

DOI: <https://doi.org/10.17816/gc623400>

# Двигательная нейрореабилитация постинсультных пациентов с использованием неинвазивного спинального нейропротеза

С.С. Ананьев<sup>1, 2\*</sup>, Т.Р. Мошонкина<sup>1</sup>, Е.Н. Жарова<sup>3</sup>, Н.Д. Шандыбина<sup>1</sup>, Е.А. Вершинина<sup>1</sup>,  
В.А. Ляховецкий<sup>1</sup>, А.А. Гришин<sup>1</sup>, Ю.П. Герасименко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт физиологии им. И.П. Павлова Российской академии наук, Санкт-Петербург, Российская Федерация;

<sup>2</sup> Ульяновский государственный университет, Ульяновск, Российская Федерация;

<sup>3</sup> Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

Нейрореабилитация постинсультных пациентов с двигательными нарушениями является актуальной и далеко не решённой проблемой восстановительной медицины. Нами предложена новая технология реабилитации постинсультных пациентов с использованием чрезкожной электрической стимуляции спинного мозга (ЧЭССМ), воздействующей на нейронные локомоторные сети поясничного утолщения спинного мозга человека [1]. Для управления стимуляционными воздействиями создано устройство «Спинальный нейропротез», позволяющее осуществлять неинвазивную фазозависимую активацию мотонейронных пулов сгибателей/разгибателей в определённую фазу шагового цикла в сочетании с активацией нейронных локомоторных сетей [2].

**Цель исследования.** Оценить эффективность использования «Спинального нейропротеза» в коррекции локомоторных функций с двигательными нарушениями после инсульта.

Исследование проводилось на базе Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. проф. А.Л. Поленова. В исследовании приняли участие 20 пациентов с выраженными двигательными нарушениями нижних конечностей в виде гемипарезов. Срок перенесённого инсульта составлял от 3 до 12 месяцев. Пациенты были разделены на 2 группы: контрольную и экспериментальную. Различие между группами заключалось в том, что контрольная группа получала фиктивную (ЧЭССМ–) стимуляцию во время сеанса двигательной реабилитации, а экспериментальная группа получала истинную (ЧЭССМ+) стимуляцию. Реабилитационный курс состоял из 15 сеансов стимуляции спинного мозга. Курс лечения включал: первичное обследование (оценка неврологического и реабилитационного статуса, исследование пространственно-временных и кинематических параметров ходьбы), проведение реабилитационных сеансов, которые состояли из ходьбы по тредбану и ровной поверхности с ЧЭССМ (+/–) и заключительное обследование пациентов (оценка неврологического и реабилитационного статуса, исследование пространственно-временных и кинематических параметров ходьбы).

Результаты исследования показали, что в начале курса расстояние, пройденное при выполнении теста 6-минутной ходьбы, у пациентов контрольной и экспериментальной групп значимо не различались. После курса пациенты экспериментальной группы проходили значительно большую дистанцию, чем пациенты основной группы. В тесте 10-метровой ходьбы у пациентов обеих групп было обнаружено увеличение скорости прохождения дистанции, но у пациентов экспериментальной группы скорость возросла больше, чем у пациентов контрольной группы. По результатам неврологических шкал в обеих группах отмечается увеличение мышечной силы, улучшение функций равновесия и увеличение функциональной независимости, но у пациентов экспериментальной группы они были выявлены в большей степени. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют, что «Спинальный нейропротез» является эффективным и безопасным средством коррекции паттерна ходьбы и восстановления локомоторной функции у пациентов после инсульта. При использовании нейропротеза в течение двух недель достигаются клинически значимые изменения. У пациентов в результате тренировок возрастает толерантность к нагрузке во время ходьбы, увеличивается скорость передвижения и происходят качественные изменения функциональной независимости.

**Ключевые слова:** моторный контроль; ходьба; нейромодуляция; нейрореабилитация; спинной мозг; чрезкожная электростимуляция.

## Как цитировать:

Ананьев С.С., Мошонкина Т.Р., Жарова Е.Н., Шандыбина Н.Д., Вершинина Е.А., Ляховецкий В.А., Гришин А.А., Герасименко Ю.П. Двигательная нейрореабилитация постинсультных пациентов с использованием неинвазивного спинального нейропротеза // Гены и клетки. 2023. Т. 18, № 4. С. 654–657. DOI: <https://doi.org/10.17816/gc623400>

Рукопись получена: 15.05.2023

Рукопись одобрена: 26.11.2023

Опубликована online: 20.01.2024

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Источник финансирования.** Фонд поддержки проектов Национальной технической инициативы, договор № 33/19гр от 21.11.2019. Государственная программа фундаментальных исследований, тема № 01132019-0006 (63.4).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Городничев Р.М., Пивоварова Е.А., Пухов А.М. Чрезкожная электрическая стимуляция спинного мозга: неинвазивный способ активации генераторов шагательных движений у человека // Физиология Человека. 2012. Т. 38, № 2. С. 46–56.
2. Moshonkina T.R., Grishin A.A., Bogacheva I.N., et al. Novel Non-invasive Strategy for Spinal Neuromodulation to Control Human Locomotion // Frontiers in Human Neuroscience. 2021. Vol. 14. P. 622533. doi: 10.3389/fnhum.2020.622533

## КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

\* С.С. Ананьев; адрес: Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 6; e-mail: sergananev13@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.17816/gc623400>

# Neurorehabilitation of post-stroke patients using a noninvasive spinal neuroprosthesis

S.S. Ananyev<sup>1,2\*</sup>, T.R. Moshonkina<sup>1</sup>, E.N. Zharova<sup>3</sup>, N.D. Shandybina<sup>1</sup>, E.A. Vershinina<sup>1</sup>, V.A. Lyakhovetsky<sup>1</sup>, A.A. Grishin<sup>1</sup>, Yu.P. Gerasimenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russian Federation;

<sup>2</sup> Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russian Federation;

<sup>3</sup> Almazov National Medical Research Center, the Ministry of Health of Russian Federation, Saint Petersburg, Russian Federation

## ABSTRACT

Neurorehabilitation of post-stroke patients with motor impairments is a significant and yet unresolved issue in restorative medicine. We propose a novel approach to rehabilitating such patients using transcutaneous electrical spinal cord stimulation (scTS), which targets the neural locomotor networks of the lumbar enlargement of the human spinal cord [1]. The Spinal Neuroprosthesis device was developed to control stimulation, providing noninvasive and phase-dependent activation of motoneuronal pools of flexors and extensors during a certain phase of the stepping cycle, combined with the activation of neuronal locomotor networks [2].

The aim of this study is to assess the efficacy of Spinal Neuroprosthesis in regulating locomotor functions among post-stroke patients with motor disorders. The study is designed to provide an objective evaluation of the medical device's effectiveness.

The study was conducted at the Russian Research Institute of Neurosurgery named after Prof. A.L. Polenov. The study enrolled 20 patients who had been experiencing severe motor disorders of the lower extremities in the form of hemiparesis. The duration of stroke among these patients ranged from 3 to 12 months. They were divided into two groups: control and experimental. The control group underwent sham (scTS-) stimulation during a motor rehabilitation session, while the experimental group received real scTS, establishing the difference between the groups. The rehabilitation program comprised 15 sessions of stimulation to the spinal cord. The treatment protocol comprised an initial evaluation of patients' neurological and rehabilitation status and an investigation of spatial-temporal and kinematic parameters of walking. Subsequently, patients participated in rehabilitation sessions, which entailed walking on the treadmill and over-ground stepping with scTS. Finally, patients underwent a follow-up examination that included a re-evaluation of their neurological and rehabilitation status, as well as an investigation of spatial-temporal and kinematic parameters of walking.

At the beginning of the program, the distance traveled by patients in the control and experimental groups during a six-minute walk test, according to the study results, did not differ significantly. However, following the treatment, patients in the experimental group demonstrated a substantially lengthier distance covered during the 6-minute test than the control group. Both groups of patients in the 10-meter walk test demonstrated an increase in distance walking speed, although the patients in the experimental group had a greater increase in speed compared to those in the control group. These improvements were more pronounced in patients from the experimental group. The results from neurological scales indicated an increase in muscular strength, improvement in balance functions, and an increase in functional independence in both groups.

The findings provide evidence that the Spinal Neuroprosthesis effectively regulates stepping movements and restores locomotor function in patients post-stroke. Clinically significant improvements are observed within two weeks of neuroprosthesis use. Additionally, training increases patients' exercise tolerance while walking, speed of movement, and functional independence.

**Keywords:** motor control; walking; neuromodulation; neurorehabilitation; spinal cord; percutaneous electrical stimulation.

## To cite this article:

Ananyev SS, Moshonkina TR, Zharova EN, Shandybina ND, Vershinina EA, Lyakhovetsky VA, Grishin AA, Gerasimenko YuP. Neurorehabilitation of post-stroke patients using a noninvasive spinal neuroprosthesis. *Genes & Cells*. 2023;18(4):654–657. DOI: <https://doi.org/10.17816/gc623400>

Received: 15.05.2023

Accepted: 26.11.2023

Published online: 20.01.2024

## ADDITIONAL INFORMATION

**Funding sources.** The study was supported by the National Technical Initiative Project Support Fund, contract No. 33/19gr of November 21, 2019, state basic research program, topic No. 01132019-0006 (63.4).

## REFERENCES

1. Gorodnichev RM, Pivovarova EA, Pukhov A, et al. Transcutaneous electrical stimulation of the spinal cord: a noninvasive tool for the activation of stepping pattern generators in humans. *Human Physiology*. 2012;38(2):46–56.
2. Moshonkina TR, Grishin AA, Bogacheva IN, et al. Novel Non-invasive Strategy for Spinal Neuromodulation to Control Human Locomotion. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2021;14:622533. doi: 10.3389/fnhum.2020.622533

## AUTHORS' CONTACT INFO

\* S.S. Ananyev; address: 6 Makarov emb., 199034 Saint Petersburg, Russian Federation; e-mail: sergananev13@gmail.com