



Нейропротезирующая технология «Bioness» (экзоробот) в процессе восстановления двигательных и вегетативно-трофических нарушений при центральном парезе верхней конечности

Вознюк И.А., Полякова А.В., Токарева Д.В.

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе, Санкт-Петербург, Россия

Резюме

Введение. Инвалидность после инсульта или травмы головного мозга наиболее часто ассоциирована с нарушениями движения, речи, глотания и снижением когнитивных способностей. К концу острого периода инсульта силовые парезы в руке и ноге разной степени наблюдаются у 80-90 % среди выживших. При грубом парезе функцию конечности на ранних этапах восстановления целесообразно поддержать, используя парциальное протезирование, современные специализированные модифицируемые устройства, методы обеспечения функциональную и мультимодальную стимуляцию.

Цель. Оценка эффективности функциональной электростимуляции (ФЭС) в комплексе мультимодального воздействия при восстановлении движений у пациентов с парезом верхней конечности при ОНМК.

Методы. Стимуляционные и нейропротезирующие методы (ФЭС-«Bioness H200», рТМС) применялись как основная лечебная программа восстановительного лечения для пациентов с двигательными нарушениями верхней конечности после ишемического инсульта (n=140). Медиана давности инсульта составляла 25 суток, медиана возраста 52 лет. Были использованы методы стандарта диагностики и протокола лечения пациентов с ОНМК в соответствии с Приказами Минздрава России № 928н от 15.11.2012 г., №1705н от 29.12.2012 г., а также шкалы и опросники для оценки утраты силы и объема двигательных нарушений, оценки депрессии и мотивации к лечению.

Результаты. Была показана эффективность персонализированной терапии с применением нейропротеза («Bioness H200») у больных в остром периоде ишемического инсульта, при этом наиболее чувствительными шкалами оказались индекс Мотрисайти, шкала Фугл-Мейера. Результаты зависят от базовых характеристик заболевания, наиболее актуальными из них явились – размер очага, степень неврологического дефицита, личная мотивация. Дополнительное использование ботулинического токсина позволило устранить тормозящее действие спастичности, что расширило возможность применения интенсивных методов физической реабилитации. В период наблюдения не было выявлено осложнений. В 90% случаев отмечено возрастание повседневной активности. Функциональная электростимуляция позволила значительно повысить уровень самообслуживания пациентов с парезом верхней конечности.

На фоне положительного подкрепления в виде движения паретичной кистью ФЭС в режиме протезирования сопровождалось значимым снижением выраженности депрессии. В 100% наблюдалась высокая мотивация к продолжению программы лечения с применением нейропротезирования.

Заключение. Использование в остром периоде инсульта комплекса стимулирующих персонализированных методик оправдано и безопасно. Применение ФЭС значимо повышает объем движений в руке, способствует преодолению силового пареза, нарушений координации, увеличивает общий уровень физической активности пациентов после инсульта, мотивацию к восстановительному процессу и улучшает качество жизни.

Ключевые слова: реабилитация, острое нарушение мозгового кровообращения, острый период, мультимодальная стимуляция, функциональная электростимуляция, ботулинотерапия, двигательные нарушения

Для цитирования: Вознюк И.А., Полякова А.В., Токарева Д.В. Нейропротезирующая технология Bioness (экзоробот) в процессе восстановления двигательных и вегетативно-трофических нарушений при центральном парезе верхней конечности. Вестник восстановительной медицины. 2020; 5 (99): 62-69. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-99-5-62-69>

Для корреспонденции: Вознюк Игорь Алексеевич, e-mail: voznjouk@yandex.ru

Статья получена: 14.09.2020 **Статья принята к печати:** 28.09.2020 **Опубликована онлайн:** 30.10.2020

Neuroprosthetic Technology «Bioness» (Exorobot) in the Process of Restoring Motor and Vegetative-Trophic Disorders in Central Paresis of the Upper Limb

Vozniuk I.A., Polyakova A.V., Tokareva D.V.

Saint-Petersburg I.I. Dzhanlidze Research Institute of Emergency Medicine, Saint-Petersburg, Russian Federation

Abstract

Disability after a stroke or brain injury is most often associated with impaired movement, speech, swallowing, and reduced cognitive abilities. By the end of the acute period of stroke, paresis in the arm and leg of varying degrees is observed in 80–90 % of survivors. In case of severe paresis, it is advisable to support the function of the limb at the early stages of recovery using modern specialized modifiable devices and methods that provide functional and multimodal stimulation and partial prosthetics.

Aim of the study: evaluation of the efficacy of functional electrical stimulation (FES) in a complex of multimodal effects in restoring movement in Stroke patients with upper limb paresis (palsy).

Methods. Stimulation and neuroprosthetic methods (FES - "Bioness H200", RTMs) were used as the main therapeutic program of rehabilitation treatment for patients with motor disorders of the upper limb after an ischemic stroke (n=140). The median period of stroke was 25 [13; 56] days, median age 52 [48; 69] years. The standard methods of diagnosis and treatment of patients with stroke in accordance to the protocol of the Ministry of health of the Russian Federation No. 928n and 1705n (2012) were used, as well as scales and questionnaires for assessing the loss of strength and volume of motor disorders, assessing depression and motivation for treatment (Motricity Index), Fugl-Meyer AR, Medical Research Council Weakness Scale, Modified Ashworth Scale (MAS), Beck Depression Inventory; Beck AT, Recovery Locus of Control, Prtridge C., Johnstone M.

