

**MEDICINE
PROBLEMS**

.uz

ISSN 3030-3133

**TIBBIYOT FANLARINING
DOLZARB MASALALARI**

**TOPICAL ISSUES OF MEDICAL
SCIENCES**



Nº 6 (4)

2026

BOSH MUHARRIR:

KUBAYEV AZIZ SAIDOLIMOVICH- Tibbiyot fanlari doktori (DSc), Samarqand, O'zbekiston;

BOSH MUHARRIR O'RINBOSARI:

ISANOVA SHOIRA TULQINOVNA- Tibbiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Samarqand, O'zbekiston.

TAHRIR HAY'ATI:

TIBBIYOT FANLARI

Safarov Zafar Fayzullayevich –tibbiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Toshkent pediatriya tibbiyot instituti;

Xakimov Murod Shavkatovich –tibbiyot fanlari doktori, professor, Toshkent tibbiyot akademiyasi;

Mavlanev Alimbay – tibbiyot fanlari doktori, professor, Toshkent tibbiyot akademiyasi;

Ergashev Nasriddin Shamsiddinovich — tibbiyot fanlari doktori, professor, Toshkent pediatriya instituti;

Abdullayeva Nargiza Nurmamatovna — tibbiyot fanlari doktori, professor, Samarqand davlat tibbiyot universiteti;

Djurabekova Aziza Taxiroyva — tibbiyot fanlari doktori, professor, Samarqand davlat tibbiyot universiteti;

Xaydarova Dildora Kadirovna — tibbiyot fanlari doktori, professor, Toshkent tibbiyot akademiyasi;

Ruziboyev Sanjar Abdusalomovich- tibbiyot fanlari doktori, dotsent, Samarqand davlat tibbiyot universiteti;

Sattarov Oybek Toxirovich- tibbiyot fanlari doktori, dotsent, Toshkent tibbiyot akademiyasi;

Niyozov Shuxrat Tashmirovich — tibbiyot fanlari doktori, dotsent, Samarqand davlat tibbiyot universiteti;

Shomurodova Dilnoza Salimovna — tibbiyot fanlari doktori, dotsent, Samarqand davlat tibbiyot universiteti

Tavasharov Bahodir Nazarovich – tibbiyot fanlari nomzodi, Toshkent tibbiyot akademiyasi;

Xalmetova Feruza Iskandarovna – tibbiyot fanlari nomzodi, Toshkent tibbiyot akademiyasi;

G'aybiyev Akmaljon Axmadjonovich — tibbiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent, Samarqand davlat tibbiyot universiteti;

Qo'ziyev Otabek Juraqulovich – tibbiyot fanlari nomzodi, dotsent, Toshkent pediatriya tibbiyot instituti;

Ergasheva Munisa Yakubovna — tibbiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent, Samarqand davlat tibbiyot universiteti;

Ollanova Shaxnoza Sirlibayevna – tibbiyot fanlari nomzodi, Samarqand davlat tibbiyot universiteti;

Safarov Zafar Fayzullayevich – tibbiyot fanlari nomzodi, Toshkent pediatriya tibbiyot instituti;

Xayitov Ilxom Bahodirovich – tibbiyot fanlari nomzodi, Toshkent tibbiyot akademiyasi;

Alimov Suxrob Usmonovich- tibbiyot fanlari nomzodi, Toshkent tibbiyot akademiyasi;

Fozilov Uktam Abdurazzokovich — tibbiyot fanlari nomzodi, dotsent, Buxoro davlat tibbiyot instituti;

Raximov Oybek Umarovich – tibbiyot fanlari nomzodi, Toshkent pediatriya instituti;

Sattarov Inayat Saparbayevich – tibbiyot fanlari nomzodi, Toshkent tibbiyot akademiyasi;

Abidov O'tkir O'ktamovich – tibbiyot fanlari nomzodi, Buxoro davlat tibbiyot instituti;

Amonova Zaxro Qaxramon qizi — tibbiyot fanlari nomzodi, Samarqand davlat tibbiyot universiteti.

FARMATSEVTIKA FANLARI

Zulfikariyeva Dilnoza Alisherovna —
farmatsevtika fanlari doktori (DSc), professor,
Toshkent farmatsevtika instituti;

Toshpo'latova Azizaxon Dilshodovna —
farmatsevtika fanlari doktori (DSc), professor,
Toshkent farmatsevtika instituti;

Xusainova Rayxona Ashrafovna -
farmatsevtika fanlari doktori (DSc), dotsent,
Toshkent farmatsevtika instituti;

Maksudova Firuza Xurshidovna farmatsevtika
fanlari doktori (DSc), dotsent, Toshkent
farmatsevtika instituti;

Ziyamuxamedova Munojot Mirgiasovna —
farmatsevtika fanlari doktori, Toshkent
farmatsevtika instituti, dotsent v.b.;

Rizayeva Nilufar Muxutdinovna —
farmatsevtika fanlari nomzodi, dotsent
Toshkent farmatsevtika instituti;

OAK Ro'yxati

Mazkur jurnal O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasi Rayosatining 2026-yil 10-iyundagi 386/6-son qarori bilan tibbiyot fanlari bo'yicha ilmiy darajalar yuzasidan dissertatsiyalar asosiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan ([Asos](#)).

Muassis: "SCIENCEPROBLEMS TEAM" mas'uliyati cheklangan jamiyati.

TIBBIYOT FANLARINING DOLZARB

MASALALARI elektron jurnali 02.03.2023-yilda 132099-sonli guvohnoma bilan davlat ro'yxatidan o'tkazilgan.

Muassis: "SCIENCEPROBLEMS TEAM"
mas'uliyati cheklangan jamiyati.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik
Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy. Elektron
manzil: scienceproblems.uz@gmail.com

Barcha huquqlar himoyalangan.

© Scienceproblems team, 2026-yil

© Mualliflar jamoasi, 2026-yil

MUNDARIJA

Sultonova Nigora, Zaripov Sherzod, Zaripova Dilnoza

ANTIFOSFOLIPID SINDROMI TUFAYLI TAKRORIY HOMILA TUSHISHI HOLATLARIDA

ENDOMETRIYDA KUZATILADIGAN GISTOLOGIK O'ZGARISHLAR 5-15

Niyozov G'ayratjon

YANGI TUG'ILGANLARDA GIPOKSIK-ISHEMIK BOSH MIYA SHIKASTLANISHINING KLINIK

XUSUSIYATLARI VA ERTA BIOMARKERLI PROGNOZLASH 16-26

Боймуродов Гуломжон, Мавлянова Зилола

РАЗРАБОТКА ПРОТОКОЛА КОМБИНИРОВАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНСКУТАННОЙ

СПИНАЛЬНОЙ СТИМУЛЯЦИИ И РОБОТИЗИРОВАННОЙ ЛОКОМОТОРНОЙ ТЕРАПИИ ПРИ

ТРАВМЕ СПИННОГО МОЗГА 27-43

Bobomurodova Maftuna, G'aybiev Akmal

BOLALARDA NOEPILEPTIK PAROKSIZMLARNI KLINIK-NEVROLOGIK STRATIFIKATSIYALASH

VA INDIVIDUAL DAVOLASH TAMOYILLARI 44-57

Daminova Shahnoza, Rixsiyeva Dilorom, Tashpulatova Xurshidabonu

SUT TISHLARI KARIYESINI OLDINI OLIH VA PROGNOZLASHTIRISHNING ZAMONAVIY

STRATEGIYALARI: MULTIDISTIPLINAR INTEGRATSIYA VA RAQAMLI

MODELLASHTIRISH 58-66

Xolmatov Sharofiddin, Aripov Orifjon

IMMUNOKOMPLEKS METODLARINI ISHLASH PRINSIPI VA

QALQONSIMON BEZ GORMONLARI TAHLILLARIDAGI IMKONYATLARI 67-73

Article / Original Paper

РАЗРАБОТКА ПРОТОКОЛА КОМБИНИРОВАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНСКУТАННОЙ СПИНАЛЬНОЙ СТИМУЛЯЦИИ И РОБОТИЗИРОВАННОЙ ЛОКОМОТОРНОЙ ТЕРАПИИ ПРИ ТРАВМЕ СПИННОГО МОЗГА

