным интервалом (Me [P25; P75]).

В зависимости от распределения сравнение средних в двух независимых выборках проводилось при помощи t-теста или U-критерия Манна – Уитни, в двух парных выборках – при помощи t-теста для зависимых выборок или критерия Уилкоксона. Корреляционная связь между показателями в зависимости от распределения определялась с помощью коэффициента Пирсона или Спирмена. Уровень статистической значимости был  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Первичные критерии эффективности

**Шкала FMA-UE, ARAT, NHPT.** Оценка двигательной функции руки через 4 нед. после окончания курса МР среди пациентов ОГ выявила улучшение тонких двигательных функций кисти, о чем свидетельствовало увеличение суммы баллов по шкале FMA dist и FMA total ( $p < 0,05$ ). Прирост значений по FMA dist составил 6,3 балла, не достигая 0,7 балла до минимальных клинически значимых различий – МКЗР (≥7 баллов). В КГ наблюдалась тенденция к улучшению по разделу FM total, так, если в начале МР группы исследования

● **Таблица 3.** Методы оценки эффективности  
 ● **Table 3.** Efficiency evaluation methods

| Изучаемая функция                       | Методика обследования  |
|---|--|
| <i>Первичные критерии эффективности</i> |  |
| Двигательная функция верхней конечности | • Шкала Fugl – Meyer для руки (FMA-UE) [55];<br>• шкала ARAT [56];<br>• тест с колышками и девятью отверстиями (NHPT) [57] |
| Спастичность                            | Модифицированная шкала Эшворта (MAS) [52]  |
| <i>Вторичные критерии эффективности</i> |  |
| Мышечная сила                           | Шкала Комитета медицинских исследований (MRCS)   |
| Боль в паретичной конечности            | Визуальная аналоговая шкала (ВАШ) боли [58]  |
| Функциональная независимость            | Индекс Бартел (БИ) с анализом суммы баллов и отдельно разделов: прием пищи, купание, уход за собой, одевание [59]          |
| Качество жизни                          | Европейский опросник качества жизни EuroQoL EQ-5D-5L (версия 1,0, 2011 в сочетании с визуальной аналоговой шкалой) [60]    |
| Точность выполнения ИМК-задач (для ОГ)  | % правильно выполненных заданий  |

Примечание: ИМК – интерфейс мозг-компьютер.

не различались между собой, то по завершении исследования наблюдали значимые ( $p < 0,05$ ) различия между ОГ и КГ по FMA-UE total и FMA-UE dist (табл. 4).

Аналогично прирост баллов по ARAT среди пациентов ОГ приблизился к МКЗР (5,5 балла, достоверность различий между ОГ и КГ  $p < 0,05$ ).

В ОГ значимое улучшение двигательной функции по FMA отмечено у 65,5% пациентов, по ARAT – в 63,8% случаев. В КГ эти показатели составили 27,1 и 26,5% соответственно. В обеих группах имелась положительная средней силы связь между улучшением функции кисти по ARAT и исходно легким парезом ( $r \geq 0,5$ ,  $p < 0,05$ ).

При оценке NHPT в ОГ в отличие от КГ было получено значимое ( $p < 0,05$ ) нарастание быстроты выполнения теста, увеличение скорости выполнения NHPT пациентами ОГ в 4 раза ( $16,2 \pm 3,6$  сек) превысило МКЗР (табл. 4).

#### Вторичные критерии эффективности

**Спаستичность.** Анализ динамики выраженности спастичности показал ее значимое ( $p < 0,05$ ) снижение в ОГ на  $1,5 \pm 0,1$  балла, оцененное по завершении лечения и через месяц последующего наблюдения, что превысило МКЗР на 0,5 балла и достоверно ( $p < 0,05$ ) отличалось от КГ. Выявлена отрицательная средней силы взаимосвязь между выраженностью спастичности и функциональным улучшением двигательной функции руки по шкалам ARAT ( $r \geq -0,56$ ,  $p < 0,05$ ) и FMA dist ( $r \geq -0,58$ ,  $p < 0,05$ ) у пациентов ОГ.

**Мышечная сила.** Динамика прироста силы в каждой группе мышц (сгибатели плеча, разгибатели локтя, сгибатели запястья и пальцев, супинаторы предплечья, пронаторы предплечья) не различалась между ОГ и КГ и составила 0,6 балла в ОГ и 0,5 балла в КГ по сравнению с исходным уровнем (табл. 4,  $p > 0,05$ ).

**Боль.** Уровень боли исходно у пациентов обеих групп соответствовал пограничным значениям между слабой и умеренной болью, через 4 нед. по завершении МР как в ОГ, так и в КГ выраженность боли соответствовала легкой степени. Однако, при последующем наблюдении, через 1 мес. по завершении МР у пациентов ОГ отмечена тенденция к дальнейшему снижению выраженности боли. При этом число пациентов ОГ, отметивших отсутствие болевого синдрома к концу периода наблюдения, составило 44,2%, тогда как в КГ таковых было 21,7%.

**Индекс Бартел.** В ОГ к концу МР отмечалось достоверное улучшение функциональной независимости, оцененное по БИ, сохранявшееся и через 1 мес. последующего наблюдения. Динамика была обусловлена улучшением по разделам одевание (на 56%), прием пищи (на 54%), прием ванны (на 60%) и пользование туалетом (на 46%). В КГ значимой динамики не было (табл. 4).