Results. The effectiveness of personalized therapy with the use of a neuroprosthesis ("Bioness H200") in patients in the acute period of ischemic stroke was shown, with the Motricity index, Fugle-Meier scale being the most sensitive scales. The results depend on the basic disease characteristics, the most relevant of which were - focus, degree of neurological deficit, personal motivation. The addition using of botulinum toxin allowed eliminating the inhibitory effect of spasticity, which prepared patients for intensive methods of physical rehabilitation. During the follow-up period, no complications were revealed. In 90% of cases, an increase in daily activity was noted. Functional electrical stimulation has significantly increased their level of self-care. The disability complex was initially equally pronounced in all patients, but positive reinforcement in the form of movement of the paretic hand against the background of FES led to a decrease in the severity of depression. In 100%, there was a high motivation to continue the treatment program with neuroprosthetics.

Conclusion. The use of a complex of stimulating personalized techniques in the acute period of stroke is justified and safe. The use of FES significantly increases the range of motion in the hand, helps to overcome power paresis, coordination disorders, increases the general level of physical activity of patients after a stroke, motivation for the recovery process and improves the quality of life.

Keywords: rehabilitation, acute stroke, acute period, multimodal stimulation, functional electrical stimulation, botulinum therapy, movement disorders

For citation: Vozniuk I.A., Polyakova A.V., Tokareva D.V. Neuroprosthetic Technology «Bioness» (Exorobot) in the Process of Restoring Motor and Vegetative-Trophic Disorders in Central Paresis of the Upper Limb. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2020; 5 (99): 62–69. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-99-5-62-69>

For correspondence: Igor A. Vozniuk, e-mail: voznjouk@yandex.ru

Received: Sept 14, 2020

Accepted: Sept 28, 2020

Published online: Oct 30, 2020

Введение

Острые нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) на сегодняшний день являются важнейшей медико-социальной проблемой во всех экономически развитых странах, что обусловлено их высокой долей в структуре заболеваемости и смертности населения. В Российской Федерации ежегодно регистрируется около 500 тыс. новых случаев заболевания, а диагноз «острое нарушение мозгового кровообращения» констатируется каждые 1,5 минуты [1, 2]. По некоторым данным, в течение полугода при развитии инсульта в совокупности от 60% до 80% пациентов умирают или становятся инвалидами [3, 4, 5]. Экономические потери от снижения трудоспособности населения составляют более 50 млрд рублей ежегодно.

По данным мониторинга ведения пациентов с ОНМК, в Санкт-Петербурге в течение последних 5 лет ежегодная доля пациентов, вновь перенесших инсульт, абсолютно зависимых от внешней помощи, составляет 20–22% (4,5–5,0 тыс.), не менее 5 тыс. пациентов (23–25%) нуждаются в активном восстановительном лечении в отделениях реабилитации первого и второго этапов, имея грубый инвалидизирующий комплекс. Как правило, инвалидность наиболее часто ассоциирована с нарушениями движения, речи, глотания и снижением когнитивных способностей.

По данным литературы, к концу острого периода инсульта плетия или силовые парезы (утрата движений в руке и ноге разной степени выраженности) наблюдаются у 80–90% среди выживших. При этом, крайне важно, что для пациентов потеря речи и отсутствие возможности использовать доминантную руку, утрата опорной функции ноги на раннем этапе означает потерю мотивации, а позднее – абсолютную десоциализацию. Восстановление утраченных функций принципиально возможно, исходя из господствующей се-

годня концепции пластичности нервной системы, опирающейся на два основных принципа: мультисенсорной функции нейронов и филогенетической иерархичности структур нервной системы. Нарушения движений и высших корковых функций характеризуются значительным разнообразием, которое обусловлено множеством факторов: поражением первичных моторных и сенсорных полей, нарушением ассоциативных связей, степенью вовлеченности фокуса повреждения в патологические «моторные круги», что проявляется неоднородностью дефицита – разнообразна степень утраты силы и тонуса мышц, глубина и качество речевых нарушений, степень дезинтеграции процессов мышления и памяти.

В случае интенсивного реабилитационного лечения с использованием современных технологий, оснащенных биологической обратной связью, применения мультимодальной стимуляции и роботизированных устройств доля восстановленных до уровня самообслуживания возрастает в 1,5–2 раза, доля умерших от осложнений снижается на 10–15%. При этом более ранний и более полный возврат к самообслуживанию значительно сокращает затраты на содержание инвалидов, позволяет сокращать затраты государства на наиболее длительные и затратные виды стационарной помощи – «сестринский уход» и паллиативная помощь. Для повышения эффективности программ восстановительного лечения требуется максимальное приближение реабилитационного периода к острому этапу лечения, а также использование стратегии индукции и эскалации функциональных возможностей при их ограничении. В последние десятилетия, благодаря изучению фундаментальных механизмов пластичности в нервной системе, стало очевидным, что процесс восстановления утраченных функций происходит в результате реорганизации межнейронных связей, на основе «адресной» активации пострадавших функций [6, 7].

