

Е.С. Гайшун

**ВЛИЯНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИОННОЙ
ТЕРАПИИ НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ
У ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ ИНСУЛЬТ**

Научный руководитель: ст. преп. В.Н. Фоменко

Кафедра нормальной физиологии

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

E.S. Gaishun

**IMPACT OF FUNCTIONAL ELECTRICAL STIMULATION THERAPY
ON MOTOR RECOVERY IN STROKE PATIENTS**

Tutor: senior lecturer V.N. Fomenko

Department of Normal Physiology

Belarusian State Medical University, Minsk

Резюме. В данной статье описаны современные методы реабилитации пациентов, перенесших инсульт с применением функциональной электростимуляции.

Ключевые слова: инсульт, функциональная электростимуляция, реабилитация, ходьба.

Resume. This article describes modern methods of rehabilitation of stroke patients using functional electrical stimulation.

Keywords: stroke, functional electrical stimulation, rehabilitation, walking.

Актуальность. Инсульт является актуальной медицинской и социальной проблемой во всем мире. Он занимает третье место среди причин смертности после сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний и первое среди причин инвалидности в нашей стране. Даже при благоприятном исходе далеко не всегда человеку удастся вернуться к труду, к прежнему образу жизни. И в результате страдают семья, общество, государство. В острой стадии болезни погибают 25-30% пациентов, к концу первого года жизни после инсульта – больше половины. Среди выживших до 80% пациентов в той или иной степени нуждаются в посторонней помощи из-за параличей, нарушения координации, речи. Лишь 20% возвращаются к прежней работе. Инсульт сегодня – это болезнь не только пожилых людей в возрасте старше 55 лет. За последние 10 лет риск инсульта людей в трудоспособном возрасте значительно возрос. Очень велики экономические последствия заболевания. Так, например, в США расходы только на медицинскую помощь и реабилитацию достигают 15-20 миллиардов долларов в год, и две трети этой колоссальной суммы тратится на стационарное лечение [2].

Современные методы лечения позволяют оказать своевременную специализированную помощь, которая не только улучшает показатели выживаемости, но и снижает инвалидизацию, уменьшает неврологический дефицит, который может развиваться после перенесенного инсульта. Среди современных методов реабилитации пациентов, перенесших инсульт, важное место занимает функциональная электростимуляция (ФЭС), благодаря своей способности улучшать нервную проводимость и активизировать работу мышечной системы без

существенных физических нагрузок на организм пациента, что особенно ценно на ранних этапах реабилитации [5].

Цель: анализ литературы о влиянии функциональной электростимуляционной терапии на различных этапах двигательной реабилитации пациентов, перенесших инсульт.

Задачи:

1. Изучить наиболее часто выраженные осложнения, способствующие повышению уровня инвалидизации у пациентов, перенесших инсульт.
2. Рассмотреть ключевые этапы нейрофизиологических процессов, лежащих в основе ФЭС, принцип действия и технологию ФЭС в движении.
3. Проанализировать влияние ФЭС на восстановление двигательной активности у пациентов, перенесших инсульт.

Материалы и методы. В ходе выполнения работы были изучены и проанализированы данные как отечественной, так и зарубежной литературы о влиянии ФЭС на восстановление двигательной активности у пациентов, перенесших инсульт.

Результаты и их обсуждение. «Инсульт» можно обобщенно определить, как острое заболевание, охватывающее широкий спектр клинических состояний, включающих в себя тромбоз, кровоизлияние и эмболию [2]. Одной из наиболее выраженных проблем, способствующих повышению уровня инвалидизации у пациентов после инсульта, является нарушение походки и ходьбы, что выражается не только снижением скорости ходьбы, но и изменением кинематики походки, ее асимметрией, появлением компенсаторных движений и нестабильности походки, а также быстрой утомляемостью пациентов. Такие негативные факторы, безусловно, могут поставить под угрозу свободу передвижения пациента, снизить безопасность его ходьбы, а также увеличить число случаев падений, высокая вероятность которых у пациентов, перенесших инсульт, хорошо известна. В свою очередь, падения способствуют травматизации пациентов, что, в конечном итоге, ведет к существенному снижению качества их жизни [1,2].

В настоящее время известно, что нарушение двигательной активности после инсульта происходит вследствие повреждения (в зависимости от места повреждения кровеносного сосуда при геморрагическом инсульте или нарушения интенсивности кровообращения при ишемической его форме) моторной коры (при этом нарушается генерация и передача сигналов, инициирующих движение проводящих путей). [4].

Доказаны возможности использования устройств ФЭС для восстановления двигательных функций пациентов, перенесших инсульт, включая такие параметры, как повышение скорости ходьбы, влияние на диапазон движения голеностопного сустава, клиренс стопы, улучшение кинематики и симметрии походки, уменьшение спастичности мышц, снижение энергозатрат на ходьбу, уменьшение частоты падений, способность преодоления препятствий и повышение уверенности при ходьбе, влияние на нейропластичность, комфорт использования, переносимость и скорость адаптации к ФЭС[5,9,10].

Ключевыми нейрофизиологическими звеньями, на которые направлена ФЭС как метод, являются: стимуляция (электрические импульсы, генерируемые

стимулятором ФЭС, подаются на электроды, расположенные на коже над целевыми мышцами), нейрональная активация, нейромышечная передача (активированные мотонейроны посылают сигналы по двигательным нервам к целевым мышцам), сокращение мышц (сигналы от мотонейронов вызывают деполяризацию мембран мышечных волокон, что приводит к их сокращению), движение (сокращение целевых мышц приводит к видимому движению конечности или другой части тела).