**Качество жизни.** Проблемы со здоровьем по опроснику EuroQoL-5D были выявлены у всех пациентов. В обеих группах отмечались трудности ухода за собой (55,6%), беспокойство и сниженный эмоциональный фон (47,7%), проблемы в повседневной деятельности (42,0%), умеренная боль и дискомфорт (33%).

В начале исследования показатели, отражающие качество жизни, не различались между ОГ и КГ ( $46,4 \pm 6,6$

и  $46,8 \pm 4,4$  балла). После МР оценка качества жизни в ОГ стала достоверно выше,  $p < 0,05$ . Дальнейшее наблюдение показало устойчивый положительный эффект МР в обеих группах (табл. 4).

**Продолжительность тренировки.** Средняя продолжительность тренировки увеличилась с 10 мин на первом сеансе до 25 мин на последнем сеансе. Среднее

● **Таблица 4.** Эффективность комплексной реабилитации пациентов с постинсультной дисфункцией верхней конечности (первичные и вторичные критерии эффективности)

| Шкалы  | Визиты           |                   |             |
|--|------------------|-------------------|-------------|
|  | V1               | V2                | V3          |
| <b>Первичные критерии эффективности МР</b>         |                  |                   |             |
| Основная группа (n = 42)                           |                  |                   |             |
| FMA-UE total, баллы                                | 52,6 ± 1,7       | 59,6 ± 1,3*       | 60,6 ± 1,6* |
| FMA-UE prox, баллы                                 | 31,2 ± 1,2       | 34,1 ± 0,7*       | 34,5 ± 0,9* |
| FMA-UE dist, баллы                                 | 21,4 ± 0,5       | 26,4 ± 0,6*       | 27,7 ± 0,7* |
| ARAT, баллы  | 43,5 ± 3,4       | 48,9 ± 3,5*       | 49,0 ± 3,0* |
| NHPT, сек  | 37,5 ± 6,3       | 21,3 ± 2,7*       | 22,5 ± 3,5* |
| Спастичность, верхняя конечность, дистально, баллы | 2,7 ± 0,3        | 1,2 ± 0,4*        | 1,0 ± 0,2*  |
| Продолжительность тренировки, мин                  | 10,0 (1,5–22,0)  | 25,0 (4,5–35,0)   | -           |
| Эффективное время тренировки, мин                  | 16,5 (12,5–20,1) | 32,1* (23,9–37,9) | -           |
| Контрольная группа (n = 34)                        |                  |                   |             |
| FMA-UE total, баллы                                | 53,5 ± 1,8       | 54,8 ± 2,0        | 56,9 ± 2,4  |
| FMA-UE prox, баллы                                 | 32,1 ± 2,3       | 32,5 ± 2,2        | 33,5 ± 2,1  |
| FMA-UE dist, баллы                                 | 21,4 ± 0,8       | 23,3 ± 1,7        | 23,4 ± 1,2  |
| ARAT, баллы  | 42,9 ± 3,0       | 44,3 ± 3,1        | 44,2 ± 3,0  |
| NHPT, сек  | 35,9 ± 5,8       | 29,4 ± 4,2        | 28,7 ± 4,1  |
| Спастичность, баллы                                | 2,6 ± 0,2        | 2,5 ± 0,1         | 2,5 ± 0,2   |
| <b>Вторичные критерии эффективности МР</b>         |                  |                   |             |
| Основная группа (n = 42)                           |                  |                   |             |
| Мышечная сила, баллы                               | 3,2 ± 0,3        | 3,8 ± 0,5         | 3,7 ± 0,4   |
| Боль, баллы  | 3,8 ± 0,7        | 2,2 ± 0,8*        | 1,6 ± 0,8*  |
| Индекс Бартел, баллы                               | 58,2 ± 6,6       | 75,6 ± 5,6*       | 77,8 ± 5,6* |
| EQ-5D-5 (ВАШ), баллы                               | 46,4 ± 6,6       | 67,8 ± 5,8*       | 72,3 ± 5,7* |
| Контрольная группа (n = 34)                        |                  |                   |             |
| Мышечная сила, баллы                               | 3,1 ± 0,5        | 3,6 ± 0,2         | 3,6 ± 0,8   |
| Боль, баллы  | 3,7 ± 0,8        | 2,6 ± 0,5*        | 2,5 ± 0,8*  |
| Индекс Бартел, баллы                               | 60,9 ± 5,8       | 73,1 ± 5,7        | 75,5 ± 5,3  |
| EQ-5D-5 (ВАШ), баллы                               | 46,7 ± 4,5       | 54,3 ± 4,6        | 61,6 ± 4,7* |

Примечание: достоверность различий \* $p < 0,05$ .

и  $46,8 \pm 4,4$  балла). После МР оценка качества жизни в ОГ стала достоверно выше,  $p < 0,05$ . Дальнейшее наблюдение показало устойчивый положительный эффект МР в обеих группах (табл. 4).

**Продолжительность тренировки.** Средняя продолжительность тренировки увеличилась с 10 мин на первом сеансе до 25 мин на последнем сеансе. Среднее

эффективное время увеличилось с 7,5 мин на первом занятии до 18,1 мин на последнем занятии. Общее время и общее эффективное время тренировки составило 203 и 190 мин (табл. 4).

