

Вопросы курортологии, физиотерапии
и лечебной физической культуры
2021, Т. 98, №6, выпуск 2, с. 38–45
<https://doi.org/10.17116/kurort20219806238>

Problems of balneology, physiotherapy, and exercise therapy=
Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoi fizicheskoi kultury
2021, Vol. 98, no. 6, issue 2, pp. 38–45
<https://doi.org/10.17116/kurort20219806238>

Применение трансдермальной электронейростимуляции при реабилитации пациентов после хирургической декомпрессии карпального канала

© М.Х. АЛЬ-ЗАМИЛЬ, Е.С. ВАСИЛЬЕВА, А.А. МИХАЙЛОВА, В.А. ЕПИФАНОВ, В.Е. ИЛЛАРИОНОВ, И.И. ИВАНОВА, Н.Б. КОРЧАЖКИНА

ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского» Минобрнауки России, Москва, Россия

Резюме

Большинство клинических и нейрофизиологических нарушений со стороны срединного нерва, сохранившихся у пациентов после хирургической декомпрессии карпального канала (ДКК), связаны не с острой компрессией нерва, а с миелино-аксонопатическими нарушениями в структуре нерва, развившимися в результате длительной компрессии.

Цель исследования. Изучить эффективность трансдермальной электронейростимуляции (ТЭНС) при реабилитации пациентов с остаточным неврологическим дефицитом после хирургической ДКК.

Материал и методы. Под нашим наблюдением находились 45 пациентов после ДКК (6—12 мес) в возрасте от 30 до 50 лет (средний возраст 42 ± 3 года). У всех пациентов выявлен первичный карпальный туннельный синдром с поражением доминантной руки, из них 15 пациентов получили фармакотерапию; 15 пациентов дополнительно к фармакотерапии получили курс низкочастотной высокоамплитудной ТЭНС (НТЭНС) и 15 пациентов — курс высокочастотной низкоамплитудной ТЭНС (ВТЭНС).

Результаты. Регрессия позитивных сенсорных симптомов имела более выраженный характер на фоне ВТЭНС и НТЭНС, чем после применения фармакотерапии в среднем в 6,6 раза ($p < 0,01$). При этом ВТЭНС оказалась эффективнее, чем НТЭНС, на 28,5% ($p < 0,05$). В отдаленном периоде наблюдения (2 месяца) выраженность позитивных сенсорных симптомов уменьшилась у пациентов, получивших ВТЭНС и НТЭНС, в среднем на 58,1% по сравнению с исходными показателями до лечения ($p < 0,05$). Выраженность симптома Тинеля у пациентов, получивших курс ВТЭНС, снизилась на 44%, после курса НТЭНС на 67% и после фармакотерапии на 14%. При этом установлено, что НТЭНС по сравнению с ВТЭНС на 51% эффективнее снижает симптом Тинеля ($p < 0,05$) и на 64% симптом Фалена ($p < 0,05$). Сокращение времени выполнения теста Джебсена—Тейлора (JTT) после применения фармакотерапии составило в среднем 9% ($p > 1,00$), а после ТЭНС 23% ($p < 0,05$). При сравнении ВТЭНС и НТЭНС между собой эффективнее оказалась НТЭНС в среднем на 68% ($p < 0,05$). Улучшение электрокимографических показателей выявлено исключительно после применения ВТЭНС. При этом уменьшение резидуальной латентности составило 21,3% и увеличение амплитуды М-ответа 14,3%.

Заключение. Трансдермальная электронейростимуляция — высокоэффективный метод, применяемый в комплексном лечении пациентов с остаточными неврологическими нарушениями после перенесенной хирургической декомпрессии карпального канала. Максимальный регресс позитивных сенсорных симптомов развивается на фоне высокочастотной низкоамплитудной трансдермальной электронейростимуляции, а максимальный противовоспалительный эффект, наибольшее улучшение функции мелких мышц кисти и статистически значимое нейрофизиологическое восстановление функции срединного нерва выявляются после применения курса низкочастотной высокоамплитудной трансдермальной электронейростимуляции. При этом положительная динамика после низкочастотной высокоамплитудной трансдермальной электронейростимуляции и высокочастотной низкоамплитудной трансдермальной электронейростимуляции сохраняется в отдаленном периоде.

Ключевые слова: карпальный синдром, декомпрессия карпального канала, симптом Тинеля, симптом Фалена, ТЭНС, ЭМГ, тест Джебсена—Тейлора.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Аль-Замиль М.Х. — <https://orcid.org/0000-0002-3643-982X>; eLibrary SPIN: 3434-9150; Author ID: 961632

Васильева Е.С. — <https://orcid.org/0000-0003-3087-3067>; eLibrary SPIN: 54238408; Author ID: 285911

Михайлова А.А. — <https://orcid.org/0000-0002-4260-1619>; Author ID 742373; eLibrary SPIN: 7673-3241; Scopus Author ID 56002191900

Епифанов В.А. — <https://orcid.org/0000-0070-0436-7547>; Scopus Author ID 7004367547; eLibrary SPIN: 3475-7178; Author ID: 1122576

Илларионов В.Е. — Scopus authorID 7004003488; eLibrary SPIN: 9712-3466, Author ID: 331163

Иванова И.И. — <https://orcid.org/0000-0002-8943-9321>; eLibrary SPIN: 6308-1355; Author ID: 835085