Боймуродов Гуломжон Абдугаффорович

PhD, Свободный соискатель кафедры медицинской реабилитации, спортивной медицины и народной медицины,

Самаркандский государственный медицинский университет,

E-mail: gulomzhon.boymurodov@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7548-2115>

Мавлянова Зилола Фархадовна

DSc, профессор, кафедра медицинской реабилитации, спортивной медицины и народной медицины,

Самаркандский государственный медицинский университет,

E-mail: reab.sammi@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7862-2625>

Аннотация. Транскутанная спинальная стимуляция и роботизированная локомоторная терапия воздействуют на взаимодополняющие звенья восстановления после травмы спинного мозга. Первая технология преимущественно модулирует возбудимость сохранных спинальных нейронных сетей, улучшает двигательно-сенсорную проводимость и уменьшает спастичность, тогда как вторая обеспечивает интенсивную задачеспецифическую тренировку вертикализации, равновесия и шага. Цель. На основании раздельного анализа результатов двух проспективных сравнительных клинических серий разработать клиничко-функционально обоснованный протокол последовательного комбинированного применения транскутанной спинальной стимуляции и роботизированной экзоскелетной терапии у пациентов с торако-люмбальными повреждениями спинного мозга. Материалы и методы. Выполнен вторичный сравнительный анализ двух клинических серий. В исследовании транскутанной нейростимуляции участвовали 135 пациентов с повреждением Th10–L2: 63 пациента получали стандартную реабилитацию и нейростимуляцию, 72 – стандартную программу. В исследовании экзоскелетной терапии участвовали 78 пациентов категорий AIS C–D: 40 пациентов получали стандартную реабилитацию и роботизированную локомоторную терапию, 38 — стандартное лечение. Обследование проводили исходно, через 4 недели и через 3 месяца. В связи с различиями критериев отбора и наборов конечных точек статистическое объединение выборок и прямое междисциплинарное сравнение не выполнялись. Результаты. После транскутанной нейростимуляции за 3 месяца двигательный балл нижних конечностей увеличился на 11,9 балла против 5,9 балла в группе стандартной терапии, сенсорный балл — на 17,4 против 8,6 балла, спастичность снизилась на 1,1 против 0,5 балла, WISCI II повысился на 4,7 против 2,2 балла, SCIM III — на 20,8 против 12,0 балла. После экзоскелетной терапии продолжительность вертикализации увеличилась на 26,5 против 14,7 минуты, дистанция шестиминутной ходьбы — на 95,8 против 48,3 м, скорость ходьбы — на 0,20 против 0,09 м/с, WISCI II — на 6,3 против 2,9 балла, SCIM III — на 20,8 против 11,4 балла; площадь колебаний центра давления уменьшилась на 49,8% против 27,4%. На основании выявленной взаимодополняемости разработан последовательный 20-сеансовый протокол: 30 минут нейростимуляции, переходный интервал не более 10 минут, 20–45 минут экзоскелетной тренировки и 10–15 минут функционального закрепления. Заключение. Клинические данные обосновывают последовательное сочетание нейромодуляционной подготовки и интенсивной роботизированной локомоторной практики. Разработанный протокол предназначен преимущественно для пациентов категорий AIS C–D и требует последующей проверки в проспективном контролируемом исследовании с отдельной комбинированной группой.

Ключевые слова: травма спинного мозга, торако-люмбальное повреждение, транскутанная спинальная стимуляция, нейростимуляция, роботизированная локомоторная терапия, экзоскелет, ходьба, спастичность, функциональная независимость.

DEVELOPMENT OF A PROTOCOL FOR THE COMBINED USE OF TRANSCUTANEOUS SPINAL CORD STIMULATION AND ROBOT-ASSISTED LOCOMOTOR THERAPY IN SPINAL CORD INJURY

Boymurodov Gulomjon Abdugafforovich

PhD, Independent Researcher, Department of Medical Rehabilitation,
Sports Medicine and Traditional Medicine,
Samarkand State Medical University

Mavlyanova Zilola Farhodovna

DSc, Professor, Department of Medical Rehabilitation,
Sports Medicine and Traditional Medicine,
Samarkand State Medical University

Annotation. Transcutaneous spinal cord stimulation and robot-assisted locomotor therapy target complementary mechanisms of recovery after spinal cord injury. The former primarily modulates the excitability of preserved spinal neuronal networks, improves motor and sensory conduction, and reduces spasticity, whereas the latter provides intensive, task-specific training aimed at verticalization, balance, and walking. **Objective.** To develop a clinically and functionally substantiated protocol for the sequential combined use of transcutaneous spinal cord stimulation and robot-assisted exoskeleton therapy in patients with thoracolumbar spinal cord injuries, based on a separate analysis of the results of two prospective comparative clinical series. **Materials and Methods.** A secondary comparative analysis of two clinical series was performed. The transcutaneous neurostimulation study included 135 patients with spinal cord injuries at the Th10–L2 level: 63 patients received standard rehabilitation combined with neurostimulation, while 72 patients underwent a standard rehabilitation program. The exoskeleton therapy study included 78 patients classified as AIS C–D: 40 patients received standard rehabilitation combined with robot-assisted locomotor therapy, whereas 38 patients underwent standard treatment. Assessments were performed at baseline, after 4 weeks, and at 3 months. Because of differences in patient selection criteria and sets of outcome measures, the samples were not statistically pooled, and no direct comparison between the two technologies was performed. **Results.** Over the 3-month follow-up period, transcutaneous neurostimulation increased the lower-extremity motor score by 11.9 points compared with 5.9 points in the standard-therapy group, while the sensory score increased by 17.4 versus 8.6 points. Spasticity decreased by 1.1 versus 0.5 points. The WISCI II score increased by 4.7 versus 2.2 points, and the SCIM III score increased by 20.8 versus 12.0 points. Following exoskeleton therapy, tolerance to upright positioning increased by 26.5 minutes compared with 14.7 minutes in the standard-therapy group. The six-minute walking distance increased by 95.8 versus 48.3 m, and walking speed increased by 0.20 versus 0.09 m/s. The WISCI II score increased by 6.3 versus 2.9 points, while the SCIM III score increased by 20.8 versus 11.4 points. The center-of-pressure sway area decreased by 49.8% compared with 27.4% in the standard-therapy group. Based on the identified complementary effects, a sequential 20-session protocol was developed. It includes 30 minutes of neurostimulation, a transition interval of no more than 10 minutes, 20–45 minutes of exoskeleton-assisted training, and 10–15 minutes of functional consolidation. **Conclusion.** The obtained clinical data support the sequential combination of neuromodulatory preparation and intensive robot-assisted locomotor practice. The developed protocol is intended primarily for patients classified as AIS C–D and requires further evaluation in a prospective controlled study with a separate combined-treatment group.

Keywords: spinal cord injury, thoracolumbar injury, transcutaneous spinal cord stimulation, neurostimulation, robot-assisted locomotor therapy, exoskeleton, walking, spasticity, functional independence.