У 28,5% пациентов ОГ наблюдалось улучшение быстроты выполнения заданий, однако 100% достижения результатов не было, в связи с чем им было рекомендовано продолжить МР до 15–20 сеансов.

**Безопасность РП.** При проведении реабилитации с РП и применением БТА ухудшения общего состояния, изменений показателей системной гемодинамики не выявлено. Наиболее частым нежелательным явлением (77,7%) было утомление к концу занятия. Серьезных нежелательных явлений не зарегистрировано.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Целью настоящего исследования было изучение эффективности комплексной реабилитации в отношении функционального использования верхней конечности (предметно-манипулятивной деятельности кисти) у пациентов со спастическим парезом легкой и средней степени выраженности в позднем восстановительном периоде ИИ. Эта категория пациентов, как правило, имеет высокий реабилитационный потенциал и благоприятный реабилитационный прогноз для восстановления точных и тонких движений кисти и пальцев, взаимосвязанных с выполнением сложных мануальных действий, необходимых при самообслуживании, уходе за собой, досуге или работе, что повышает качество их жизни и функциональную независимость.

Комплексность реабилитационной программы с включением БТА и РП позволяет повысить эффективность двигательной реабилитации и достичь восстановления навыков предметно-манипулятивной деятельности, необходимой для бытовой и профессиональной активности [61]. В основе методики лежит нейросенсорное обучение и переобучение, позволяющее улучшить весь спектр целенаправленных тонких движений, что, вероятно, способствует активации других отделов головного мозга и приводит к более выраженному улучшению по сравнению с только силовой тренировкой [17, 61, 62].

Достаточный объем функциональной деятельности кисти является необходимым условием для восстановления тонких и сложных мануальных навыков. В настоящем исследовании показано, что применение РП в условиях уменьшения спастичности позволяет достоверно улучшить двигательную функцию кисти, что согласуется с результатами ранее проведенных исследований [32, 33]. В ОГ применение БТА и РП с повторяющейся тренировкой предплечья, кисти и пальцев и использованием компьютерных интерактивных игр с ВР сопровождалось улучшением тонких движений кисти, которое устойчиво сохранялось в течение 1 мес. после завершения МР. Несмотря на то что прирост по FMA не достиг 0,7 баллов в ОГ до МКЗР, имелись достоверные различия в приросте по сравнению с КГ и, учитывая результаты предыдущих исследований, в которых прирост FMA был

3,5–4,5 балла [63], достигнутое улучшение можно считать хорошим. Прирост значений по ARAT в ОГ также приблизился к МКЗР и был значимо выше, чем в КГ. Как достижение МКЗР можно рассматривать и сочетание прироста значений по FMA и ARAT с % успешно выполненных заданий и сокращением времени на выполнение ННРТ на 30% от исходного.

В результате тренировок с РП в условиях снижения ограничивающего влияния спастичности более эффективными становились движения руки при достижении и взаимодействии с целью, о чем свидетельствовали улучшенная проксимальная стабильность, плавность и эффективность пути движения руки к цели, что отражало улучшение нейромоторного контроля [61].

Также в исследовании показан положительный эффект комплексной реабилитации в отношении проксимальных отделов паретичной руки, что можно объяснить увеличением площади возбуждения с захватом соседних для проекции кисти зон во время занятий РП [9, 61, 64].

После курса комплексной МР отмечено значимое улучшение функциональной независимости по БИ. Эти результаты согласуются с предыдущими исследованиями, в которых установлено улучшение по ряду разделов БИ при использовании терапии, ограничивающей движение здоровой конечности (СИМТ), по сравнению с обычной терапией [65].

В последние годы изучается возможность включения EuroQoL для оценки эффективности реабилитации, включая реабилитацию с ВР [22, 66]. Реабилитация с применением ВР по сравнению с обычной реабилитацией значительно изменяет показатели «ограничения роли из-за физической проблемы» по опроснику Краткого обследования состояния здоровья, повышает мотивацию к восстановлению [61]. В настоящем исследовании показано, что комплексная МР, включающая БТ и РП, достоверно улучшала качество жизни по EuroQoL-5D, которое сохранялось в течение 1 мес. последующего наблюдения [24, 67–69].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, комплексная программа МР пациентов с постинсультной дисфункцией верхней конечности при легкой и средней степени выраженности спастического пареза, включающая применение БТА (инкоботулотоксин А) и инновационной информационно-коммуникативной реабилитационной технологии РП с ВР и БОС, значимо улучшает восстановление тонких движений кисти (предметно-манипулятивной деятельности), функциональную независимость пациентов и качество их жизни. Вмешательства, направленные на снижение спастичности следует рассматривать как необходимый компонент достижения эффективности функционального восстановления.

В связи с полученными результатами, доказывающими эффективность улучшения предметно-манипулятивной деятельности у пациентов, в программу реабилитации которых была включена БТ в комплексе с реабилитационной технологией РП, целесообразно рассмотреть

возможность проведения повторных циклов БТ при сохранении у пациентов спастичности  $\geq 2$  баллов по MAS и реабилитационного потенциала.