Корчажкина Н.Б. — <https://orcid.org/0000-0002-9804-7725>; eLibrary SPIN: 9733-7646

Автор, ответственный за переписку: Васильева Е.С. — e-mail: e_vasilieva@inbox.ru

КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Аль-Замиль М.Х., Васильева Е.С., Михайлова А.А., Епифанов В.А., Илларионов В.Е., Иванова И.И., Корчажкина Н.Б. Применение трансдермальной электронейростимуляции при реабилитации пациентов после хирургической декомпрессии карпального канала. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2021;98(6-2):38–45. <https://doi.org/10.17116/kurort20219806238>

The use of transdermal electroneurostimulation in the rehabilitation of patients after surgical decompression of the carpal tunnel

© M.KH. AL-ZAMIL, E.S. VASILIEVA, A.A. MIKHAILOVA, V.A. EPIFANOV, V.E. ILLARIONOV, I.I. IVANOVA, N.B. KORCHAZHKINA

Petrovsky Russian Scientific Center for Surgery of Ministry of Education and Science of Russia, Moscow, Russia

Abstract

Most of the clinical and neurophysiological disorders of the median nerve that persisted in patients after surgical decompression of the carpal tunnel (DCT) are associated not with acute compression of the nerve, but with myelinoaxonopathic disorders in the structure of the nerve that developed as a result of prolonged compression.

Objective. To study the effectiveness of transdermal electroneurostimulation (TENS) in the rehabilitation of patients with residual neurological deficit after surgical DCT.

Material and methods. We observed 45 patients after DCT (6–12 months), aged 30 to 50 years (mean age 42 ± 3 years). All patients were diagnosed with primary carpal tunnel syndrome with a lesion of the dominant hand, of which 15 patients received pharmacotherapy; 15 patients — in addition to pharmacotherapy, received a course of low-frequency high-amplitude TENS (NTENS) and 15 patients — a course of high-frequency low-amplitude TENS (VTENS).

Results. The regression of positive sensory symptoms was more pronounced against the background of VTENS and NTENS than after the use of pharmacotherapy, on average 6.6 times ($p < 0.01$). At the same time, VTENS turned out to be more effective than NTENS by 28.5% ($p < 0.05$). In the long-term follow-up period (2 months), the severity of positive sensory symptoms decreased in patients who received VTENS and NTENS, by an average of 58.1% compared with the baseline values before treatment ($p < 0.05$). The severity of Tinel's symptom in patients who received a course of VTENS decreased by 44%, after a course of NTENS — by 67%, and after pharmacotherapy — by 14%. It was found that NTENS compared with VTENS was 51% more effective in reducing Tinel's symptom ($p < 0.05$) and by 64% — Falen's symptom ($p < 0.05$). The decrease in the time to perform the Jebsen—Taylor test (JTT) after the use of pharmacotherapy was on average 9% ($p > 1.00$), and after TENS — 23% ($p < 0.05$). When comparing VTENS and NTENS among themselves, NTENS turned out to be more effective on average by 68% ($p < 0.05$). An improvement in electro-ky-mographic parameters was revealed only after the use of VTENS. At the same time, the decrease in the residual latency was 21.3% and the increase in the amplitude of the M-response was 14.3%.

Conclusion. Transdermal electroneurostimulation is a highly effective method used in the complex treatment of patients with residual neurological disorders after undergoing surgical decompression of the carpal tunnel. The maximum regression of positive sensory symptoms develops against the background of high-frequency low-amplitude transcutaneous electroneurostimulation, and the maximum anti-inflammatory effect, the greatest improvement in the function of small hand muscles and statistically significant neurophysiological restoration of the function of the median nerve are revealed after the application of a course of low-frequency high-amplitude transcutaneous electroneurostimulation. At the same time, positive dynamics after low-frequency high-amplitude transcutaneous electroneurostimulation and high-frequency low-amplitude transcutaneous electroneurostimulation persists in the long-term period.

Keywords: carpal syndrome, decompression of the carpal tunnel, Tinel's symptom, Phalen's symptom, TENS, EMG, Jebsen-Taylor test.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Al-Zamil M.Kh. — <https://orcid.org/0000-0002-3643-982X>; eLibrary SPIN: 3434-9150, Author ID: 961632

Vasilieva E.S. — <https://orcid.org/0000-0003-3087-3067>; eLibrary SPIN: 54238408; Author ID: 285911

Mikhailova A.A. — <https://orcid.org/0000-0002-4260-1619>; Author ID 742373; eLibrary SPIN: 7673-3241; Scopus Author ID 56002191900

Epifanov V.A. — <https://orcid.org/0000-0070-0436-7547>; Scopus Author ID 7004367547; eLibrary SPIN: 3475-7178, Author ID: 1122576

Illarionov V.E. — Author ID 331163; Scopus author ID 7004003488; eLibrary SPIN: 9712-3466, Author ID: 331163

Ivanova I.I. — <https://orcid.org/0000-0002-8943-9321>; eLibrary SPIN: 6308-1355; Author ID: 835085

Korchazhkina N.B. — <https://orcid.org/0000-0002-9804-7725>; eLibrary SPIN: 9733-7646

Corresponding author: Vasilieva E.S. — e-mail: e_vasilieva@inbox.ru

TO CITE THIS ARTICLE:

Al-Zamil MKh, Vasilieva ES, Mikhailova AA, Epifanov VA, Illarionov VE, Ivanova II, Korchazhkina NB. The use of transdermal electroneurostimulation in the rehabilitation of patients after surgical decompression of the carpal tunnel. *Problems of balneology, physiotherapy and exercise therapy*. 2021;98(6-2):38–45. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/kurort20219806238>

Введение

Карпальный туннельный синдром (КТС) — это компрессионная невропатия срединного нерва в результате его сдавливания под поперечной связкой запястья (*ligamentum carpi transversum*). КТС впервые описал Джеймс Пэджет (James Paget) в 1854 г. [1]. Это заболевание встречается у 0,125–5% общей популяции [2, 3].