DOI: <https://doi.org/10.47390/Med-pro/v4i6y2026/N03>

Введение. Травматическое повреждение спинного мозга относится к наиболее тяжёлым поражениям центральной нервной системы и сопровождается стойкими двигательными, чувствительными и вегетативными нарушениями. У пациентов с

торако-люмбальной локализацией травмы клиническая картина определяется парезом или параличом нижних конечностей, нарушением постурального контроля, спастичностью, снижением толерантности к вертикальной нагрузке и ограничением самостоятельного передвижения [7]. Длительное ограничение двигательной активности приводит к мышечной атрофии, формированию контрактур, снижению минеральной плотности костной ткани, развитию ортостатической недостаточности, сердечно-сосудистой детренированности и прогрессирующей зависимости пациента от посторонней помощи. Поэтому восстановление произвольной двигательной активности, способности к вертикализации, поддержанию равновесия и ходьбе является одной из центральных задач медицинской реабилитации после позвоночно-спинномозговой травмы [7].

Традиционная реабилитационная программа включает лечебную гимнастику, пассивную и пассивно-активную разработку движений, тренировку мышц туловища и нижних конечностей, постепенную вертикализацию, механотерапию, профилактику контрактур и пролежней, обучение перемещениям и ходьбе с использованием дополнительных средств опоры [2, 7, 8]. Однако при выраженном нарушении спинальной проводимости стандартные методы не всегда обеспечивают достаточную активацию сохраненных нейронных сетей и необходимое количество многократно повторяющихся локомоторных циклов [2, 5, 8]. Транскутанная электрическая стимуляция спинного мозга представляет собой неинвазивный нейромодуляционный метод, направленный на изменение возбудимости спинальных интернейронных сетей и облегчение реализации двигательного ответа при наличии сохраненных нисходящих и сенсорных путей [4, 5]. Экспериментальные и клинические исследования показали, что транскутанная стимуляция может способствовать активации генераторов шагательных движений, улучшению произвольной мышечной активности, снижению спастичности и расширению функциональных возможностей пациентов [1, 2, 4, 5, 8]. Её клинический эффект наиболее полно проявляется при сочетании с активными движениями, механотерапией, вертикализацией и задачеспецифической двигательной тренировкой [1, 2, 5, 8].

Роботизированные экзоскелетные системы обеспечивают поддержание вертикального положения тела, управляемые движения в тазобедренных и коленных суставах, многократное воспроизведение шагового цикла и интенсивную проприоцептивную афферентацию. Отечественные исследования свидетельствуют, что экзоскелетная терапия способствует освоению навыков роботизированной ходьбы, повышению локомоторных возможностей и функциональной независимости пациентов с последствиями позвоночно-спинномозговой травмы [3, 6, 9]. Результаты систематических обзоров также подтверждают реализуемость и преимущественно удовлетворительную безопасность экзоскелетных тренировок, а также их потенциальное положительное влияние на скорость ходьбы, мобильность и физическую активность пациентов [10, 11].

Несмотря на общую направленность, транскутанная нейростимуляция и экзоскелетная терапия воздействуют на различные, но взаимодополняющие компоненты восстановительного процесса. Нейростимуляция создаёт нейрофизиологические условия для активации остаточной двигательной функции, тогда как роботизированная тренировка позволяет реализовать и закрепить эту

активность в структуре многократно повторяемого функционального шага [2, 3, 5, 6, 9]. Перспективность данного подхода подтверждается результатами исследования, в котором тренировка ходьбы в экзоскелете сочеталась с тонической транскутанной электрической стимуляцией поясничного отдела спинного мозга [12]. Это позволяет рассматривать последовательное применение двух технологий как патогенетически и функционально обоснованную комбинацию.

Вместе с тем в анализируемых нами клинических сериях отсутствовала отдельная группа пациентов, одновременно получавших транскутанную спинальную стимуляцию и роботизированную локомоторную терапию. Поэтому статистическое объединение результатов двух исследований и прямое заключение об эффективности комбинированного воздействия являлись бы методологически некорректными. Научно обоснованным этапом стало раздельное изучение клинических эффектов каждой технологии, выделение их взаимодополняющих терапевтических мишеней и разработка стандартизированного последовательного протокола, предназначенного для последующей проверки в проспективном контролируемом исследовании.

Цель исследования. На основании раздельного анализа результатов двух проспективных сравнительных клинических серий определить взаимодополняющие клиничко-функциональные эффекты транскутанной спинальной стимуляции и роботизированной локомоторной терапии и разработать протокол их последовательного комбинированного применения у пациентов с торако-люмбальными повреждениями спинного мозга.

Материалы и методы исследования. Работа выполнена как вторичный клиничко-аналитический сравнительный анализ результатов двух ранее сформированных проспективных клинических серий. Анализ не предполагал статистического объединения исходных выборок, поскольку серии различались по критериям включения, распределению категорий AIS и набору оцениваемых показателей.

Первая клиническая серия была посвящена транскутанной спинальной нейростимуляции. В неё вошли 135 пациентов в возрасте 18–68 лет с травматическим повреждением спинного мозга на уровне Th10–L2. Основную группу составили 63 пациента, получавших стандартную реабилитацию в сочетании с транскутанной стимуляцией, группу сравнения — 72 пациента, проходивших стандартную программу. Полное повреждение AIS A было диагностировано у 52 пациентов, неполное AIS B–D — у 83 пациентов.

Вторая клиническая серия включала 78 пациентов в возрасте 18–65 лет с двигательным неполным повреждением спинного мозга на уровне Th10–L2 категорий AIS C–D. Основную группу составили 40 пациентов, получавших стандартную реабилитацию и экзоскелетную терапию, группу сравнения — 38 пациентов, проходивших стандартное восстановительное лечение (табл. 1).

Обе клинические серии предусматривали оценку состояния до начала лечения, после четырёхнедельного курса и через 3 месяца. В каждой серии основные и сравнительные группы исходно не различались по ключевым клиничко-функциональным показателям.

Таблица 1

Клинико-методологическая характеристика исследований нейростимуляции и роботизированной локомоторной терапии

Основная группа	Группа сравнения	Основные конечные точки
Транскутанная спинальная стимуляция, 135 пациентов (Th10–L2, AIS A–D)		
n=63, стандартная реабилитация + нейростимуляция	n=72, стандартная реабилитация	ISNCSCI, Эшворт, WISCI II, SCIM III, переход AIS
Роботизированная локомоторная терапия, 78 пациентов (Th10–L2, AIS C–D)		
n=40, стандартная реабилитация + экзоскелет	n=38, стандартная реабилитация	Вертикализация, 6MWT, 10MWT, WISCI II, стабелография, SCIM III

Примечание. Серии анализировали отдельно; суммирование числа пациентов и прямое статистическое сравнение технологий не выполнялись.

Общими критериями включения являлись травматическое повреждение спинного мозга на торако-люмбальном уровне, стабильное состояние позвоночника и соматического статуса, способность участвовать в активной программе реабилитации и отсутствие противопоказаний к соответствующей технологии. Для экзоскелетной терапии обязательными условиями были двигательное неполное повреждение AIS C–D, возможность поддерживать вертикальное положение с дополнительной опорой и сохранение мышечной силы не менее 2 баллов хотя бы в одной из ключевых мышечных групп нижних конечностей.

Из исследований исключали пациентов с нестабильностью позвоночника, острыми инфекционными заболеваниями, декомпенсированной сердечно-сосудистой патологией, тяжёлыми когнитивными нарушениями, выраженными контрактурами, активным тромбозом глубоких вен, неконтролируемой ортостатической гипотензией и повреждениями кожи в предполагаемых зонах контакта. Противопоказаниями к нейростимуляции дополнительно являлись эпилепсия и имплантированные электронные устройства; противопоказаниями к экзоскелету — несоответствие антропометрических параметров техническим характеристикам системы.