Проведение дальнейших исследований, направленных на разработку реабилитационных программ для пациентов с неглубоким постинсультным спастическим парезом, имеющих высокую вероятность восстановления

до возможности полноценной социальной, профессиональной и бытовой интеграции вследствие восстановления предметно-манипулятивной деятельности, представляется актуальной научно-практической задачей.



Поступила / Received 19.09.2022  
Поступила после рецензирования / Revised 07.10.2022  
Принята в печать / Accepted 11.10.2022

## Список литературы / References

1. Hankey G.J. The global and regional burden of stroke. *Lancet Glob Health*. 2013;1(5):e239–e240. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(13\)70095-0](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(13)70095-0).
2. Salazar A.P., Pinto C., Ruschel Mossi J.V., Figueiro B., Lukrafka J.L., Pagnussat A.S. Effectiveness of static stretching positioning on post-stroke upper-limb spasticity and mobility: Systematic review with meta-analysis. *Ann Phys Rehabil Med*. 2019;62(4):274–282. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2018.11.004>.
3. Norrving B., Kissela B. The global burden of stroke and need for a continuum of care. *Neurology*. 2013;80(3 Suppl. 2):S5–S12. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3182762397>.
4. Brainin M. Poststroke spasticity: Treating to the disability. *Neurology*. 2013;80(2):S1–S4. <https://doi.org/10.1212/wnl.0b013e3182762379>.
5. Пандьян А.Д., Херменс Х.Дж., Конвей Б.А. (ред.) *Нейрореабилитация. Спастика и контрактуры в клинической практике и исследованиях*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2021. 336 с. <https://doi.org/10.33029/9704-5954-6-NR-2021-1-336>.
6. Pandyan A.D., Hermens H.J., Conway B.A. (eds.) *Neurological Rehabilitation. Spasticity and Contractures in Clinical Practice and Research*. 1<sup>st</sup> ed. CRC Press; 2017. <https://doi.org/10.1201/97811315374369>.
7. Гусев Е.И., Бойко А.Н., Костенко Е.В. *Спастика: клиника, диагностика и комплексная реабилитация с применением ботулинотерапии*. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2019. 288 с. <https://doi.org/10.33029/9704-5337-7-SPA-2020-1-288>.
8. Gusev E.I., Boyko A.N., Kostenko E.V. *Spasticity: clinic, diagnosis and comprehensive rehabilitation with the use of botulinum therapy*. 2<sup>nd</sup> ed., Moscow: GEOTAR-Media; 2019. 288 p. (In Russ.) <https://doi.org/10.33029/9704-5337-7-SPA-2020-1-288>.
9. Li S. Spasticity, Motor Recovery, and Neural Plasticity after Stroke. *Front Neurol*. 2017;8:120. <https://doi.org/10.3389/fneur.2017.00120>.
10. Nakayama H., Jørgensen H.S., Raaschou H.O., Olsen T.S. Compensation in recovery of upper extremity function after stroke: the Copenhagen Stroke Study. *Arch Phys Med Rehabil*. 1994;75(8):852–857. [https://doi.org/10.1016/0003-9993\(94\)90108-2](https://doi.org/10.1016/0003-9993(94)90108-2).
11. Meyer S., Karttunen A.H., Thijs V., Feys H., Verheyden G. How do somatosensory deficits in the arm and hand relate to upper limb impairment, activity, and participation problems after stroke? A systematic review. *Phys Ther*. 2014;94(9):1220–1231. <https://doi.org/10.2522/ptj.20130271>.
12. Hara Y. Brain plasticity and rehabilitation in stroke patients. *J Nippon Med Sch*. 2015;82(1):4–13. <https://doi.org/10.1272/jnms.82.4>.
13. Roby-Brami A., Jarrassé N., Parry R. Impairment and Compensation in Dexterous Upper-Limb Function After Stroke. From the Direct Consequences of Pyramidal Tract Lesions to Behavioral Involvement of Both Upper-Limbs in Daily Activities. *Front Hum Neurosci*. 2021;15:662006. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.662006>.
14. Li S., Francisco G.E. New insights into the pathophysiology of post-stroke spasticity. *Front Hum Neurosci*. 2015;9:192. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00192>.
15. Pandyan A.D., Gregoric M., Barnes M.P., Wood D., Van Wijck F., Burridge J. et al. Spasticity: clinical perceptions, neurological realities and meaningful measurement. *Disabil Rehabil*. 2005;27(1–2):2–6. <https://doi.org/10.1080/09638280400014576>.
16. Dietz V., Sinkjaer T. Spastic movement disorder: impaired reflex function and altered muscle mechanics. *Lancet Neurol*. 2007;6(8):725–733. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(07\)70193-X](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(07)70193-X).
17. Barnes M. An overview of the clinical management of spasticity. In: Barnes M., Johnson G. (eds.) *Upper Motor Neurone Syndrome and Spasticity: Clinical Management and Neurophysiology*. Cambridge: Cambridge University Press; 2008, pp. 1–8. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511544866.002>.
18. Barow E., Pinnschmidt H., Boutitie F., Königsberg A., Ebinger M., Endres M. et al. Symptoms and probabilistic anatomical mapping of lacunar infarcts. *Neuro Res Pract*. 2020;2(2):21. <https://doi.org/10.1186/s42466-020-00068-y>.
19. Ambrosini E., Peri E., Nava C., Longoni L., Monticone M., Pedrocchi A. et al. A multimodal training with visual biofeedback in subacute stroke survivors: a randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2020;56(1):24–33. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.19.05847-7>.