Женщины болеют КТС в 3 раза чаще мужчин, преимущественно в возрасте от 40 до 60 лет. Часто, в 56% случаев, заболевание протекает билатерально с преимущественным поражением доминантной руки [1, 3–5].

Анатомически срединный нерв проходит вместе с сухожилиями сгибателей пальцев кисти через карпальный канал. При отеке нерва, увеличении диаметров сухожилий и в некоторых случаях при разви-

тии остеоартроза костей, формирующих карпальный канал, нарушается нормальное соотношение между диаметром нерва и диаметром свободного пространства вокруг него. В результате развивается невро-канальный конфликт [1], который влечет за собой повышение внутрикарпального давления в 5 раз в покое и в 10 раз при сгибании запястья. Внутрикарпальная гипертензия влечет за собой повышение внутринервного давления и тем самым приводит к тяжелым функциональным нарушениям со стороны периферического нерва. В результате отека нерва развивается синдром двойного сдавливания, ускоряющий дегенеративные изменения в нерве. У большинства пациентов с КТС болевой синдром относительно гипестезии менее выражен, локализуется в основном в области карпального канала и может отдавать в ладонь и в сторону предплечья. Многие пациенты обращаются за медицинской помощью при изменении формы кисти из-за развития гипотрофии мышц тенара, иннервируемых срединным нервом: это короткая мышца, отводящая большой палец кисти (*m. abductor pollicis brevis*), мышца, противопоставляющая большой палец кисти (*m. opponens pollicis*), и короткий сгибатель большого пальца кисти (*m. flexor pollicis brevis*). При этом моторный дефицит пораженной кисти может еще не наблюдаться [6, 7].

В рекомендациях Американской академии неврологии предложено применение консервативного лечения с ограничением физической активности в пораженной кисти. В отсутствие эффекта рекомендовано применение внутрикарпального введения кортикостероидов. В последнюю очередь остается хирургический метод лечения [8].

Декомпрессию карпального канала (ДКК) обычно выполняют в дневном стационаре под местной анестезией. Исследователи отметили, что в большинстве случаев хирургическое лечение не привело к полной регрессии симптомов, кроме того, в 25% случаев операция оказалась недостаточно эффективной, а в 8% отмечено ухудшение состояния после хирургического вмешательства [2].

Важно, что у большинства пациентов после хирургической ДКК сохраняются клинические и нейрофизиологические нарушения со стороны срединного нерва, связанные не с острой компрессией нерва, а с миелоаксонопатическими нарушениями в структуре нерва, которые развились в результате длительной его компрессии до ДКК [2]. Несмотря на применение различных физических факторов [9–17], до настоящего времени не удается снизить частоту развития данной патологии. Одним из перспективных немедикаментозных методов является транскожная электронейростимуляция (ТЭНС), вызывающая анальгетический, противовоспалительный и вазокорригирующий эффект [18–20], что послужило основанием для применения данного метода в реабилитации пациентов после хирургической ДКК.

Цель исследования — изучить эффективность ТЭНС при реабилитации пациентов с остаточным неврологическим дефицитом после хирургической ДКК.

Материал и методы

Под наблюдением в ООО «Клиника мозга и позвоночника» с 2018 по 2021 г. находились 45 пациентов после хирургической ДКК. Возраст пациентов — от 30 до 50 лет (средний возраст 42 ± 3 года). У всех пациентов выявлен первичный КТС с поражением доминантной руки. Диагноз подтвержден с помощью электронейромиографического исследования. Длительность болезни до хирургического вмешательства составляла в среднем $8 \pm 0,5$ года, после хирургического вмешательства — от 6 мес до 1 года (в среднем $7 \pm 0,7$ мес).

Методы лечения

Все больные разделены на три группы: контрольную группу — 15 пациентов, которые получили курс фармакотерапии в течение месяца (Тиоктацид 600 мг в день, Трентал 100 мг 3 раза в день, Нейромидин 15 мг подкожно 10 дней, далее по 20 мг внутрь, Мильгамма 2,0 внутримышечно, курс 5 дней), группу НТЭНС — 15 пациентов, которые дополнительно к фармакотерапии получили курс электростимуляции с применением низкочастотной высокоамплитудной ТЭНС (НТЭНС), и группу ВТЭНС — 15 пациентов, получивших курс высокочастотной низкоамплитудной ТЭНС (ВТЭНС). Электростимуляцию проводили с помощью аппарата BTL-4000 («BTL Industries Limited», Великобритания) с регистрационным удостоверением №ФСЗ 2010/06686 от 29.04.2010.