Основными путями реализации нейрональной пластичности являются модификация количества, конфигурации и свойств нервно-мышечных синапсов, а также изменение структуры отростков нейрона. Повторяемый стимулирующий сигнал при выпадении функции поврежденной структуры переадресовывается соседним нейронам и формирует новый нейро-аксональный ансамбль. При мотивированном тренинге возможно частичное возвращение мобильности даже при глубоких парезах [8, 9].

Современный опыт создания алгоритмов наиболее эффективной помощи пациентам с двигательными нарушениями привел к внедрению нового направления – ранней реабилитации, оснащенной устройствами функциональной электростимуляции (ФЭС) с программным обеспечением, позволяющим создать среду и условия для облегчения двигательных актов у пациентов с грубым нарушением мышечной силы и утратой контроля за движениями. Наибольшей результативности можно достичь при вовлечении в процесс тренинга мультимодальной стимуляции двигательного ответа, используя такую методику, как ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция (рТМС). У пациентов с грубым парезом двигательная функция конечности резко ограничена, и тогда требуется использование специализированных модифицируемых устройств для облегчения движения.

Концепция современного стимулирования основывается на том, чтобы совместить в едином процессе восходящую и нисходящую стимуляцию поврежденных областей. Для этих целей возможно проведение синхронной ритмической магнитной стимуляции (рТМС) с ФЭС на уровне периферического двигательного мотонейрона, что создает замкнутую афферентно-эфферентную цепь, способствуя восстановлению разъединенных в результате патологического процесса физиологических связей. Для больного же крайне важно видеть перспективу восстановления обездвиженной руки, так как инсульт, сопровождающийся парезом, часто осложняется возникновением депрессии и снижением мотивации. Метаанализ 10 исследований 2016 года показал, что ФЭС улучшает качество жизни, двигательную активность и походку. Предпочтительно сочетание ФЭС с другими методами физиотерапии и многоканальная ФЭС (степень доказательности I A) [10].

Целью является оценка эффективности функциональной электростимуляции (ФЭС) в комплексе мультимодального воздействия при восстановлении движений у пациентов с парезом верхней конечности при ОНМК.

Материал и методы исследования

Группы наблюдения.

Исследование проходило на базе отделения медицинской реабилитации ГБУ «СПб НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», в период с 2014 по 2020 год. В исследование были включены пациенты с двигательными нарушениями верхней конечности после ишемического инсульта (n=140). Медиана давности инсульта составляла 25 [13; 56] суток, медиана возраста пациентов – 52 [48; 69] лет.

Все пациенты имели выраженный двигательный дефицит с преимущественным снижением функций в верхней конечности (средний балл по шкале NIHSS 11,2±2,5 балла), значительное нарушение двигательной активности (по шкале Rivermead менее 4 баллов). Оценка проводилась с использованием двигательных шкал – индекса Мотрисайти [11], шкалы Фугл-Мейера [12] и шкалы оценки мышечной силы Medical Research Council Weakness Scale [13]. В соответствии с клиническими рекомендациями была использована модифицированная шкала спастичности Эшворта (Modified Ashworth Scale, MAS) [14], как наиболее удобная для измере-

ния степени спастичности у пациентов с неврологическими расстройствами в рутинной практике.

Тестирование депрессии и выраженности отдельных ее симптомов выполняли по оценке переживаний депрессивного спектра, с использованием опросника депрессии Бека [15]. Интерпретация результатов проводилась в соответствии с установленными А.Т. Beck et al. значениями суммарного показателя ± стандартное отклонение: 11 ± 8 – отсутствие депрессии; 19 ± 10 – легкая депрессия; 26 ± 10 – умеренная депрессия; 30 ± 10 – тяжелая депрессия.

Для косвенной оценки уровня мотивации пациента к восстановлению был использован опросник «Восстановление локуса контроля» [16]. Тест основан на учете мнения пациента относительно его собственной роли в выздоровлении. Суммарный балл варьируется от 0 до 36, более высокие баллы свидетельствуют о более высоком уровне мотива к достижению улучшения собственного состояния. Результаты оценки фиксировались на 1 и 14 сутки от начала исследования.

Критериями исключения стали наличие противопоказаний в виде наличия металлических инородных тел, особенно в голове, кардиостимулятора или водителя ритма, беременности, эпилептических приступов в анамнезе и наличие двигательного дефицита до настоящего заболевания.

Пациенты ретроспективно были разделены на три группы:

1. Пациенты, получавшие ФЭС и р ТМС (n= 55). В эту группу вошли пациенты в более ранней стадии заболевания, когда проявления сосудистой катастрофы сопровождается явлениями дишиза (слабость руки в сочетании с низким мышечным тонусом), что требует скорейшей инициации движения и включения конечности в процесс самообслуживания. Пациентам 1 группы проводили рТМС моторной коры пораженного полушария с частотой импульсов 3 Гц синхронно с ФЭС по классической методике в течение 10 дней. ФЭС выполняли с применением Bioness-H 200 (беспроводное устройство, использующее радиоимпульсы для стимулирования кисти и пальцев). Процедуры стимуляции в среднем начинались на 30,6 ± 6,3 сутки.
2. Пациенты, у которых ФЭС применялась после использования ботулинотерапии, как медикаментозной платформы для устранения мышечной спастичности. Пациенты данной группы (n=55) с синдромом ранней спастичности верхней конечности, перенесшие полушарный ишемический инсульт со спастичностью не менее 3 баллов по шкале Эшворта (Modified Ashworth Scale, MAS). Ботулинотерапия начиналась в течение острого периода при появлении первых признаков усиления спастичности (12,4±5,8 дней от начала заболевания). В дальнейшем у пациентов данной группы использовались нейрорепротезы Н 200 (Bioness).
3. Пациенты контрольной группы (n=40) имели сходную неврологическую симптоматику и выраженность неврологического дефицита, по возрастному и половому составу не отличались значимо от пациентов первых двух групп, занимались лечебной физкультурой по стандартным программам без использования рТМС и ФЭС.