20. Lee S.H., Lee J.Y., Kim M.Y., Jeon Y.J., Kim S., Shin J.H. Virtual Reality Rehabilitation With Functional Electrical Stimulation Improves Upper Extremity Function in Patients With Chronic Stroke: A Pilot Randomized Controlled Study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2018;99(8):1447–1453.e1. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2018.01.030>.
21. De Arriba-Pérez F., Caeiro-Rodríguez M., Santos-Gago J.M. Collection and Processing of Data from Wrist Wearable Devices in Heterogeneous and Multiple-User Scenarios. *Sensors (Basel)*. 2016;16(9):1538. <https://doi.org/10.3390/s16091538>.
22. Caeiro-Rodríguez M., Otero-González I., Mikic-Fonte F.A., Llamas-Nistal M. A Systematic Review of Commercial Smart Gloves: Current Status and Applications. *Sensors (Basel)*. 2021;21(8):2667. <https://doi.org/10.3390/s21082667>.
23. Henderson J., Condell J., Connolly J., Kelly D., Curran K. Review of Wearable Sensor-Based Health Monitoring Glove Devices for Rheumatoid Arthritis. *Sensors (Basel)*. 2021;21(5):1576. <https://doi.org/10.3390/s21051576>.
24. Shin J.H., Kim M.Y., Lee J.Y., Jeon Y.J., Kim S., Lee S. et al. Effects of virtual reality-based rehabilitation on distal upper extremity function and health-related quality of life: a single-blinded, randomized controlled trial. *J Neuroeng Rehabil*. 2016;13(1):17. <https://doi.org/10.1186/s12984-016-0125-x>.
25. Laver K.E., Lange B., George S., Deutsch J.E., Saposnik G., Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017;11(11):CD008349. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008349.pub4>.
26. Lin S.H., Dionne T.P. Interventions to Improve Movement and Functional Outcomes in Adult Stroke Rehabilitation: Review and Evidence Summary. *J Particip Med*. 2018;10(1):e3. <https://doi.org/10.2196/jorpm.8929>.
27. Акжигитов Р.Г., Алекаян Б.Г., Алферова В.В., Белкин А.А., Беляева И.А., Бойцов С.А. и др. *Ишемический инсульт и транзиторная ишемическая атака у взрослых: клинические рекомендации*. 2022. Режим доступа: <https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/171>.
28. Akzhigitov R.G., Alekyan B.G., Alferova V.V., Belkin A.A., Belyaeva I.A., Boytsov S.A. et al. *Ischemic stroke and transient ischemic attack in adults: clinical guidelines*. 2022. (In Russ.) Available at: <https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/171>.
29. Hara T., Abo M., Hara H., Kobayashi K., Shimamoto Y., Samizo Y. et al. Effects of botulinum toxin A therapy and multidisciplinary rehabilitation on upper and lower limb spasticity in post-stroke patients. *Int J Neurosci*. 2017;127(6):469–478. <https://doi.org/10.1080/00207454.2016.1196204>.
30. Hara T., Motosaki R., Niimi M., Yamada N., Hara H., Abo M. Botulinum Toxin Therapy Combined with Rehabilitation for Stroke: A Systematic Review of Effect on Motor Function. *Toxins (Basel)*. 2019;11(12):707. <https://doi.org/10.3390/toxins11120707>.
31. Hara T., Abo M., Hara H., Sasaki N., Yamada N., Niimi M., Shimamoto Y. The Effect of Repeated Botulinum Toxin A Therapy Combined with Intensive Rehabilitation on Lower Limb Spasticity in Post-Stroke Patients. *Toxins (Basel)*. 2018;10(9):349. <https://doi.org/10.3390/toxins10090349>.
32. Dong Y., Wu T., Hu X., Wang T. Efficacy and safety of botulinum toxin type A for upper limb spasticity after stroke or traumatic brain injury: a systematic review with meta-analysis and trial sequential analysis. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2017;53(2):256–267. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.16.04329-X>.
33. Veverka T., Hluštík P., Otruba P., Hok P., Opavský R., Zapletalová J., Kaňovský P. Cortical somatosensory processing after botulinum toxin therapy in post-stroke spasticity. *Medicine (Baltimore)*. 2021;100(25):e26356. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000026356>.
34. Bensmail D., Wissel J., Laffont I., Simon O., Scheschonka A., Flatau-Baqué B. et al. Efficacy of incobotulinumtoxinA for the treatment of adult lower-limb post-stroke spasticity, including pes equinovarus. *Ann Phys Rehabil Med*. 2021;64(2):101376. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2020.03.005>.
35. Kaňovský P., Elovic E.P., Munin M.C., Hanschmann A., Pulte I., Althaus M. et al. Sustained efficacy of incobotulinumtoxinA repeated injections for upper-limb post-stroke spasticity: A post hoc analysis. *J Rehabil Med*. 2021;53(1):jrm00138. <https://doi.org/10.2340/16501977-2760>.
36. Masakado Y., Abo M., Kondo K., Saeki S., Saitoh E., Dekundy A. et al. Efficacy and safety of incobotulinumtoxinA in post-stroke upper-limb spasticity in Japanese subjects: results from a randomized, double-blind, placebo-controlled study (J-PURE). *J Neurol*. 2020;267(7):2029–2041. <https://doi.org/10.1007/s00415-020-09777-5>.
37. Marciniak C., Munin M.C., Brashear A., Rubin B.S., Patel A.T., Slawek J. et al. IncobotulinumtoxinA Efficacy and Safety in Adults with Upper-Limb Spasticity Following Stroke: Results from the Open-Label Extension Period of a Phase 3 Study. *Adv Ther*. 2019;36(1):187–199. <https://doi.org/10.1007/s12325-018-0833-7>.
38. Хатькова С.Е., Байкова А., Мезоноб П., Хасанова Д.Р. Влияние комплексного лечения спастичности верхней конечности, включающего повторные инъекции ботулинического токсина типа А, на достижение целей, ориентированных на нужды пациента, в реальной клинической практике: результаты международного проспективного, наблюдательного исследования спастичности верхней конечности ULIS-III в российской подгруппе