Техника проведения НТЭНС. Стимуляцию пораженного срединного нерва проводили с применением лабильного метода. Катод фиксировали над срединным нервом выше карпального канала. Анод был нефиксированным, его перемещали от I до IV пальца. Стимуляция каждого пальца продолжалась 20 с. Пауза между стимуляцией одного пальца и следующего составляла 5 с. Стимуляцию пальцев повторяли 15 раз.

Характеристика тока: частота 1 Гц, длительность импульса 200 мкс. Амплитуду тока определяли индивидуально. Силу тока увеличивали от нуля до достижения безболезненного мышечного сокращения.

Техника проведения ВТЭНС. Стимуляцию пораженного срединного нерва проводили с применением лабильного метода. Анод фиксировали над срединным нервом выше карпального канала. Катод был нефиксированным, его перемещали от I до IV пальца. Стимуляция каждого пальца продолжалась 20 с. Пауза между стимуляцией одного пальца и следующего составляла 5 с. Стимуляцию пальцев повторяли 15 раз. Характеристика тока: частота 100 Гц, длительность импульса 100 мкс. Амплитуду тока определяли индивидуально. Силу тока увеличивали от нуля до достижения сенсорного ответа.

Методы исследования

Пациенты обследованы до лечения, после лечения, через 2 месяца после окончания курса лечения.

Для оценки неврологического статуса в динамике применяли 10-балльные шкалы выраженности позитивных сенсорных симптомов и симптомов Тинеля и Фалена; тест Джебсена—Тейлора (Jebsen Taylor test (JTT) и электромиографию срединных нервов [5].

Статистический анализ проведен с использованием SPSS for Windows, версия 20 («SPSS Inc.», США). Описательная статистика использована для значений и стандартного отклонения характеристик участников. Перед анализом данных для проверки нормальности данных использовали критерий Шапиро—Уилка, а для проверки равенства дисперсий — критерий Левена. Результаты исследований представлены в виде $M \pm SD$, где M — среднее значение изучаемого параметра, SD — среднее квадратическое отклонение. Статистическую значимость различий показателей между группами определяли с использованием t -критерия Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Динамика позитивных сенсорных симптомов

При исследовании позитивных сенсорных симптомов у пациентов всех исследуемых групп (табл. 1) выра-

женность онемения составила в среднем $6,7 \pm 1,16$ балла, покалывания — $6,5 \pm 1,14$ балла, жжения — $6,9 \pm 0,17$ балла и чувства электроразряда $5,4 \pm 1,15$ балла. Различия между группами статистически незначимы ($p > 0,10$).

После лечения (см. табл. 1, рис. 1) можно отметить статистически значимую более выраженную регрессию позитивных сенсорных симптомов на фоне ВТЭНС и НТЭНС по сравнению с результатом применения фармакотерапии. Так, регрессия чувства онемения на фоне ВТЭНС составила 63,6%, на фоне НТЭНС — 43,3%, ($p < 0,05$); чувства покалывания на фоне ВТЭНС — 67,7% ($p < 0,05$), на фоне НТЭНС — 46,2%, ($p < 0,05$); жжения на фоне ВТЭНС — 62% ($p < 0,05$), на фоне НТЭНС — 44,3%, ($p < 0,05$); чувства электроразряда — 66,7 и 52,7% соответственно, ($p < 0,05$). При этом снижение этих показателей в процессе фармакотерапии имело незначительный характер: регрессия чувства онемения — на 6%, чувства покалывания — на 6,2%, жжения — на 8,7%, чувства электроразряда — на 9,6%.

При сравнении результатов лечения с применением ВТЭНС и НТЭНС выявлено, что эффективность ВТЭНС более выражена, чем НТЭНС, в уменьшении чувства онемения на 32% ($p < 0,05$), покалывания — на 32% ($p < 0,05$), жжения — на 29% ($p < 0,05$), чувства электроразряда — на 21% ($p < 0,05$).

В отдаленном периоде, спустя 2 мес после окончания курса лечения, отмечена статистически значимая положительная динамика у пациентов, прошед-

Таблица 1. Динамика позитивных сенсорных симптомов у пациентов после хирургической декомпрессии карпального канала в различные периоды наблюдения

Table 1. Dynamics of positive sensory symptoms in patients after surgical decompression of the carpal tunnel in different periods of observation