Стимуляция: методика, оборудование и задачи

1. Роботизированное устройство ФЭС для верхней конечности, выполняющее функцию ортеза и экзорбота. ФЭС – метод применения электрического тока безопасного уровня для включения поврежденных или ослабленных нейромышечных систем. Устройство ФЭС осуществляет определенную функциональную задачу, имитируя нормальную функцию для паретичной конечности. ФЭС обеспечивает, с одной

Таблица 1. Модели ботулинотерапии для пациентов со спастичностью в руке
Table 1. Botulinum therapy models for patients with hand spasticity

Модель/ Model	Паттерн спастичности/ Spasticity pattern	Препарат/drug	
		100 – единичный (ЕД)/ 100 units	500-единичный Диспорт (ЕД)/ 500 units
1А	Сгибание запястья, перстов и большого пальца Flexion of the wrist, fingers and thumb	200	500
2А	Сгибание запястья, перстов и большого пальца+ Пронация предплечья Flexion of the wrist, fingers and thumb + Pronation of the forearm	300	1000
3А	Сгибание запястья, перстов и большого пальца+ Пронация предплечья+ Сгибание локтя Flexion of the wrist, fingers and thumb + Forearm pronation + Elbow flexion	400	1000
4А	Сгибание запястья, перстов и большого пальца+ Пронация предплечья+ Сгибание локтя+ Невозможность отведения плеча и вытягивания руки Flexion of the wrist, fingers and thumb + Forearm pronation + Elbow Flexion + Inability to abduct the shoulder and extend the arm	400	1000

Примечание: максимальная возможная к выписыванию дозировка не должна превышать 1000 Ед 500 единичного препарата и не более 400 Ед 100-единичного препарата

Note: the maximum possible dose for prescription should not exceed 1000 U 500 of a single drug and not more than 400 U of a 100-unit drug

стороны, частичное протезирование функции при выполнении повседневных задач, с другой – постоянные тренировки в изменяющемся режиме, обеспечивающие лечебную восстановительную программу.

Задачи стимуляции:

- профилактика атрофии мышц;
- улучшение кровообращения;
- предотвращение тугоподвижности в суставах;
- снижение затрачиваемой энергии для совершения движений;
- снижение уровня риска травм двигательной системы;
- повышение качества жизни.

2. Ритмическую транскраниальную магнитную стимуляцию (рТМС) использовали для активизации процессов восходящей и нисходящей передачи в поврежденных моторных путях. Процедуры транскраниальной ритмической магнитной стимуляции выполняли синхронно с ФЭС.

рТМС проводили транскраниальным магнитным стимулятором «Нейро-МС» (фирмы Нейрософт, Россия, г. Иваново) с помощью двойного углового индуктора на очаг поражения. Перед лечением всем пациентам проводили регистрацию моторного вызванного потенциала с помощью многоканального электронейромиографа. Затем проводили курс рТМС моторной коры пораженного полушария частотой 3 Гц 540 импульсов за процедуру, интенсивность 100% мощности от порога моторного ответа. 1 процедура в день в течение 10 дней.

Ботулинотерапия при спастичности.

Локальная дополнительная терапия при возникновении спастичности в сгибателях руки проводилась введением ботулинотоксина типа А, что обеспечивало нормализацию мышечного тонуса, увеличение уступчивости мышц, пассивного и активного объема движений, облегчало самообслуживание и гигиенические процедуры, снижало интенсивность болевого синдрома. Дозировка ботулинотоксина определялась индивидуально в каждом случае, в за-

висимости от формирующегося патологического паттерна. В таблице 1 представлены модели пациентов и средние дозы препаратов.

Ботулинотерапия начиналась в течение острого периода при появлении первых признаков усиления спастичности (12,4±5,8 дней от начала заболевания). Пациенты группы 2 отличались ранним и злокачественным нарастанием спастичности в паретичных конечностях. Применение нейропротезов Н200 (Bioness) в виде беспроводного устройства, позволяющего, используя радиоимпульсы, стимулировать кисть и пальцы, начиналось в среднем на 30,6±6,3 сутки от начала заболевания, на 18,56±4,2 сутки от введения препарата.