Стандартная программа в обеих сериях включала лечебную гимнастику, пассивно-активную разработку движений нижних конечностей, тренировку мышц туловища, вертикализацию, механотерапию, упражнения на равновесие, профилактику контрактур и пролежней, обучение перемещениям и навыкам самообслуживания.

Курс транскutánной спинальной стимуляции состоял из 20 процедур продолжительностью 30 минут, проводимых 5 раз в неделю в течение четырёх недель. Электроды располагали паравертебрально в проекции нижнегрудного и верхнепоясничного отделов позвоночника. Интенсивность воздействия подбирали индивидуально до появления отчётливых сенсорных ощущений и минимального

мышечного ответа без боли и выраженного дискомфорта. Нейростимуляцию сочетали с активными попытками движений, контролем туловища, вертикализацией и обучением ходьбе.

Курс экзоскелетной терапии включал 20 тренировок, проводимых 5 раз в неделю. Первые занятия продолжались 20–25 минут, затем длительность увеличивали до 30–45 минут. После индивидуальной настройки системы в начале курса использовали максимальную роботизированную поддержку, которую постепенно уменьшали по мере увеличения активного участия пациента. Во время занятий контролировали частоту сердечных сокращений, артериальное давление, сатурацию, выраженность утомления и признаки ортостатической непереносимости.

В серии нейростимуляции оценивали двигательный и сенсорный баллы по Международным стандартам неврологической классификации травмы спинного мозга (ISNCSCI), спастичность по модифицированной шкале Эшворта, способность к ходьбе по WISCI II и функциональную независимость по SCIM III. Дополнительно анализировали частоту клинически значимых результатов и эффективность в зависимости от исходной категории AIS.

В серии экзоскелетной терапии оценивали продолжительность переносимой вертикализации, дистанцию шестиминутной ходьбы, скорость прохождения 10-метровой дистанции, WISCI II, SCIM III и показатели компьютеризированной стабильности: площадь и среднюю скорость колебаний центра давления, коэффициент асимметрии опорной нагрузки.

В исходных клинических сериях количественные данные представляли в виде среднего значения и стандартного отклонения. Межгрупповые и внутригрупповые различия оценивали параметрическими или непараметрическими критериями в зависимости от распределения данных; для категориальных показателей применяли критерий χ^2 или точный критерий Фишера. Корреляционный анализ выполняли методом Спирмена. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

В настоящем вторичном анализе показатели двух серий сопоставляли описательно по направленности и клинической мишени эффекта. Между сериями не рассчитывали p -значения и общий эффект, поскольку это потребовало бы индивидуальных данных и учёта различий дизайна. Разработка комбинированного протокола основывалась на воспроизводимых клинко-функциональных эффектах внутри каждой серии и общих предикторах благоприятного ответа.

Результаты исследования. Исходно группы нейростимуляции (НС) и стандартной терапии (СТ) были сопоставимы по двигательному и сенсорному дефициту, выраженности спастичности, способности к ходьбе и уровню функциональной независимости. Через 4 недели положительная динамика отмечалась

в обеих группах (НС и СТ), однако у пациентов, получавших нейростимуляцию, она была более выраженной и сохранялась к трёхмесячному сроку наблюдения (табл. 2).

Таблица 2

**Динамика клинико-функциональных показателей при транскутанной
спинальной стимуляции**

Группа	До лечения	Через 4 недели	Через 3 месяца	Δ
Двигательный балл ISNCSCI				
НС, n=63	17,8±6,7	24,9±7,3	29,7±8,0	+11,9; +66,9%
СТ, n=72	18,0±6,6	21,3±6,9	23,9±7,4	+5,9; +32,8%
Сенсорный балл ISNCSCI				
НС, n=63	132,7±21,5	143,8±20,8	150,1±20,2	+17,4; +13,1%
СТ, n=72	133,0±21,8	138,4±21,5	141,6±21,1	+8,6; +6,5%
Спастичность по Эшворту				
НС, n=63	2,6±0,7	1,8±0,6	1,5±0,6	-1,1; -42,3%
СТ, n=72	2,5±0,8	2,2±0,7	2,0±0,7	-0,5; -20,0%
WISCI II				
НС, n=63	5,2±3,3	7,8±3,7	9,9±4,0	+4,7; +90,4%
СТ, n=72	5,3±3,4	6,4±3,6	7,5±3,8	+2,2; +41,5%
SCIM III, общий балл				
НС, n=63	50,8±9,7	63,4±10,5	71,6±11,3	+20,8; +40,9%
СТ, n=72	51,2±9,9	58,7±10,3	63,2±10,8	+12,0; +23,4%

Примечание: НС — нейростимуляция; СТ — стандартная терапия; Δ — изменение показателя через 3 месяца относительно исходного уровня. Межгрупповые различия через 3 месяца: двигательный балл и спастичность — $p < 0,001$; сенсорный балл — $p < 0,01$; WISCI II — $p < 0,01$; SCIM III — $p < 0,001$.

Прирост двигательного балла в основной группе был примерно в 2 раза выше, чем при стандартной терапии. Наиболее заметно улучшалась функция мышц, обеспечивающих сгибание и разгибание в тазобедренных и коленных суставах. Одновременно расширялась зона сохранной поверхностной чувствительности и повышалась точность локализации тактильных и болевых стимулов.

Снижение спастичности облегчало пассивные и активные движения, изменение положения тела, вертикализацию и проведение гигиенических мероприятий. Рост WISCI II отражал уменьшение объема требуемой физической помощи и использование менее выраженной внешней поддержки при ходьбе. Наибольшее преимущество по SCIM

III отмечалось в разделе мобильности: показатель увеличился с $15,0 \pm 4,9$ до $27,3 \pm 6,1$ балла в основной группе и с $15,1 \pm 5,0$ до $22,2 \pm 5,8$ балла в группе сравнения.

Через 3 месяца после завершения реабилитационного курса клинически значимые положительные результаты достоверно чаще регистрировались у пациентов, получавших транскутанную спинальную нейростимуляцию (рис. 1). Снижение спастичности не менее чем на 1 балл по модифицированной шкале Эшворта было отмечено у 43 (68,3%) пациентов группы нейростимуляции и у 27 (37,5%) пациентов, получавших стандартную терапию, при высоком уровне статистической значимости различий ($p < 0,001$). Самостоятельная или частично самостоятельная ходьба была достигнута у 29 (46,0%) пациентов основной группы, тогда как в группе стандартной реабилитации данный результат наблюдался у 21 (29,2%) пациента ($p = 0,043$).

Переход в более благоприятную категорию по шкале AIS зарегистрирован у 18 (28,6%) пациентов группы нейростимуляции, что более чем в два раза превышало соответствующий показатель группы стандартной терапии — 9 (12,5%) пациентов ($p = 0,020$). Выраженное улучшение двигательной функции выявлено у 41 (65,1%) пациента, получавшего нейростимуляцию, и у 28 (38,9%) пациентов группы сравнения ($p = 0,002$). Повышение общего балла SCIM III не менее чем на 15 баллов, свидетельствующее о клинически значимом расширении функциональной самостоятельности, отмечено у 39 (61,9%) пациентов основной группы против 27 (37,5%) пациентов, получавших стандартное лечение ($p = 0,005$).