- пациентов. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2021;121(11):39–48. <https://doi.org/10.17116/jnevro202112111139>.
- Khatkova S.E., Baikova A., Maisonobe P., Khasanova D.R. Impact of integrated upper limb spasticity management including repeat botulinum toxin type A (BoNT-A) injections on patient-centred goal attainment in real-life practice: results from the prospective, observational Upper Limb International Spasticity cohort study (ULIS-III) in a Russian subpopulation. *Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2021;121(11):39–48. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/jnevro202112111139>.
36. Ward A.B. *Handbook of the management of adult spasticity course*. Stoke on Trent; 2008.
  37. Rosales R.L., Chua-Yap A.S. Evidence-based systematic review on the efficacy and safety of botulinum toxin-A therapy in post-stroke spasticity. *J Neural Transm (Vienna)*. 2008;115(4):617–623. <https://doi.org/10.1007/s00702-007-0869-3>.
  38. Simpson D.M., Gracies J.M., Graham H.K., Miyasaki J.M., Naumann M., Russman B. et al. Assessment: Botulinum neurotoxin for the treatment of spasticity (an evidence-based review): report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology*. 2008;70(19):1691–1698. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000311391.00944.c4>.
  39. Wissel J., Ward A.B., Erztgaard P., Bensmail D., Hecht M.J., Lejeune T.M. et al. European consensus table on the use of botulinum toxin type A in adult spasticity. *J Rehabil Med*. 2009;41(1):13–25. <https://doi.org/10.2340/16501977-0303>.
  40. Barnes M., Schnitzler A., Medeiros L., Aguilar M., Lehnert-Batar A., Minnasch P. Efficacy and safety of NT 201 for upper limb spasticity of various etiologies – a randomized parallel-group study. *Acta Neurol Scand*. 2010;122(4):295–302. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0404.2010.01354.x>.
  41. Kanovsky P., Slawek J., Denes Z., Platz T., Sassini I., Comes G., Graf S. Efficacy and safety of botulinum neurotoxin NT 201 in poststroke upper limb spasticity. *Clin Neuropharmacol*. 2009;32(5):259–265. <https://doi.org/10.1097/WNF.0b013e3181b13308>.
  42. Hung J.W., Chen Y.W., Chen Y.J., Pong Y.P., Wu W.C., Chang K.C., Wu C.Y. The Effects of Distributed vs. Condensed Schedule for Robot-Assisted Training with Botulinum Toxin A Injection for Spastic Upper Limbs in Chronic Post-Stroke Subjects. *Toxins (Basel)*. 2021;13(8):539. <https://doi.org/10.3390/toxins13080539>.
  43. Nasb M., Shah S.Z.A., Chen H., Youssef A.S., Li Z., Dayoub L. et al. Constraint-Induced Movement Therapy Combined With Botulinum Toxin for Post-stroke Spasticity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus*. 2021;13(9):e17645. <https://doi.org/10.7759/cureus.17645>.
  44. He Y.L., Gao Y., Fan B.Y. Effectiveness of neuromuscular electrical stimulation combined with rehabilitation training for treatment of post-stroke limb spasticity. *Medicine (Baltimore)*. 2019;98(39):e17261. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000017261>.
  45. Intiso D., Santamato A., Di Rienzo F. Effect of electrical stimulation as an adjunct to botulinum toxin type A in the treatment of adult spasticity: a systematic review. *Disabil Rehabil*. 2017;39(21):2123–2133. <https://doi.org/10.1080/09638288.2016.1219398>.
  46. Костенко Е.В., Петрова Л.В., Энеева М.А. Функциональная электростимуляция в комплексной реабилитации пациентов с постинсультной спастичностью нижней конечности. *Доктор.Ру*. 2014;(13):15–21. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/funktsionalnaya-elektrostimulyatsiya-v-kompleksnoy-reabilitatsii-patsientov-s-postinsulturnoy-spastichnostyu-nizhney-konechnosti>. Kostenko E.V., Petrova L.V., Ageeva M.A. Functional electrostimulation in complex rehabilitation of patients with post-stroke spasticity of the lower limb. *Doctor.ru*. 2014;(13):15–21. (In Russ.) Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/funktsionalnaya-elektrostimulyatsiya-v-kompleksnoy-reabilitatsii-patsientov-s-postinsulturnoy-spastichnostyu-nizhney-konechnosti>.
  47. Mills P.B., Finlayson H., Sudol M., O'Connor R. Systematic review of adjunct therapies to improve outcomes following botulinum toxin injection for treatment of limb spasticity. *Clin Rehabil*. 2016;30(6):537–548. <https://doi.org/10.1177/0269215515593783>.
  48. Ashford S., Turner-Stokes L. Goal attainment for spasticity management using botulinum toxin. *Physiother Res Int*. 2006;11(1):24–34. <https://doi.org/10.1002/pri.36>.
  49. Хасанова Д.Р., Агафонова Н.В., Старостина Г.Х., Крылова Л.В. Постинсультная спастичность. *Consilium Medicum*. 2016;18(2):31–36. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/postinsulturnaya-spastichnost>. Khasanova D.R., Agafonova N.V., Starostina G.H., Krylova L.V. Post-stroke spasticity. *Consilium Medicum*. 2016;18(2):31–36. (In Russ.) Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/postinsulturnaya-spastichnost>.
  50. Patel P., Kaingade S.R., Wilcox A., Lodha N. Force control predicts fine motor dexterity in high-functioning stroke survivors. *Neurosci Lett*. 2020;(729):135015. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2020.135015>.