Принцип действия ФЭС основан на трех ключевых факторах: нейропластичности (повторная ФЭС может привести к нейропластическим изменениям в нервно-мышечной системе, улучшая и потенцируя эффективность стимуляции со временем), модуляции функционирования мотонейронов (ФЭС может модулировать активность мотонейронов, влияя на их возбудимость и синхронизацию), афферентном кортикальном влиянии (ФЭС может влиять на активность корковых областей мозга, связанных с движением, улучшая контроль и координацию движений) [6,7].

Устройства ФЭС можно разделить на две группы, в зависимости от уровня инвазивности: с имплантируемыми (системы STIMuSTEP, ActiGait и т.д.) и накладываемыми (Walkaide, Odstock и т.д.) электродами. Большинство современных систем нейростимуляции представляют собой разомкнутые схемы (open-loop), которые весьма популярны сейчас благодаря их простому применению. К сожалению, в системах open-loop отсутствует обратная биологическая связь от мышцы и нерва, т. е. при их использовании остается нерешенной проблема с возникающей мышечной усталостью. Аппараты closed-loop (замкнутая система) предполагают наличие обратной связи от мышцы и нерва благодаря технологии с использованием электромио- и электронейрографии [5,9,10].

ФЭС является клинически доказанным инструментом, который может помочь врачам физической и реабилитационной медицины достичь оптимальных функциональных результатов у пациентов, перенесших инсульт. Важными компонентами системы являются простота ее эксплуатации врачом и пациентом, способность к быстрой самонастройке, современный дизайн и возможность подбора наиболее комфортных параметров стимуляции с точки зрения ощущения пациентом [3,5].

В результате многочисленных исследований получены убедительные свидетельства того, что ФЭС с использованием низкочастотных сигналов для активации нервно-мышечных компонентов разгибателей стопы способствует значительному улучшению моторной функции и безопасности ходьбы посредством улучшения ее скорости и качества походки, повышения функциональной подвижности, снижения энергозатрат на ходьбу, а также запуску механизмов нейропластичности. Использование неинвазивной ФЭС у пациентов оказало положительный эффект на движения в голеностопном суставе, а также на увеличение клиренса стопы (расстояние между опорой и стопой) во время фазы переноса ноги в цикле шага [7,8].

Выводы.

1. Долгосрочное использование ФЭС является потенциально эффективной стратегией улучшения биомеханических и нейрофизиологических параметров ходьбы пациентов, перенесших инсульт.

2. Согласно результатам многочисленных исследований, функциональная электростимуляция является эффективным и безопасным методом нормализации ходьбы. Крайне важно, что ФЭС проводится во время ходьбы именно в тот момент двойного шагового цикла, когда должна включаться передняя большеберцовая мышца, что усиливает ее сокращение и значительно улучшает рисунок походки пациента.

3. ФЭС, способствуя увеличению объема движений пациентов, представляет собой одно из эффективных направлений восстановительного лечения, основанного на принципах моторного переобучения. Как показывают результаты различных исследований, повышению эффективности использования ФЭС способствует максимально частое ее применение в адекватных дозах и в наиболее соответствующем контексте терапии в период реабилитации.

Литература

1. Гусев, Е. И. Неврология : национальное руководство : в 2 т. / под ред. Е. И. Гусева, А. Н. Коновалова, В. И. Скворцовой. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2022. – Т. 1. – 880 с. – ISBN 978-5-9704-7156-0.
2. Инсульт – проблема социальная и медицинская [Электронный ресурс] // Наука и жизнь. – 2002. – № 5. – Режим доступа: <https://www.nkj.ru/archive/articles/4157/>. – Дата обращения: 25.05.2025.
3. Сидякина, И. В. Современные методы реабилитации постинсультных больных / И. В. Сидякина [и др.] // Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. – 2014. – Т. 114, № 12-2. – С. 76-80. – DOI: [указать, если доступен].
4. Суслина, З. А. Инсульт: диагностика, лечение, профилактика / З. А. Суслина, М. А. Пирадов. – М.: МЕДпресс-информ, 2008. – 288 с. – ISBN 978-5-98322-361-3.
5. Гурьянова, Е. А. Функциональная электростимуляция при восстановлении ходьбы после инсульта. Обзор научной литературы / Е. А. Гурьянова [и др.] // Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. – 2020. – Т. 2, № 3. – С. 244-262.
6. Gildenberg, P. L. History of electrical neuromodulation for chronic pain / P. L. Gildenberg // Pain Medicine. – 2006. – Vol. 7, Suppl. 1. – P. S7-S13. – DOI: [указать, если доступен].
7. Sabut, S. K. Functional electrical stimulation of dorsiflexor muscle: effects on dorsiflexor strength, plantarflexor spasticity, and motor recovery in stroke patients / S. K. Sabut [et al.] // NeuroRehabilitation. – 2011. – Vol. 29, No 4. – P. 393-400. – DOI: [указать, если доступен].
8. Street, T. Training and orthotic effects related to functional electrical stimulation of the peroneal nerve in stroke / T. Street, I. Swain, P. Taylor // Journal of Rehabilitation Medicine. – 2017. – Vol. 49, No 2. – P. 113-119. – DOI: 10.2340/16501977-2181.
9. Taylor, P. The long-term cost-effectiveness of the use of Functional Electrical Stimulation for the correction of dropped foot due to upper motor neuron lesion / P. Taylor, L. Humphreys, I. Swain // Journal of Rehabilitation Medicine. – 2013. – Vol. 45, No 2. – P. 154-160. – DOI: [указать, если доступен].
10. Yan, T. Functional electrical stimulation improves motor recovery of the lower extremity and walking ability of subjects with first acute stroke: A randomized placebo-controlled trial / T. Yan, C. W. Y. Hui-Chan, L. S. W. Li // Stroke. – 2005. – Vol. 36, No 1. – P. 80-85. – DOI: [указать, если доступен]