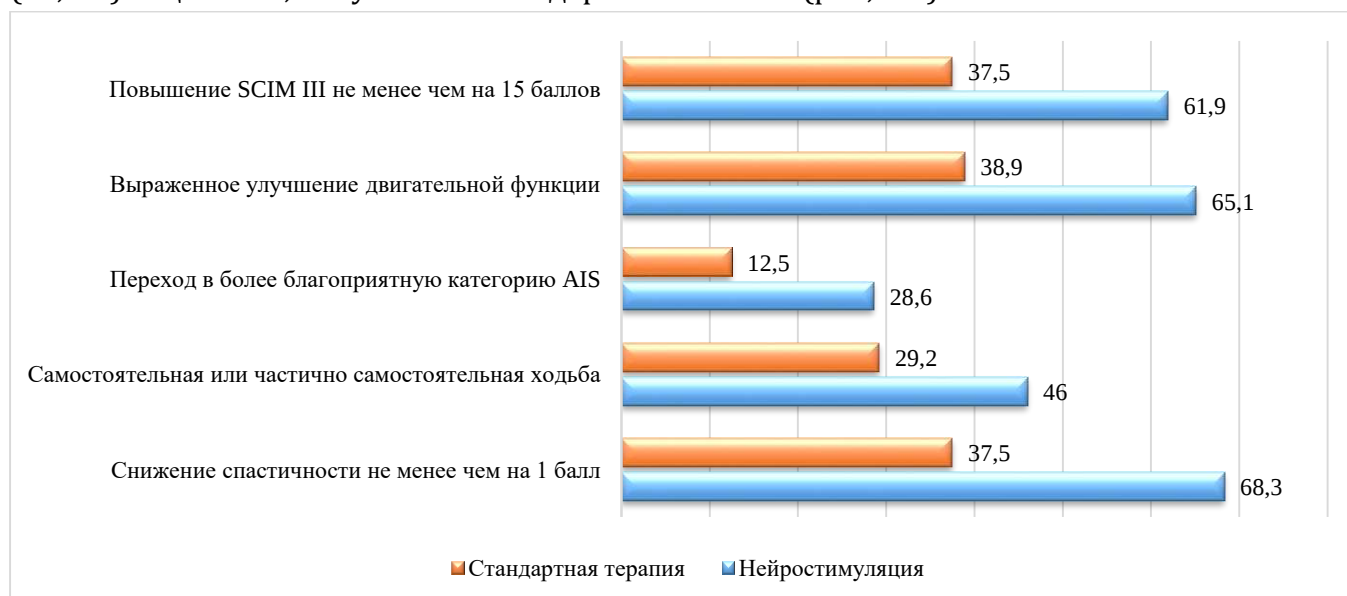


Рисунок 1. Сравнительная частота клинически значимых исходов через 3 месяца реабилитации, %

Примечание: AIS — шкала тяжести повреждения спинного мозга; SCIM III — шкала независимости при повреждении спинного мозга, версия III.

До начала лечения группы экзоскелетной серии были сопоставимы по продолжительности вертикализации, дистанции и скорости ходьбы, WISCI II, спастичности, SCIM III и стабиллографическим показателям. Через 4 недели и через 3 месяца улучшение отмечалось в обеих группах, но было существенно более выраженным при включении роботизированной тренировки (табл. 3). Анализ представленных данных показал положительную динамику локомоторных показателей в обеих исследуемых группах, однако у пациентов, получавших роботизированную

экзоскелетную терапию, улучшения были более выраженными. Продолжительность переносимой вертикализации в группе экзоскелетной терапии увеличилась с $8,7 \pm 3,1$ минуты до $27,8 \pm 7,2$ минуты через 4 недели и до $35,2 \pm 8,4$ минуты через 3 месяца. Общий прирост составил 26,5 минуты, тогда как в группе стандартной реабилитации показатель повысился с $8,9 \pm 3,2$ до $23,6 \pm 7,3$ минуты, а прирост составил 14,7 минуты.

Таблица 3

Сравнительная динамика локомоторных показателей у пациентов, получавших экзоскелетную и стандартную терапию

Группа	До лечения	Через 4 недели	Через 3 месяца	Δ
Вертикализация, мин				
ЭС, n=40	$8,7 \pm 3,1$	$27,8 \pm 7,2$	$35,2 \pm 8,4$	+26,5
СИ, n=38	$8,9 \pm 3,2$	$18,4 \pm 6,1$	$23,6 \pm 7,3$	+14,7
6-минутная ходьба, м				
ЭС, n=40	$62,4 \pm 25,8$	$121,6 \pm 36,9$	$158,2 \pm 43,6$	+95,8
СИ, n=38	$64,1 \pm 26,2$	$91,5 \pm 32,7$	$112,4 \pm 38,9$	+48,3
6-минутная ходьба, м				
ЭС, n=40	$0,12 \pm 0,06$	$0,24 \pm 0,09$	$0,32 \pm 0,11$	+0,20
СИ, n=38	$0,13 \pm 0,06$	$0,18 \pm 0,08$	$0,22 \pm 0,09$	+0,09
WISCI II				
ЭС, n=40	$6,4 \pm 3,0$	$10,2 \pm 3,3$	$12,7 \pm 3,5$	+6,3
СИ, n=38	$6,5 \pm 3,1$	$8,1 \pm 3,2$	$9,4 \pm 3,3$	+2,9

Примечание: ЭС — экзоскелетная терапия; СИ — стандартное вмешательство; WISCI II — индекс ходьбы при повреждении спинного мозга, версия II; Δ — изменение показателя через 3 месяца относительно исходного уровня. Данные представлены в виде $M \pm SD$.

Дистанция шестиминутной ходьбы в группе экзоскелетной терапии увеличилась с $62,4 \pm 25,8$ м до $121,6 \pm 36,9$ м через 4 недели и до $158,2 \pm 43,6$ м через 3 месяца. Прирост данного показателя составил 95,8 м, что почти в два раза превышало прирост в группе стандартной терапии, где дистанция ходьбы увеличилась с $64,1 \pm 26,2$ до $112,4 \pm 38,9$ м, то есть на 48,3 м.

Аналогичная динамика наблюдалась при оценке скорости ходьбы на дистанции 10 м. У пациентов группы экзоскелетной терапии скорость ходьбы повысилась с $0,12 \pm 0,06$ до $0,24 \pm 0,09$ м/с через 4 недели и до $0,32 \pm 0,11$ м/с через 3 месяца. Общий прирост составил 0,20 м/с. В группе стандартной терапии показатель увеличился с $0,13 \pm 0,06$ до $0,22 \pm 0,09$ м/с, а прирост составил 0,09 м/с.

Способность к ходьбе по шкале WISCI II также более значительно улучшилась в группе экзоскелетной терапии. Показатель увеличился с $6,4 \pm 3,0$ до $10,2 \pm 3,3$ балла через 4 недели и до $12,7 \pm 3,5$ балла через 3 месяца, составив прирост 6,3 балла. В группе стандартной терапии показатель повысился с $6,5 \pm 3,1$ до $9,4 \pm 3,3$ балла, а прирост составил 2,9 балла.

Анализ стабилографических показателей выявил положительную динамику пострурального контроля в обеих исследуемых группах, однако наиболее выраженные изменения наблюдались у пациентов, проходивших роботизированную экзоскелетную терапию (табл. 4). До начала лечения площадь колебаний центра давления была сопоставимой и составляла 1415 ± 382 мм² в группе экзоскелетной терапии и 1398 ± 375 мм² в группе стандартной терапии. Через 4 недели данный показатель уменьшился соответственно до 891 ± 274 и 1162 ± 326 мм², а через 3 месяца — до 710 ± 231 и 1015 ± 302 мм². Таким образом, площадь колебаний центра давления снизилась на 49,8% в группе экзоскелетной терапии и на 27,4% в группе стандартной реабилитации, что свидетельствует о более выраженном повышении устойчивости вертикальной позы при применении роботизированной локомоторной терапии.