Группы Groups	Периоды наблюдения/Observation periods		
	До лечения Before treatment	После лечения After treatment	Отдаленный период (2 мес) Long-term period (2 months)
Сенсорные симптомы, баллы/Sensory symptoms, points			
Контрольная группа/Control group ($n=15$)	$6,7 \pm 1,18$	$6,3 \pm 1,17^*$	$6,3 \pm 1,17^*$
Группа ВТЭНС/VTENS group ($n=15$)	$6,6 \pm 1,13$	$2,4 \pm 1,18^{**}$	$2,8 \pm 1,16^{**}$
Группа НТЭНС/NTENS group ($n=15$)	$6,7 \pm 1,16$	$3,8 \pm 1,16^{**}$	$2,8 \pm 1,12^{**}$
Покалывание, баллы/Tingling, points			
Контрольная группа/Control group ($n=15$)	$6,5 \pm 1,12$	$6,1 \pm 1,16^*$	$2,1 \pm 1,16^*$
Группа ВТЭНС/VTENS group ($n=15$)	$6,5 \pm 1,15$	$2,1 \pm 1,1^{**}$	$2,5 \pm 1,1^{**}$
Группа НТЭНС/NTENS group ($n=15$)	$6,5 \pm 1,14$	$3,5 \pm 1,12^{**}$	$2,4 \pm 1,12^{**}$
Жжение, баллы/Burning, points			
Контрольная группа/Control group ($n=15$)	$6,9 \pm 0,17$	$6,3 \pm 1,16^*$	$6,7 \pm 1,16^*$
Группа ВТЭНС/VTENS group ($n=15$)	$6,8 \pm 0,18$	$2,6 \pm 1,08^{**}$	$3,4 \pm 1,18^{**}$
Группа НТЭНС/NTENS group ($n=15$)	$7,0 \pm 1,19$	$3,9 \pm 1,1^{**}$	$3,2 \pm 1,16^{**}$
Чувство электроразряда, баллы/Feeling charged, points			
Контрольная группа/Control group ($n=15$)	$5,2 \pm 1,17$	$4,7 \pm 1,16^*$	$4,7 \pm 1,16^*$
Группа ВТЭНС/VTENS group ($n=15$)	$5,4 \pm 1,16$	$1,8 \pm 1,28^{**}$	$2,4 \pm 1,16^{**}$
Группа НТЭНС/NTENS group ($n=15$)	$5,5 \pm 1,15$	$2,6 \pm 1,13^{**}$	$2,2 \pm 1,1^{**}$

Примечание. * — $p < 0,05$ — статистическая значимость различий по сравнению с исходными показателями до лечения; ** — $p < 0,05$ — статистическая значимость различий по сравнению с аналогичными показателями в контрольной группе; НТЭНС — низкочастотная высокоамплитудная трансдермальная электронейростимуляция; ВТЭНС — высокочастотная низкоамплитудная трансдермальная электронейростимуляция.

Note. * — $p < 0,05$ — statistical significance of differences in comparison with the baseline values before treatment; ** — $p < 0,05$ — statistical significance of differences in comparison with similar indicators in the control group; NTENS — low-frequency high-amplitude transcutaneous electroneurostimulation; VTENS — high-frequency low-amplitude transcutaneous electroneurostimulation.

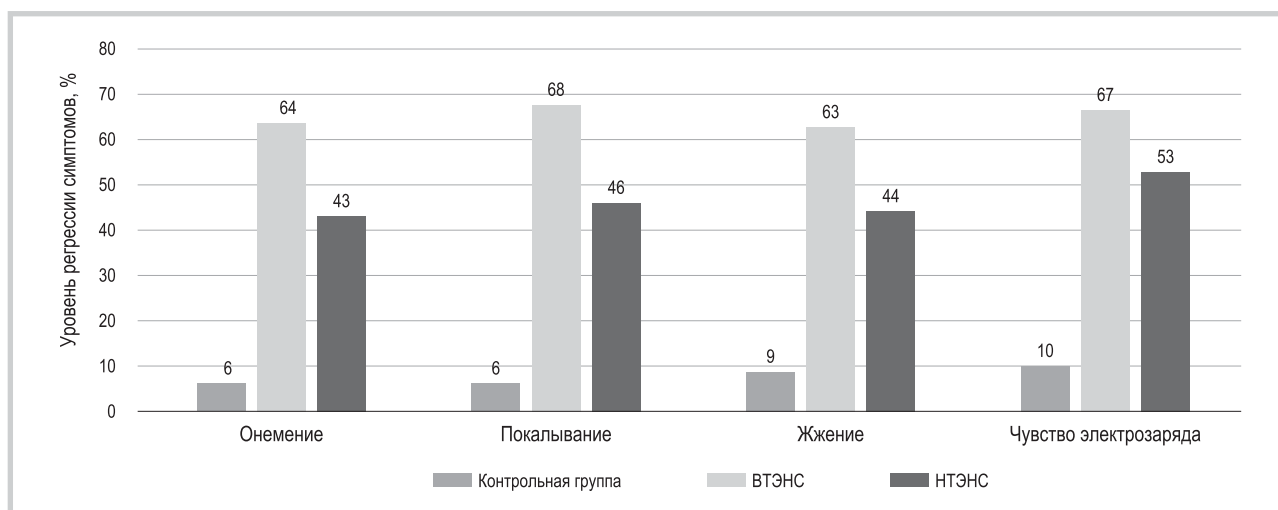


Рис. 1. Динамика регрессии позитивных сенсорных симптомов после курса лечения по сравнению с показателями до лечения.

Fig. 1. Dynamics of regression of positive sensory symptoms after the course of treatment in comparison with the indicators before treatment.

ших курсы ВТЭНС и НТЭНС: выраженность позитивных сенсорных симптомов оказалась в среднем на 56,2% снижена на фоне ВТЭНС и на 58,5% на фоне НТЭНС по сравнению с исходными показателями до лечения ($p<0,05$), в отсутствие отрицательной динамики. В отдаленном периоде наблюдений признаки статистически значимых различий между группами ВТЭНС и НТЭНС отсутствуют.

Динамика симптомов Тинеля и Фалена

Выраженность симптомов Тинеля и Фалена у пациентов исследованных групп составляла в среднем $4,4\pm 1,21$ и $4,3\pm 1,32$ балла соответственно с отсутствием статистически значимых различий между группами (табл. 2).