Результаты

Получены данные, свидетельствующие о том, что у больных первых двух групп отмечается статистически значимое улучшение двигательных показателей, измеренных по индексу Мотрисайти ($p < 0,05$), шкале Фугл-Мейера. По шкале MRC оценки мышечной силы при первом осмотре в 1-й и 2-й группе показатели соответствовали 2,9±0,2 баллам и 2,1±0,4 баллам соответственно, а на 14 сутки – 4,1±0,3 баллам и 4,2±0,3 баллам соответственно, что статистически зна-

Таблица 2. Распределение пациентов, получавших ботулинотерапию, по моделям патологический паттернов спастичности

Table 2. Distribution of patients receiving botulinum therapy according to the patterns of pathological patterns of spasticity

Модель/Model	Количество пациентов (n)/ number of patients	%
IA	5	9,1
IIA	17	30,9
IIIA	23	41,8
IVA	10	18,2

Таблица 3. Динамика двигательных нарушений в верхней конечности у пациентов с ишемическим инсультом
Table 3. Dynamics of movement disorders in the upper limb in patients with ischemic stroke

Группы больных/ Patients groups	Шкала Фугл-Мейера/ Fugle-Meyer scale		Индекс Мотрисайти/ Motrisity Index		Шкала оценки мышечной силы/ Medical Research Council Weakness Scale	
	1 сутки /1day	14 сутки/ 14 day	1 сутки/ 1 day	14 сутки/ 14 day	1 сутки /1 day	14 сутки/ 14 day
рТМС+ФЭС/ rTMS+FES	42,2±12,4	51,4±6,3*	52,4±4,2	71,2±3,4*	2,9±0,2	4,1±0,3*
Ботулинтотоксин+ФЭС/ Botulinum toxin+FES	45,3±7,1	53,3±8,1*	53,2±5,1	69,5±4,2*	2,1±0,4	4,2±0,3*
Стандартная терапия/ Standard therapy	44,1±9,3	47,2±5,6	51,6±4,7	61,8±2,6	2,8±0,3	3,1±0,2

Примечание: * $p < 0,05$
Note: * $p < 0,05$

Таблица 4. Динамика выраженности депрессивных переживаний и мотивации больного в зависимости от получаемой терапии
Table 4. Dynamics of the severity of depressive experiences and the patient's motivation depending on the therapy received

Группы больных/ Patient groups	Опросник Бека/ Beck Depression Inventory		Восстановление локуса контроля/ Recovery Locus of Control	
	1 сутки/1 day	14 сутки/14 day	1 сутки/1 day	14 сутки/14 day
рТМС+ФЭС rTMS+FES	35,2±3,4	14,5±2,3	25,6±4,2	31,1±2,6
Ботулинтотоксин+ФЭС Botulinum toxin+FES	15,3±5,7	11,7±3,8	21,4±5,4#	32,4±3,1#
Стандартная терапия Standard therapy	17,3±2,6*	38,4±4,5*	24,3±3,7*	16,3±2,4*

Примечание: * $p < 0,01$ # $p < 0,05$
Note: * $p < 0,01$ # $p < 0,05$

чимо отличалось от группы контроля – 2,8±0,3 на первые сутки и 3,1±0,2 на 14 сутки ($p < 0,05$).

Динамика улучшения двигательной функции по FM была статистически значимо выше в условиях использования ФЭС у пациентов с грубым парезом (FM менее 33 баллов), $p < 0,05$. У пациентов с умеренно выраженным парезом (FM более 33 баллов) клинически значимое улучшение было получено также в группах, которых применялась ФЭС, $p < 0,01$. Функция верхней конечности по шкале Мотрисайти достоверно выше была в группе использования мультимодального комплекса ($p < 0,01$) в подгруппе обследуемых с умеренным выраженным парезом руки. У пациентов с грубыми двигательными нарушениями улучшение функции захвата кисти было статистически незначимым ($p = 0,11$). Шкала MRC оказалась не чувствительна для пациентов на данном сроке лечения.

По шкале Эшфорта были выявлены статистически значимые различия в группе использования ботулинического токсина типа А на 14 сутки от начала применения ФЭС (рис. 1). В группе применения рТМС отмечалась тенденция к более быстрой нормализации мышечного тонуса.

Было отмечено статистически значимое снижение спастичности в группе 1 и 2 по сравнению с пациентами группы 3 через 3 месяца от начала выполнения протокола (MAS:2,09±1,04 и MAS:2,1±1,1 против MAS:2,9±0,6, $p < 0,01$ соответственно) и через 6 месяцев (MAS:1,9±0,8 и MAS:1,8±0,7 против MAS:2,5±0,7, $p < 0,01$ соответственно).

В группе пациентов, получивших предварительно локальное лечение спастичности ботулиническим токсином типа А, отмечался рост мотивации к 14 дню лечения, статистически отличающийся от показателей группы стандартной терапии. Пациенты, получавшие стандартное лечение, показывали снижение мотивации на 14 день исследования.

Кроме того, в это группе отмечался высокий уровень расстройств депрессивного спектра.

Обсуждение результатов

В разработанной методике использован важный реабилитационный принцип: наилучший реабилитационный эффект дает стимуляция афферентной и эфферентной систем при помощи активации центрального и периферического отделов корково-мышечного тракта, а также афферентных структур нервно-мышечного аппарата. Парез в руке – это глубоко инвалидизирующий компонент всего комплекса неврологических нарушений при инсульте.

Были выделены принципиально разные по дальнейшей тактике ведения группы пациентов:

1. Пациенты с сохраняющимся диашизом, с высоким уровнем выраженности депрессии, обусловленным переживаниями по поводу обездвиженного дистального сегмента конечности;
2. Пациенты с начинающейся спастичностью, которая мешает правильному исполнению двигательного акта и эффективному проведению реабилитационных мероприятий, восстановлению мелкой моторики. Это категория пациентов более поздних сроков после начала заболевания.