Средняя скорость колебаний центра давления в группе экзоскелетной терапии снизилась с $20,8 \pm 5,4$ мм/с до $15,1 \pm 4,3$ мм/с через 4 недели и до $12,6 \pm 3,8$ мм/с через 3 месяца. В группе стандартной терапии данный показатель уменьшился с $20,5 \pm 5,2$ до $17,8 \pm 4,7$ и $16,2 \pm 4,4$ мм/с соответственно. Более выраженное снижение скорости колебаний в группе экзоскелетной терапии отражает улучшение нейромышечного контроля, координации и способности пациентов стабилизировать положение тела при вертикализации.

Положительная динамика также отмечалась при оценке симметричности распределения опорной нагрузки. Коэффициент асимметрии в группе экзоскелетной терапии уменьшился с $28,6 \pm 9,5\%$ до $18,7 \pm 7,2\%$ через 4 недели и до $13,9 \pm 6,1\%$ через 3 месяца. В группе стандартной терапии снижение было менее выраженным — с $27,9 \pm 9,3\%$ до $23,1 \pm 8,4$ и $20,7 \pm 7,8\%$ соответственно. Полученные данные указывают на более равномерное распределение массы тела между нижними конечностями и совершенствование навыка переноса центра тяжести у пациентов, получавших экзоскелетную терапию.

Таблица 4

Динамика стабилографических показателей у пациентов, получавших экзоскелетную и стандартную терапию

Группа	До лечения	Через 4 недели	Через 3 месяца
Площадь колебаний центра давления, мм ²			
ЭС, n=40	1415 ± 382	891 ± 274	710 ± 231
СТ, n=38	1398 ± 375	1162 ± 326	1015 ± 302
Средняя скорость колебаний, мм/с			
ЭС, n=40	$20,8 \pm 5,4$	$15,1 \pm 4,3$	$12,6 \pm 3,8$

Группа	До лечения	Через 4 недели	Через 3 месяца
Площадь колебаний центра давления, мм ²			
СТ, n=38	20,5±5,2	17,8±4,7	16,2±4,4
Коэффициент асимметрии нагрузки, %			
ЭС, n=40	28,6±9,5	18,7±7,2	13,9±6,1
СТ, n=38	27,9±9,3	23,1±8,4	20,7±7,8

Примечание: ЭС — экзоскелетная терапия; СТ — стандартная терапия; данные представлены в виде $M \pm SD$; уменьшение площади и средней скорости колебаний центра давления, а также коэффициента асимметрии нагрузки свидетельствует об улучшении постуральной устойчивости и симметричности распределения опоры.

Снижение площади и скорости колебаний центра давления отражало улучшение нейромышечного контроля и устойчивости вертикальной позы. Уменьшение коэффициента асимметрии свидетельствовало о более равномерном распределении массы тела между нижними конечностями и совершенствовании переноса центра тяжести.

Анализ показателей шкалы SCIM III продемонстрировал повышение функциональной самостоятельности пациентов обеих групп через 3 месяца наблюдения, однако более выраженная положительная динамика отмечалась при применении роботизированной экзоскелетной терапии (табл. 5). В разделе «Самообслуживание» показатель в группе экзоскелетной терапии увеличился с $11,5 \pm 3,0$ до $15,2 \pm 3,2$ балла, составив прирост 3,7 балла. В группе стандартной терапии показатель повысился с $11,7 \pm 3,1$ до $13,7 \pm 3,3$ балла, а прирост составил 2,0 балла. Полученные изменения отражают улучшение контроля туловища, координации движений и способности пациентов самостоятельно выполнять повседневные действия, включая приём пищи, одевание и гигиенические процедуры. В разделе «Дыхание и контроль тазовых функций» показатель в группе экзоскелетной терапии увеличился с $26,4 \pm 5,2$ до $29,3 \pm 5,5$ балла, то есть на 2,9 балла. При стандартной терапии прирост был менее выраженным: показатель повысился с $26,5 \pm 5,3$ до $28,1 \pm 5,6$ балла, или на 1,6 балла. Такая динамика может быть связана с регулярной вертикализацией, активизацией мышц туловища и брюшного пресса, а также расширением самостоятельности пациентов при выполнении процедур, связанных с контролем функций мочевого пузыря и кишечника. Наиболее значительные изменения были установлены в разделе «Мобильность». В группе экзоскелетной терапии показатель повысился с $16,4 \pm 5,0$ до $30,6 \pm 6,2$ балла, составив прирост 14,2 балла. В группе стандартной терапии он увеличился с $16,6 \pm 5,1$ до $24,4 \pm 5,9$ балла, а прирост составил 7,8 балла. Практически двукратное преимущество экзоскелетной терапии по величине прироста свидетельствует об улучшении способности пациентов изменять положение тела, переходить из положения лёжа в положение сидя и стоя, выполнять перемещения между кроватью и креслом, сохранять вертикальное положение и передвигаться с использованием технических средств опоры.

Таблица 5

Динамика функциональной независимости по шкале SCIM III у пациентов, получавших экзоскелетную и стандартную терапию

Раздел SCIM III	Группа	До лечения	Через 3 месяца	Δ
Самообслуживание	ЭС, n=40	11,5±3,0	15,2±3,2	+3,7
	СТ, n=38	11,7±3,1	13,7±3,3	+2,0
Дыхание и тазовые функции	ЭС, n=40	26,4±5,2	29,3±5,5	+2,9
	СТ, n=38	26,5±5,3	28,1±5,6	+1,6
Мобильность	ЭС, n=40	16,4±5,0	30,6±6,2	+14,2
	СТ, n=38	16,6±5,1	24,4±5,9	+7,8
Общий балл	ЭС, n=40	54,3±9,6	75,1±10,8	+20,8
	СТ, n=38	54,8±9,8	66,2±10,4	+11,4

Примечание: ЭС — экзоскелетная терапия; СТ — стандартная терапия; SCIM III — шкала независимости при повреждении спинного мозга, версия III; Δ — изменение показателя через 3 месяца относительно исходного уровня; данные представлены в виде $M \pm SD$. Увеличение показателей SCIM III свидетельствует о повышении функциональной самостоятельности пациентов.

Общий балл SCIM III в группе экзоскелетной терапии увеличился с $54,3 \pm 9,6$ до $75,1 \pm 10,8$ балла, то есть на 20,8 балла. В группе стандартной терапии показатель повысился с $54,8 \pm 9,8$ до $66,2 \pm 10,4$ балла, составив прирост 11,4 балла. Таким образом, включение роботизированной локомоторной терапии в комплексную программу реабилитации сопровождалось более выраженным расширением функциональной независимости пациентов, преимущественно за счёт улучшения мобильности и способности к самостоятельному выполнению повседневных действий.

Анализ клинически значимых результатов через 3 месяца показал, что их частота была достоверно выше у пациентов, получавших роботизированную экзоскелетную терапию, по всем представленным критериям эффективности (рис.2). Способность сохранять вертикальное положение более 30 минут была достигнута у 72,5% пациентов группы экзоскелетной терапии, тогда как при стандартной реабилитации данный результат отмечался у 42,1% пациентов. Межгрупповые различия были статистически значимыми ($p=0,007$), что свидетельствует о более выраженном повышении толерантности к вертикальной нагрузке при использовании экзоскелета.