Выраженность у пациентов симптома Тинеля после курса ВТЭНС снизилась на 44%, после курса НТЭНС — на 67%, после фармакотерапии — на 14%.

Выраженность симптома Фалена снизилась на 35% после курса ВТЭНС, на 57% после курса НТЭНС и на 9% после фармакотерапии.

Из сказанного следует, что эффективность НТЭНС и ВТЭНС превышает результативность фармакотерапии в регрессии выраженности симптомов Тинеля на 297% ($p<0,05$) и Фалена на 395% ($p<0,05$). При этом НТЭНС по сравнению с ВТЭНС на 51% более эффективно снижает выраженность симптома Тинеля ($p<0,05$) и на 64% — симптома Фалена ($p<0,05$).

Динамика теста Джебсена—Тейлора (ЖТТ)

Время выполнения субтестов удлинено у всех обследованных пациентов (табл. 3). Признаков статистически значимых различий между группами не было. На фоне проводимого лечения отмечено сокращение времени выполнения субтестов после фармакотерапии в среднем на 9% ($p>1,00$) и после ТЭНС на 23% ($p<0,05$). На основании данных, приведенных в табл. 3, можно отметить, что ТЭНС на фоне медикаментозного лечения эффективнее изолированной фармакотерапии в восстановлении тонкой моторики на 163% ($p<0,05$). При сравнении ВТЭНС и НТЭНС между собой эффективнее оказалась НТЭНС в среднем на 68% ($p<0,05$).

Таблица 2. Динамика симптомов Тинеля и Фалена у пациентов после хирургической декомпрессии карпального канала

Table 2. Dynamics of Tinel's and Falen's symptoms in patients after surgical decompression of the carpal tunnel

Группа Group	Симптом Тинеля, баллы Tinel's symptom, points		Симптом Фалена, баллы Falen's symptom, points	
	До лечения Before treatment	После лечения After treatment	До лечения Before treatment	После лечения After treatment
Контрольная группа/Control group ($n=15$)	$4,3\pm 1,3$	$3,7\pm 1,2^*$	$4,3\pm 1,4$	$3,9\pm 1,3^*$
Группа ВТЭНС/VTENS group ($n=15$)	$4,3\pm 1,2$	$2,4\pm 1,3^{**}$	$4,3\pm 1,3$	$2,8\pm 1,3^{**}$
Группа НТЭНС/NTENS group ($n=15$)	$4,5\pm 1,1$	$1,5\pm 1,2^{**}$	$4,2\pm 1,2$	$1,8\pm 1,1^{**}$

Примечание. * — $p<0,05$ — статистическая значимость различий по сравнению с исходными показателями до лечения; ** — $p<0,05$ — статистическая значимость по сравнению с аналогичными показателями в контрольной группе; НТЭНС — низкочастотная высокоамплитудная трансдермальная электро-нейростимуляция; ВТЭНС — высокочастотная низкоамплитудная трансдермальная электронейростимуляция.

Note. * — $p<0,05$ — statistical significance of differences in comparison with the baseline values before treatment; ** — $p<0,05$ — statistical significance of differences in comparison with similar indicators in the control group; NTENS — low-frequency high-amplitude transcutaneous electroneurostimulation; VTENS — high-frequency low-amplitude transcutaneous electroneurostimulation.

Таблица 4. Динамика электронейромиографических нарушений со стороны срединного нерва у пациентов после хирургической декомпрессии карпального канала

Table 4. Dynamics of electroneuromyographic disorders from the median nerve in patients after surgical decompression of the carpal tunnel

Группы Groups	Амплитуда М-ответа, мВ Amplitude of the M-response, mV		Резидуальная латентность, мс Residual latency, ms	
	До лечения Before treatment	После лечения/ After treatment	До лечения Before treatment	После лечения After treatment
Контрольная группа (n=15)/Control group (n=15)	3,5±1,2	3,5±1,2	4,6±1,28	4,5±1,28
ВТЭНС (n=15)/VTENS (n=15)	3,5±1,18	3,5±1,23	4,6±1,25	4,7±1,25
НТЭНС (n=15)/NTENS (n=15)	3,5±1,16	4±1,18*#	4,7±1,26	3,7±1,26*#

Примечание. * — $p < 0,05$ — статистическая значимость различий по сравнению с исходными показателями до лечения; # — $p < 0,05$ — статистическая значимость различий по сравнению с аналогичными показателями в контрольной группе; НТЭНС — низкочастотная высокоамплитудная трансдермальная электронейростимуляция; ВТЭНС — высокочастотная низкоамплитудная трансдермальная электронейростимуляция.

Note. * — $p < 0,05$ — statistical significance of differences in comparison with the baseline values before treatment; # — $p < 0,05$ — statistical significance of differences in comparison with similar indicators in the control group; NTENS — low-frequency high-amplitude transcutaneous electroneurostimulation; VTENS — high-frequency low-amplitude transcutaneous electroneurostimulation.