Пациентам первой группы было актуально применение рТМС для инициации движения. Сочетание рТМС с функциональной электростимуляцией подготовило к восстановлению двигательного акта, включенного в ежедневные элементы самообслуживания, тем самым, эффективно снизив депрессию и повысив мотивацию больного. Использование ритмической транскраниальной магнитной стимуляции усиливает двигательный акт за счет ак-

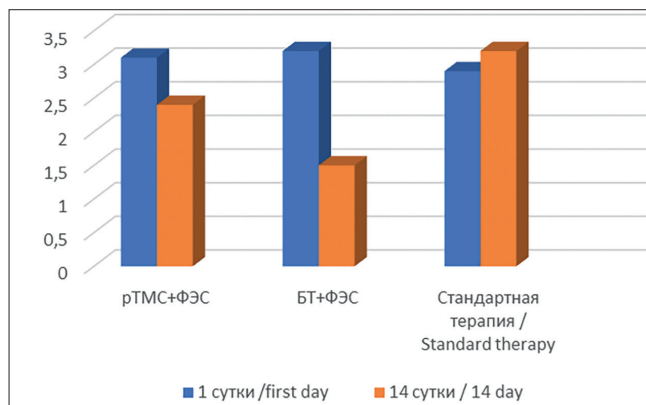


Рис. 1 Динамика спастичности по шкале Эшворта у пациентов со спастическим парезом в руке в зависимости от получаемой терапии

Рис. 1. Dynamics of spasticity according to the Ashworth scale in patients with spastic paresis in the arm, depending on the therapy received

тивации дистального отдела конечности, укорачивая период включения собственных мышц и помогая сократить период ожидания, когда можно приступить к активной работе. За тот же период времени данные больные достигали больших двигательных успехов.

Предварительные результаты проведенного исследования показали, что применение мультимодальной стимуляции (рТМС и ФЭС) у больных ОНМК в остром и раннем восстановительном периоде позволяет более эффективно восстанавливать двигательные функции и повышать повседневную активность, чем использование стандартных методов реабилитации.

Таким образом, была показана эффективность применения нейропротеза у больных в остром периоде ишемического инсульта, при этом наиболее чувствительными шкалами оказались индекс Мотрисайти, шкала Фугл-Мейера. Однако, окончательный результат индивидуален для каждого пациента, и зависит от множества факторов: размеров очага, степени выраженности неврологического дефицита, личной мотивации больного.

У пациентов второй группы использование препаратов ботулинического токсина позволило нивелировать тормозящее действие спастичности, что подготовило больных к реализации интенсивных методов физической реабилитации. Без применения ботулинотерапии использовать у данных больных ФЭС не представлялось возможным, движения сопровождались рефлекторным напряжением мышц. Другие методы лечения (физиотерапевтические методики, массаж в том числе) не показали свою эффективность, но, подготовив конечность при помощи ботулинического токсина, уда-

лось добиться эффективности применения функциональной электростимуляции.

За время наблюдения не было выявлено ни одного осложнения в применении данной технологии. 90% исследуемых больных отметили, что повседневная активность, обеспеченная аппаратом функциональной электростимуляции, позволила им значительно повысить их уровень самообслуживания. Все пациенты, участвовавшие в исследовании, выразили желание продолжить пользоваться нейропротезами для дальнейшей реабилитации.

Кроме того была оценена мотивация пациентов и подверженность переживаниям депрессивного спектра у разных групп пациентов. Было отмечено, что инвалидизирующий комплекс был изначально одинаково выражен у всех пациентов. Но те больные, которые получали положительное подкрепление в виде движения паретичной кисти при помощи ФЭС имели большую мотивацию и меньшую выраженность депрессии.

Следует дифференцированно относиться к пациентам, с пониманием конкретных задач, которые нужно решить в процессе восстановительного лечения, на основании оценки стадии заболевания, патогенеза возникновения двигательных нарушений конечностей.