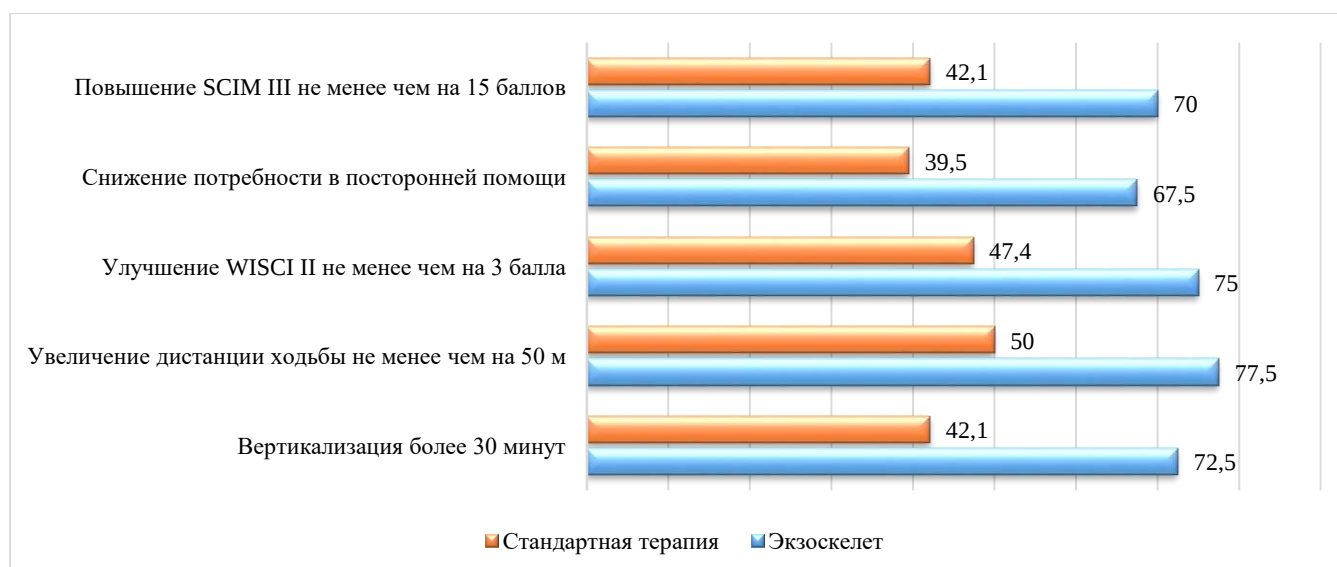


Рисунок 2. Частота клинически значимых результатов через 3 месяца при экзоскелетной и стандартной терапии, %

Примечание: WISCI II — индекс ходьбы при повреждении спинного мозга, версия II; SCIM III — шкала независимости при повреждении спинного мозга, версия III; p — уровень статистической значимости межгрупповых различий. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$. Показатели представлены в процентах от общего числа пациентов соответствующей группы: экзоскелетная терапия — $n=40$, стандартная терапия — $n=38$.

Увеличение дистанции шестиминутной ходьбы не менее чем на 50 м зарегистрировано у 77,5% пациентов группы экзоскелетной терапии и у 50,0% пациентов группы стандартного лечения ($p=0,011$). Данный результат указывает на существенное повышение общей локомоторной выносливости и способности пациентов преодолевать более значительные расстояния. Улучшение показателя WISCI II не менее чем на 3 балла наблюдалось у 75,0% пациентов, проходивших экзоскелетную терапию, по сравнению с 47,4% пациентов группы стандартной реабилитации ($p=0,012$). Полученная динамика отражает снижение зависимости от дополнительных средств опоры и посторонней помощи при ходьбе. Снижение потребности в посторонней помощи было установлено у 67,5% пациентов группы экзоскелетной терапии и у 39,5% пациентов группы стандартного лечения ($p=0,013$). Это свидетельствует о расширении самостоятельности пациентов при вертикализации, перемещениях и выполнении повседневной двигательной активности. Повышение общего балла SCIM III не менее чем на 15 баллов зарегистрировано у 70,0% пациентов группы экзоскелетной терапии, тогда как в группе стандартной реабилитации данный клинически значимый результат был достигнут у 42,1% пациентов ($p=0,013$). Следовательно, более выраженное улучшение локомоторных возможностей сопровождалось повышением общей функциональной независимости пациентов.

Раздельный анализ показал, что обе технологии улучшали способность к ходьбе и функциональную независимость, однако профиль наиболее выраженных изменений различался. Транскутанная стимуляция преимущественно влияла на неврологический резерв: двигательный и сенсорный баллы, спастичность и возможность перехода в более благоприятную категорию AIS. Экзоскелетная терапия оказывала наиболее

выраженное влияние на реализацию двигательного резерва в функциональной задаче: продолжительность вертикализации, скорость и дистанцию ходьбы, симметрию опоры и поструральную устойчивость. Общими признаками благоприятного реабилитационного потенциала являлись неполное повреждение AIS C–D, сохранная сенсорная проводимость, наличие минимальной произвольной активности нижних конечностей, способность контролировать туловище и переносить вертикальную нагрузку. Эти критерии были положены в основу отбора пациентов для комбинированного протокола.

Комбинированная программа была построена по принципу «нейромодуляционная подготовка — немедленная задачеспецифическая реализация — функциональное закрепление». Транскутанная стимуляция проводится непосредственно перед экзоскелетной тренировкой, чтобы сформированное состояние повышенной готовности спинальных сетей было использовано в период многократного выполнения шаговых циклов.

Курс комбинированной нейромодуляционно-локомоторной реабилитации включал 20 процедур и проводился поэтапно с последовательным увеличением двигательной нагрузки и активного участия пациента. На первом, адаптационно-подготовительном этапе, охватывавшем 1–5-ю процедуры, транскутанная спинальная нейростимуляция проводилась в течение 30 минут с индивидуальным подбором максимально переносимой интенсивности воздействия. После нейростимуляции выполнялась экзоскелетная тренировка продолжительностью 20–25 минут в режиме максимальной или близкой к максимальной роботизированной поддержки. Основными задачами данного этапа являлись адаптация пациента к электрической стимуляции, вертикальному положению и роботизированной ходьбе, а также оценка безопасности и переносимости комбинированной нагрузки. Переход к следующему этапу осуществлялся при стабильных показателях гемодинамики, удовлетворительной переносимости вертикализации и отсутствии повреждений кожи в местах фиксации электродов и элементов экзоскелета.

Второй этап — нейромоторная активация — включал 6–12-ю процедуры. Продолжительность транскутанной спинальной стимуляции сохранялась на уровне 30 минут, однако воздействие сочеталось с активными попытками пациента выполнять сгибание и разгибание в тазобедренных, коленных и голеностопных суставах. Экзоскелетная часть продолжалась 30–35 минут и предусматривала постепенное уменьшение уровня роботизированной поддержки, тренировку переноса массы тела, контроль положения туловища и инициирование отдельных фаз шага. Критериями перехода к этапу функциональной интеграции служили активное участие пациента в выполнении шаговых движений, улучшение контроля туловища, сохранение стабильной переносимости нагрузки и отсутствие усиления спастичности.

Третий этап — функциональная интеграция — охватывал 13–20-ю процедуры и был направлен на закрепление сформированных нейромоторных навыков и их перенос в повседневную двигательную активность. Транскутанная спинальная стимуляция проводилась в течение 30 минут с синхронизацией произвольного мышечного усилия пациента с конкретной двигательной задачей. Продолжительность роботизированной локомоторной тренировки увеличивалась до 35–45 минут. В программу включались увеличение времени непрерывной ходьбы, изменение темпа движения, остановки,

возобновление ходьбы, повороты и снижение объёма внешней поддержки. Завершение курса и переход к тренировке ходьбы с техническими средствами опоры осуществлялись при формировании устойчивого шагового паттерна, способности пациента контролировать перенос массы тела и возможности воспроизводить отдельные элементы локомоторного навыка вне роботизированной системы.