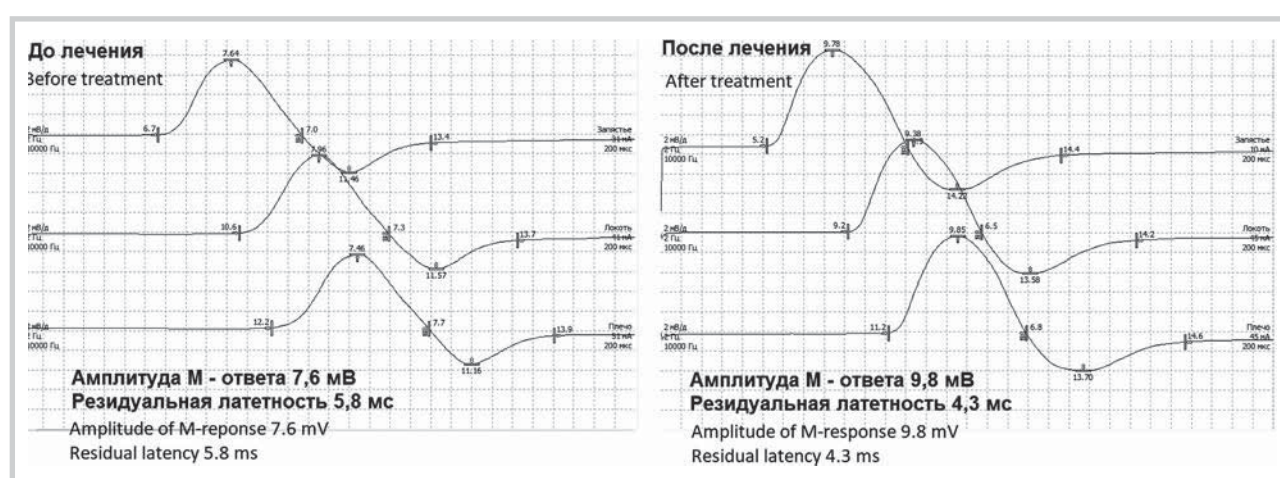


Рис. 2. Улучшение показателей функции срединного нерва у пациента после хирургической декомпрессии карпального канала и курса низкочастотной высокоамплитудной транскожной электронейростимуляции с увеличением амплитуды М-ответа и уменьшением резидуальной латентности.

Fig. 2. Improvement of the parameters of the median nerve function in a patient after surgical decompression of the carpal canal and a course of low-frequency high-amplitude transcutaneous electroneurostimulation with an increase in the amplitude of the M-response and a decrease in residual latency.

нальным транспортом по волокнам нерва, что усиливает накопление фактора роста в дистальных отделах и в очагах воспаления. Однако существуют и другие механизмы, связанные с возбуждением эргорецепторов акупунктурных точек Да-лин РС.7 и Нэй-гуань РС.6 в зоне стимуляции нерва [9], которые являются высокоэффективными акупунктурными точками при лечении пациентов с КТС (рис. 3). Эти механизмы необходимо исследовать в дальнейшем.

Заключение

Трансдермальная электронейростимуляция — высокоэффективный метод при комплексном лечении пациентов с остаточными неврологическими нарушениями после перенесенной хирургической декомпрессии карпального канала. Максимальный регресс позитивных сенсорных симптомов развивается на фоне высокочастотной низкоамплитудной трансдермальной

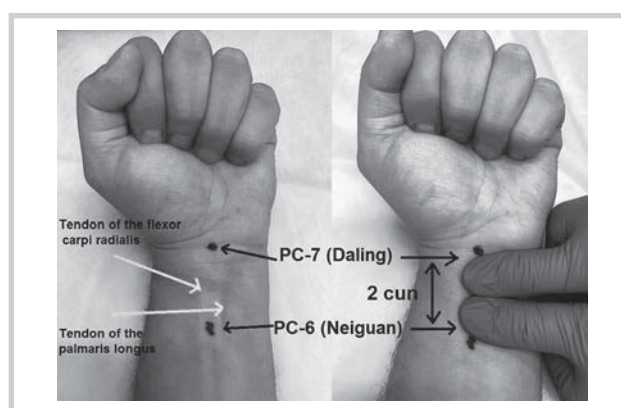


Рис. 3. Акупунктурные точки Да-лин и Нэй-гуань (меридиан перикарда), воздействие на которые характеризуется высокой эффективностью при лечении пациентов с карпальным синдромом (собственная иллюстрация).

Fig. 3. Acupuncture points Da-ling and Nei-guan (pericardial meridian), the impact on which is characterized by high efficiency in the treatment of patients with carpal syndrome (own illustration).

ной электростимуляции, а максимальный противовоспалительный эффект, наибольшее улучшение функции мелких мышц кисти и нейрофизиологическое восстановление функции срединного нерва выявляются после применения курса низкочастотной высокоамплитудной транскожной электростимуляции.