Выводы

1. Использование ФЭС значительно повышает уровень физической активности и улучшает качество жизни;
2. ФЭС желательно начинать применять в остром периоде инсульта, совмещать с другими методиками восстановительного лечения;
3. При применении ФЭС уменьшается спастичность к концу острого периода инсульта по сравнению с группой контроля;
4. Применение мультимодальной стимуляции (рТМС и ФЭС) у больных ОНМК в остром и раннем восстановительном периоде позволяет более эффективно восстанавливать двигательные функции и повышать повседневную активность;
5. Результат индивидуален для каждого пациента и зависит от размеров очага, степени выраженности неврологического дефицита, личной мотивации больного;
6. Коррекция спастичности у пациентов с ишемическим инсультом необходима на ранних стадиях ее возникновения для улучшения долгосрочного прогноза на восстановление. Ботулинотерапия для коррекции фокальной спастичности верхней конечности является эффективным методом в отношении снижения мышечного тонуса, увеличения объема активных движений.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Stein C., Fritsch C.G., Robinson C. Effects of functional electrical stimulation in spastic muscles after stroke: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Stroke*. 2015; 46 (8): 2197–205. DOI:10.1161/STROKEAHA.115.009633
2. Люкманов Р.Х., Мокиенко О.А., Азиатская Г.А., Супонева Н.А., Пирадов М.А. Сравнительное исследование клинической эффективности реабилитации с помощью экзоскелета кисти под управлением интерфейса мозг-компьютер и роботизированной терапии при постинсультном парезе руки. *Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация*. 2019; Т. 3 (3): 63–72. DOI:10.36425/2658–6843–2019–3–63–72
3. Мокиенко О.А., Супонева Н.А. Инсульт у взрослых: центральный парез верхней конечности. *Клинические рекомендации. М. МЕДпресс-Информ*. 2018.
4. Полякова А.В., Токарева Д.В., Забилов С.Ш., Вознюк И.А. Роль ранней реабилитации пациентов после каротидной эндартерэктомии в остром периоде ишемического инсульта. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. 2018; (2): 98–102. DOI:10.18821/1681–3456–2018–17–2–98–101
5. Хатькова С.Е., Завалий Я.П. Немедикаментозные методы в реабилитации больных с постинсультной спастичностью. *Физиотерапевт*. 2019; (5): 44–52. DOI:10.33920/med-14–1905–08
6. Halem S.M., Sausses G., Della Faille M., Prist V. et al Rehabilitation of motor function after stroke: a multiple systematic review focused on techniques to stimulate upper extremity recovery. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2016; (10): 442 p. DOI:10.3389/fnhum.2016.00442.
7. Ковязина М.С., Варакон Н.А., Люкманов Р.Х., Азиатская Г.А., Супонева Н.А., Трофимова А.К. Нейробиоуправление в реабилитации пациентов с двигательными нарушениями после инсульта. *Физиология человека*. 2019; Т. 45 (4): 117–126. DOI:10.1134/S0131164619040040
8. Alon G., Levitt A.F., McCarthy P. Functional electrical stimulation enhancement of upper extremity functional recovery during stroke rehabilitation: a pilot study. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2007; 21 (3): 207–15. DOI:10.1177/1545968306297871

9. Клочков А.С., Хижникова А.Е., Котов-Смоленский А.М., Черникова Л.А., Супонева Н.А., Пирадов М.А. Современные технологии функциональной электростимуляции при центральных парезах. Физиология человека. 2019; Т. 45 (3): 129–136. DOI:10.1134/S013116461903007X
10. Екушева Е.В. Современные технологии и перспективы нейрореабилитации пациентов после ишемического инсульта. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2017; Т. 117 (12): 147–155. DOI:10.17116/jnevro2017117121147–155
11. Collin C., Wade D. Assessing motor impairment after stroke: a pilot reliability study. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*. 1990; 53 (7): 576–579.
12. Fugl-Meyer A.R., Jaasko L., Leyman I. et al. The post-stroke hemiplegic patient. A method for evolution of physical performance. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*. 1975; (7):13–31.
13. Scott O.M., Hyde S.A., Goddard C., Dubowitz V. Quantification of muscle function in children: a prospective study in Duchenne muscular dystrophy. *Muscle & Nerve*. 1982; 5 (4): 291–301. DOI:10.1002/mus.880050405
14. Bohannon R.W., Smith M.B. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Physical therapy*. 1987; 67 (2): 206–7.
15. Beck A.T. et al. An Inventory for Measuring Depression. *Archives Of General Psychiatry*. 1961; V.4 (6): 561–571.
16. Partridge C., Johnston M. Perceived control of recovery from physical disability: Measurement and prediction. *British Journal of Clinical Psychology*. 1989; V.28: 53–59.