  51. Coleman E.R., Moudgal R., Lang K., Hyacinth H.I., Awosika O.O., Kissela B.M., Feng W. Early Rehabilitation After Stroke: a Narrative Review. *Curr Atheroscler Rep*. 2017;19(12):59. <https://doi.org/10.1007/s11883-017-0686-6>.
  52. Bohannon R.W., Smith M.B. Interrater reliability of a modified Fugl-Meyer scale of muscle spasticity. *Phys Ther*. 1987;67(2):206–207. <https://doi.org/10.1093/ptj/67.2.206>.
  53. Nasreddine Z.S., Phillips N.A., Bedirian V., Charbonneau S., Whitehead V., Collin I. et al. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. *J Am Geriatr Soc*. 2005;53(4):695–699. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x>.
  54. Zigmond A.S., Snaith R.P. The hospital anxiety and depression scale. *Acta Psychiatr Scand*. 1983;67(6):361–370. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0447.1983.tb09716.x>.
  55. Fugl-Meyer A.R., Jääskö L., Leyman I., Olsson S., Steglind S. The post-stroke hemiplegic patient. 1. a method for evaluation of physical performance. *Scand J Rehabil Med*. 1975;7(1):13–31. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1135616/>.
  56. McDonnell M. Action research arm test. *Aust J Physiother*. 2008;54(3):220. [https://doi.org/10.1016/S0004-9514\(08\)70034-5](https://doi.org/10.1016/S0004-9514(08)70034-5).
  57. Mathiowetz V., Volland G., Kashman N., Weber K. Adult norms for the Box and Block Test of manual dexterity. *Am J Occup Ther*. 1985;39(6):386–391. <https://doi.org/10.5014/ajot.39.6.386>.
  58. Hawker G.A., Mian S., Kendzerska T., French M. Measures of adult pain: Visual Analog Scale for Pain (VAS Pain), Numeric Rating Scale for Pain (NRS Pain), McGill Pain Questionnaire (MPQ), Short-Form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ), Chronic Pain Grade Scale (CPGS), Short Form-36 Bodily Pain Scale (SF-36 BPS), and Measure of Intermittent and Constant Osteoarthritis Pain (ICOAP). *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2011;63(11):S240–S252. <https://doi.org/10.1002/acr.20543>.
  59. Shah S., Vanclay F., Cooper B. Improving the sensitivity of the Barthel Index for stroke rehabilitation. *J Clin Epidemiol*. 1989;42(8):703–709. [https://doi.org/10.1016/0895-4356\(89\)90065-6](https://doi.org/10.1016/0895-4356(89)90065-6).
  60. Balestroni G., Bertolotti G. EuroQol-5D (EQ-5D): an instrument for measuring quality of life. *Monaldi Arch Chest Dis*. 2012;78(3):155–159. <https://doi.org/10.4081/monaldi.2012.121>.
  61. Saes M., Mohamed Refai M.I., van Beijnum B.J.F., Bussmann J.B.J., Jansma E.P., Veltink P.H. et al. Quantifying Quality of Reaching Movements Longitudinally Post-Stroke: A Systematic Review. *Neurorehabil Neural Repair*. 2022;36(3):183–207. <https://doi.org/10.1177/15459683211062890>.
  62. Hubbard J.J., Parsons M.W., Neilson C., Carey L.M. Task-specific training: evidence for and translation to clinical practice. *Occup Ther Int*. 2009;16(3–4):175–189. <https://doi.org/10.1002/oti.275>.
  63. Schwarz A., Kanzler C.M., Lambercy O., Luft A.R., Veerbeek J.M. Systematic Review on Kinematic Assessments of Upper Limb Movements After Stroke. *Stroke*. 2019;50(3):718–727. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.118.023531>.
  64. Левин О.С., Боголепова А.Н. Постинсультные двигательные и когнитивные нарушения: клинические особенности и современные подходы к реабилитации. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2020;120(11):99–107. <https://doi.org/10.17116/jnevro20201201119>. Levin O.S., Bogolepova A.N. Poststroke motor and cognitive impairments: clinical features and current approaches to rehabilitation. *Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2020;120(11):99–107. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/jnevro20201201119>.
  65. Tedla J.S., Gular K., Reddy R.S., de Sá Ferreira A., Rodrigues E.C., Kakarparthi V.N. et al. Effectiveness of Constraint-Induced Movement Therapy (CIMT) on Balance and Functional Mobility in the Stroke Population: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Healthcare (Basel)*. 2022;10(3):495. <https://doi.org/10.3390/healthcare10030495>.
  66. Aramaki A.L., Sampaio R.F., Reis A.C.S., Cavalcanti A., Dutra FCMSE. Virtual reality in the rehabilitation of patients with stroke: an integrative review. *Arq Neuropsiquiatr*. 2019;77(4):268–278. <https://doi.org/10.1590/0004-282X20190025>.
  67. Sucharew H., Kleindorfer D., Khoury J.C., Alwell K., Haverbusch M., Stanton R. et al. Deriving Place of Residence, Modified Rankin Scale, and EuroQol-5D Scores from the Medical Record for Stroke Survivors. *Cerebrovasc Dis*. 2021;50(5):567–573. <https://doi.org/10.1159/000516571>.
  68. Nath D., Singh N., Saini M., Srivastava M.V.P., Mehndiratta A. Design and Validation of Virtual Reality Task for Neuro-Rehabilitation of Distal Upper Extremities. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(3):1442. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031442>.
  69. Rozevink S.G., van der Sluis C.K., Hijmans J.M. HoMEcare aRm Rehabil Itation (MERLIN): preliminary evidence of long term effects of telerehabilitation using an unactuated training device on upper limb function after stroke. *J Neuroeng Rehabil*. 2021;18(1):141. <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00934-z>.