Обсуждение. Результаты двух клинических серий демонстрируют сходную общую направленность — улучшение ходьбы и функциональной независимости, — но различный профиль ведущих эффектов. Транскутанная стимуляция в большей степени улучшала двигательно-сенсорные показатели и снижала спастичность, тогда как экзоскелетная терапия обеспечивала наиболее выраженную динамику вертикализации, пространственно-временных характеристик ходьбы и постурального контроля. Нейрофизиологическое обоснование последовательной комбинации заключается в том, что транскутанная стимуляция повышает функциональную готовность сохранных спинальных сетей к ответу на нисходящие команды и сенсорный поток. Однако нейромодуляция сама по себе не формирует полноценного функционального навыка и должна сочетаться с активной задачей. Экзоскелет предоставляет стандартизированный двигательный контекст, в котором пациент многократно воспроизводит перенос массы тела и шаговый цикл.

Снижение спастичности перед роботизированной тренировкой может иметь практическое значение: уменьшается сопротивление пассивному движению, облегчается разгибание в коленном и тазобедренном суставах, снижается риск формирования патологического синергического паттерна. Одновременно повторяющаяся симметричная осевая нагрузка способствует совершенствованию равновесия и постуральной адаптации. Совпадение благоприятных предикторов в обеих сериях усиливает обоснованность отбора пациентов категорий AIS C–D. Сохранная чувствительность, минимальная произвольная мышечная активность, способность контролировать туловище и переносить вертикальную нагрузку формируют необходимый функциональный резерв как для нейромодуляции, так и для активного участия в экзоскелетной ходьбе.

Разработанный протокол принципиально отличается от механического назначения двух независимых процедур. Его ключевым элементом является временная последовательность: стимуляция непосредственно предшествует локомоторной тренировке, переходный интервал ограничен, а занятие завершается активным функциональным закреплением. Такая структура направлена на перенос кратковременного нейромодуляционного эффекта в задачеспецифическую двигательную практику. Следует подчеркнуть, что представленные данные не доказывают превосходство комбинированного лечения, поскольку отдельная группа совместного применения технологий в исходных исследованиях отсутствовала. Кроме того, выборки различались по категориям AIS и наборам конечных точек, а прямое междисциплинарное сравнение не выполнялось. Поэтому предложенный протокол следует рассматривать как клинически обоснованную модель, а не как уже доказанную схему лечения.

Выводы. Транскутанная спинальная стимуляция и роботизированная локомоторная терапия обеспечивают клинически значимое улучшение восстановления после торако-люмбальной травмы спинного мозга, но имеют различный профиль

ведущих эффектов. Транскутанная нейростимуляция преимущественно способствует восстановлению двигательной и сенсорной функции, снижению спастичности и повышению способности к ходьбе, особенно у пациентов с неполными повреждениями AIS C–D. Экзоскелетная терапия наиболее выражено повышает толерантность к вертикальной нагрузке, скорость и дистанцию ходьбы, постуральную устойчивость и функциональную мобильность. Взаимодополняемость эффектов позволила разработать последовательный 20-сеансовый протокол, включающий 30 минут транскутанной стимуляции, переходный интервал не более 10 минут, 20–45 минут роботизированной ходьбы и 10–15 минут функционального закрепления. Наиболее перспективными кандидатами для комбинированной программы являются пациенты категорий AIS C–D с сохраненной сенсорной проводимостью, минимальной активной функцией нижних конечностей, контролем туловища и переносимостью вертикализации.

Адабиётлар/Литература/References

1. Баиндурашвили А.Г., Виссарионов С.В., Белянчиков С.М. и др. Комплексное лечение пациента с осложнённой травмой грудного отдела позвоночника с использованием методики чрескожной электрической стимуляции спинного мозга: клиническое наблюдение. Гений ортопедии. 2020;26(1):79–88. DOI: 10.18019/1028-4427-2020-26-1-79-88.
2. Виссарионов С.В., Солохина И.Ю., Икоева Г.А. и др. Двигательная реабилитация пациента с последствиями позвоночно-спинномозговой травмы методом неинвазивной электростимуляции спинного мозга в сочетании с механотерапией. Хирургия позвоночника. 2016;13(1):8–12. DOI: 10.14531/ss2016.1.8-12.
3. Гвоздарева М.А., Чешева Е.В., Самохин А.Г., Кудрова Е.В., Дроздов Г.О., Шевцов В.И., Карева Н.П. Оценка эффективности и безопасности применения экзоскелета в программах реабилитации пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой. Хирургия позвоночника. 2020;17(4):68–76. DOI: 10.14531/ss2020.4.68-76.
4. Городничев Р.М., Пивоварова Е.А., Пухов А.М. и др. Чрескожная электрическая стимуляция спинного мозга: неинвазивный способ активации генераторов шагательных движений у человека. Физиология человека. 2012;38(2):46–56. DOI: 10.1134/S0362119712020065.
5. Мошонкина Т.Р., Погорельская М.А., Виноградская З.В., Лихачева П.К., Герасименко Ю.П. Чрескожная электрическая стимуляция спинного мозга в двигательной реабилитации пациентов с травмой спинного мозга. Интегративная физиология. 2020;1(4):350–364. DOI: 10.33910/2687-1270-2020-1-4-350-364.
6. Письменная Е.В., Петрушанская К.А., Шапкова Е.Ю. Критерии освоения навыков ходьбы в экзоскелете у пациентов с последствиями позвоночно-спинномозговой травмы. Российский журнал биомеханики. 2018;22(1):85–100. DOI: 10.15593/RZhBiomeh/2018.1.07.
7. Прудникова О.Г., Качесова А.А., Рябых С.О. Реабилитация пациентов в отдалённом периоде травмы спинного мозга: метаанализ литературных данных. Хирургия позвоночника. 2019;16(3):8–16. DOI: 10.14531/SS2019.3.8-16.
8. Савенкова А.А., Сарана А.М., Щербак С.Г., Герасименко Ю.П., Мошонкина Т.Р. Неинвазивная электрическая стимуляция спинного мозга в комплексной реабилитации больных со спинномозговой травмой. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2019;96(5):11–18. DOI: 10.17116/kurort20199605111.
9. Шапкова Е.Ю., Емельяников Д.В., Ларионова Ю.Е., Купреев Н.А., Григорьева Е.В. Динамика независимости и локомоторных возможностей при тренировках ходьбы

- в экзоскелете у пациентов с тяжёлой хронической позвоночно-спинномозговой травмой. Хирургия позвоночника. 2020;17(4):54–67. DOI: 10.14531/ss2020.4.54-67.
10. Louie D.R., Eng J.J., Lam T.; Spinal Cord Injury Research Evidence Research Team. Gait speed using powered robotic exoskeletons after spinal cord injury: a systematic review and correlational study. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. 2015;12:82. DOI: 10.1186/s12984-015-0074-9.
 11. Miller L.E., Zimmermann A.K., Herbert W.G. Clinical effectiveness and safety of powered exoskeleton-assisted walking in patients with spinal cord injury: systematic review with meta-analysis. Medical Devices: Evidence and Research. 2016;9:455–466. DOI: 10.2147/MDER.S103102.
 12. Shapkova E.Y., Pismennaya E.V., Emelyannikov D.V., Ivanenko Y. Exoskeleton walk training in paralyzed individuals benefits from transcutaneous lumbar cord tonic electrical stimulation. Frontiers in Neuroscience. 2020;14:416. DOI: 10.3389/fnins.2020.00416.

MEDICINEPROBLEMS.UZ-

TIBBIYOT FANLARINING DOLZARB MASALALARI

№ 6 (4)-2026

TOPICAL ISSUES OF MEDICAL SCIENCES

**TIBBIYOT FANLARINING DOLZARB
MASALALARI** elektron jurnali 02.03.2023-
yilda 132099-sonli guvohnoma bilan
davlat ro'yxatidan o'tkazilgan.

Muassis: "SCIENCEPROBLEMS TEAM"
mas'uliyati cheklangan jamiyati.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik
Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy. Elektron
manzil: scienceproblems.uz@gmail.com