REFERENCES

1. Stein C., Fritsch C.G., Robinson C. Effects of functional electrical stimulation in spastic muscles after stroke: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Stroke*. 2015; 46 (8): 2197–205. DOI:10.1161/STROKEAHA.115.009633
2. Lyukmanov R.Kh, Mokienco O.A., Aziatskaya G.A., Suponeva N.A., Piradov M.A. Srovnitel'noe issledovanie klinicheskoy effektivnosti reabilitatsii s pomoshch'yu ekzoskeleta kisti pod upravleniem interfejsa mozg-komp'yuter i robotizirovannoy terapii pri postinsul'tnom pareze ruki [Post stroke rehabilitation: clinical efficacy of BCI-driven hand exoskeleton in comparison with «Amadeo» robotic mehanotherapy]. *Physical and rehabilitation medicine, medical rehabilitation*. 2019; 3 (3): 63–72. DOI:10.36425/2658–6843–2019–3–63–72 (In Russ.)
3. Mokienco O.A., Suponeva N.A. Insul't u vzroslykh: central'nyj parez verhney konechnosti. Klinicheskie rekomendatsii [Stroke in adults: central paresis of the upper limb. Clinical recommendations]. M. MEDpress-Inform. 2018. (In Russ.)
4. Polykova A.V., Tokareva D.V., Voznyuk I.A., Zabirow S.Sh. Rol' rannej reabilitatsii pacientov posle karotidnoj endarterektomii v ostrom periode ishemicheskogo insul'ta [The role of early rehabilitation after carotid endarterectomy in acute period of ischemic stroke]. *Physiotherapy, balneology and rehabilitation*. 2018; (2): 98–102. DOI:10.18821/1681–3456–2018–17–2–98–101 (In Russ.)
5. Khatkova S.E., Zavalij Ya. P. Nemedikamentoznye metody v reabilitatsii bol'nykh s postinsul'tnoj spastichnost'yu [Non-medical methods in rehabilitation of patients with post-stroke spasticity]. *Physiotherapist*. 2019; (5): 44–52. DOI:10.33920/med-14–1905–08 (In Russ.)
6. Halem S.M., Sausses G., Della Faille M., Prist V. et al Rehabilitation of motor function after stroke: a multiple systematic review focused on techniques to stimulate upper extremity recovery. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2016; (10): 442 p. DOI:10.3389/fnhum.2016.00442.
7. Kovyazina M.S., Varako N.A., Trofimova A.K., Lyukmanov R.K., Aziatskaya G.A., Suponeva N.A. Nejrobioupravlenie v reabilitatsii pacientov s dvigatel'nymi narusheniyami posle insul'ta [Neurofeedback in the rehabilitation of patients with motor disorders after stroke]. *Human Physiology*. 2019; V.45 (4): 444–451. DOI:10.1134/S0131164619040040 (In Russ.)
8. Alon G., Levitt A.F., McCarthy P. Functional electrical stimulation enhancement of upper extremity functional recovery during stroke rehabilitation: a pilot study. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2007; 21 (3): 207–15. DOI:10.1177/1545968306297871
9. Klochkov A.S., Khizhnikova A.E., Kotov-Smolenskiy A.M., Chernikova L.A., Suponeva N.A., Piradov M.A. Sovremennye tekhnologii funktsional'noj elektrostimulyatsii pri central'nykh parezakh [Modern technologies of functional stimulation in central paresis]. *Human Physiology*. 2019; V.45 (3): 129–136. DOI:10.1134/S013116461903007X (In Russ.)
10. Ekusheva E.V. Sovremennye tekhnologii i perspektivy nejroreabilitatsii pacientov posle ishemicheskogo insul'ta [Modern technologies and prospects of rehabilitation of patients after ischemic stroke]. *Neuroscience and Behavioral Physiology*. 2017; V.117 (12):147–155. DOI:10.17116/jnevro2017117121147–155 (In Russ.)
11. Collin C., Wade D. Assessing motor impairment after stroke: a pilot reliability study. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*. 1990; 53 (7): 576–579.
12. Fugl-Meyer A.R., Jaasko L., Leyman I. et al. The post-stroke hemiplegic patient. A method for evolution of physical performance. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*. 1975; (7):13–31.
13. Scott O.M., Hyde S.A., Goddard C., Dubowitz V. Quantification of muscle function in children: a prospective study in Duchenne muscular dystrophy. *Muscle & Nerve*. 1982; 5 (4): 291–301. DOI:10.1002/mus.880050405
14. Bohannon R.W., Smith M.B. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Physical Therapy*. 1987; 67 (2): 206–7.
15. Beck A.T. et al. An Inventory for Measuring Depression. *Archives Of General Psychiatry*. 1961; V.4 (6): 561–571.
16. Partridge C., Johnston M. Perceived control of recovery from physical disability: Measurement and prediction. *British Journal of Clinical Psychology*. 1989; V.28: 53–59.

Информация об авторах:

Вознюк Игорь Алексеевич, доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной работе, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе, e-mail: voznjouk@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0340-4110>

Полякова Александра Викторовна, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела острой цереброваскулярной патологии и неотложной неврологии, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе, e-mail: polyakova.alexandra@bk.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-6426-3091>

Токарева Диана Владимировна, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела острой цереброваскулярной патологии и неотложной неврологии, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе, e-mail: dianat09@rambler.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-9746-5370>

Information about the authors:

Igor A. Vozniuk, Dr. Sci. (Med.), Professor, Deputy Director for Research, Saint-Petersburg I. I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, e-mail: voznjouk@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0340-4110>

Alexandra V. Polyakova, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Department of Acute Cerebrovascular Pathology and Emergency Neurology, Saint-Petersburg I. I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, e-mail: polyakova.alexandra@bk.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-6426-3091>

Diana V. Tokareva, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Department of Acute Cerebrovascular Pathology and Emergency Neurology, Saint-Petersburg I. I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, e-mail: dianat09@rambler.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-9746-5370>



СВОБОДА И КАЧЕСТВО ЖИЗНИ Bioness®

Реабилитация пациентов с нарушениями ЦНС с помощью инновационных аппаратов ФЭС для верхних и нижних конечностей H200 W и L300 Go. Системы состоят из беспроводного ортеза и блока управления.



H200 W БЕСПРОВОДНАЯ СИСТЕМА РЕАБИЛИТАЦИИ РУКИ

Система **H200 W** обеспечивает электростимуляцию нервов сгибателей и разгибателей, которые отвечают за функциональность верхних конечностей. Подходит для клинической терапии и домашнего использования.



L300 GO СИСТЕМА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЛНОЦЕННОЙ ХОДЬБЫ

L300 Go – первая в мире система ФЭС, которая интегрирует интеллектуальный детектор движения 3D. Через адаптивный обучающий алгоритм, **L300 Go** определяет движения, обеспечивая стимуляцию именно когда она необходима, позволяя пользователям самим регулировать скорость и сложность ходьбы по ступеням, наклонной и неровной местности.



 **αmobili**

www.med-nnz.ru
www.bioness.pro

ООО «Альфа Мобили» – представитель
BIONESS на территории России
8 800 250 71 03 • sales@bioness.pro

Запланировать демонстрацию:
В Москве и МО (495) 782-80-11
В Санкт-Петербурге (812) 326-59-25