#### Вклад авторов:

Концепция статьи – Костенко Е.В.

Концепция и дизайн исследования – Костенко Е.В.

Написание текста – Костенко Е.В., Петрова Л.В.

Сбор и обработка материала – Непринцева Н.В., Шурупова С.Т.

Обзор литературы – Костенко Е.В., Петрова Л.В.

Перевод на английский язык – Костенко Е.В.

Анализ материала – Костенко Е.В., Петрова Л.В.

Статистическая обработка – Петрова Л.В.

Редактирование – Костенко Е.В., Погонченкова И.В.

Утверждение окончательного варианта статьи – Костенко Е.В., Погонченкова И.В.

#### Contribution of authors:

Concept of the article – Elena V. Kostenko

Study concept and design – Elena V. Kostenko, Liudmila V. Petrova

Text development – Elena V. Kostenko, Liudmila V. Petrova

Collection and processing of material – Natalia V. Neprintseva, Svetlana T. Shurupova

Literature review – Elena V. Kostenko, Liudmila V. Petrova

Translation into English – Elena V. Kostenko

Material analysis – Elena V. Kostenko, Liudmila V. Petrova

Statistical processing – Liudmila V. Petrova

Editing – Elena V. Kostenko, Irena V. Pogonchenkova

Approval of the final version of the article – Elena V. Kostenko, Irena V. Pogonchenkova

#### Информация об авторах:

**Костенко Елена Владимировна**, д.м.н., главный научный сотрудник, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины; 105120, Россия, Москва, Земляной вал, д. 53; врач-невролог, профессор кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова; 119571, Россия, Москва, Ленинский проспект, д. 117; ekostenko58@yandex.ru

**Петрова Людмила Владимировна**, к.м.н., старший научный сотрудник, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины; 105120, Россия, Москва, Земляной вал, д. 53; ludmila.v.petrova@yandex.ru

**Погонченкова Ирэна Владимировна**, д.м.н., директор, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины; 105120, Россия, Москва, Земляной вал, д. 53; pogonchenkovaiv@zdrav.mos.ru

**Непринцева Наталья Викторовна**, к.м.н., врач-терапевт, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины; 105120, Россия, Москва, Земляной вал, д. 53; nataliya.nepr@gmail.com

**Шурупова Светлана Тагировна**, младший научный сотрудник, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины; 105120, Россия, Москва, Земляной вал, д. 53; stshurupova@gmail.com

#### Information about the authors:

**Elena V. Kostenko**, Dr. Sci. (Med.), Chief Scientific Officer, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine; 53, Zemlyanoy Val, Moscow, 105120, Russia; neurologist, Professor of the Department of Neurology, Pirogov National Medical Research University; 117, Leninskiy Prospect, Moscow, 119571, Russia; ekostenko58@yandex.ru

**Liudmila V. Petrova**, Cand. Sci. (Med.), Senior Member, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine; 53, Zemlyanoy Val, Moscow, 105120, Russia; ludmila.v.petrova@yandex.ru

**Irena V. Pogonchenkova**, Dr. Sci. (Med.), Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine; 53, Zemlyanoy Val, Moscow, 105120, Russia; pogonchenkovaiv@zdrav.mos.ru

**Natalia V. Neprintseva**, Cand. Sci. (Med.), Therapist; Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine; 53, Zemlyanoy Val, Moscow, 105120, Russia; nataliya.nepr@gmail.com

**Svetlana T. Shurupova**, Junior Research Fellow, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine; 53, Zemlyanoy Val, Moscow, 105120, Russia; stshurupova@gmail.com