При этом положительная динамика после низкочастотной высокоамплитудной транскожной электростимуляции и высокочастотной низкоамплитудной транскожной электростимуляции сохраняется в отдаленном периоде.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования — М.Х. Аль-Замиль, Е.С. Васильева, Н.Б. Корчажкина; сбор и обработка материала — М.Х. Аль-Замиль, Е.С. Васильева; статистическая обработка данных — А.А. Михайлова, И.И. Иванова; написание текста — М.Х. Аль-Замиль, Е.С. Васильева, В.А. Епифанов; редактирование — Е.С. Васильева, В.Е. Илларионов.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflict of interest.**

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Аль-Замиль М.Х. Карпальный синдром. *Клиническая неврология*. 2008;1:41-45. Al-Zamil MH. Carpal syndrome. *Klinicheskaya nevrologiya*. 2008;1:41-45. (In Russ.).
2. Casale R, Damiani C, Maestri R, Wells CD. Pain and electrophysiological parameters are improved by combined 830-1064 high-intensity LASER in symptomatic carpal tunnel syndrome versus Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation. A randomized controlled study. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2013;49(2):205-211.
3. Devana SK, Jensen AR, Yamaguchi KT, D'Oro A, Buser Z, Wang JC, Petrigliano FA, Dowd C. Trends and Complications in Open Versus Endoscopic Carpal Tunnel Release in Private Payer and Medicare Patient Populations. *Hand*. 2019;14(4):455-461. <https://doi.org/10.1177/1558944717751196>
4. Genova A, Dix O, Saefan A, Thakur M, Hassan A. Carpal Tunnel Syndrome: A Review of Literature. *Cureus*. 2020;12(3):e7333. <https://doi.org/10.7759/cureus.7333>
5. Hegmann KT, Merryweather A, Thiese MS, Kendall R, Garg A, Kapellusch J, Foster J, Drury D, Wood EM, Melhorn JM. Median Nerve Symptoms, Signs, and Electrodiagnostic Abnormalities among Working Adults. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2018;26(16):576-584. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-17-00034>
6. Ochoa-Cacique D, Córdoba-Mosqueda ME, Aguilar-Calderón JR, García-González U, Ibarra-De la Torre A, Reyes-Rodríguez VA, Lomeli-Ramírez JD, Medina-Carrillo Ó, Sánchez-Calderón MD, Castañeda-Ramírez EA. Double crush syndrome: Epidemiology, diagnosis, and treatment results. *Neurochirurgia*. 2021;67(2):165-169. <https://doi.org/10.1016/j.neuchi.2020.09.011>
7. Hernández-Secorín M, Montaña-Cortés R, Hidalgo-García C, Rodríguez-Sanz J, Corral-de-Toro J, Monti-Ballano S, Hamam-Alcober S, Tricás-Moreno JM, Lucha-López MO. Effectiveness of Conservative Treatment According to Severity and Systemic Disease in Carpal Tunnel Syndrome: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(5):2365. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052365>
8. O'Connor D, Marshall S, Massy-Westropp N. Non-surgical treatment (other than steroid injection) for carpal tunnel syndrome. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2003;2003(1):CD003219. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003219>
9. Ho CY, Lin HC, Lee YC, Chou LW, Kuo TW, Chang HW, Chen YS, Lo SF. Clinical effectiveness of acupuncture for carpal tunnel syndrome. *The American Journal of Chinese Medicine*. 2014;42(2):303-314. <https://doi.org/10.1142/S0192415X14500207>
10. Lin T, Gargya A, Singh H, Sivanesan E, Gulati A. Mechanism of Peripheral Nerve Stimulation in Chronic Pain. *Pain Medicine*. 2020;21(suppl 1):6-12. <https://doi.org/10.1093/pm/pnaa164>
11. Resende MA, Sabino GG, Cândido CR, Pereira LS, Francischi JN. Local transcutaneous electrical stimulation (TENS) effects in experimental inflammatory edema and pain. *European Journal of Pharmacology*. 2004;504(3):217-22. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2004.09.055>
12. Sears ED, Kevin C. Validity and Responsiveness of the Jebsen-Taylor Hand Function Test. *The Journal of Hand Surgery*. 2010;35(1):30-37. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2009.09.008>
13. *Физическая и реабилитационная медицина: национальное руководство*. Под ред. Пономаренко Г.Н. Межрегиональное научное общество физической и реабилитационной медицины, Ассоциация медицинских обществ по качеству. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2020. *Fizicheskaya i reabilitacionnaya medicina: nacional'noe rukovodstvo*. Pod red. Ponomarenko G.N. Mezhregional'noe nauchnoe obshchestvo fizicheskoy i reabilitacionnoy mediciny, Associaciya medicinskih obshchestv po kachestvu. M.: GEOTAR-Media; 2020. (In Russ.).
14. *Физическая и реабилитационная медицина: национальное руководство*. Под ред. Пономаренко Г.Н. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2016. *Fizicheskaya i reabilitacionnaya medicina: nacional'noe rukovodstvo*. Pod red. Ponomarenko G.N. M.: GEOTAR-Media; 2016. (In Russ.).
15. Епифанов В.А., Епифанов А.В., Петрова М.С. *Реабилитация в травматологии и ортопедии: руководство*. 3-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2021. Epifanov VA, Epifanov AV, Petrova MS. *Reabilitaciya v travmatologii i ortopedii: rukovodstvo*. 3-e izd., pererab. i dop. M.: GEOTAR-Media; 2021. (In Russ.).
16. Епифанов В.А., Корчажкина Н.Б., Епифанов А.В. *Медико-социальная реабилитация пациентов с различной патологией*. В 2 частях. Под ред. Яблонского С.В. Т. II. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2019. Epifanov VA, Korchazhkina NB, Epifanov AV. *Mediko-social'naya reabilitaciya pacientov s razlichnoj patologiej*. V 2 chastyah. Pod red. Yablonskogo S.V. T. II. M.: GEOTAR-Media; 2019. (In Russ.).
17. Котенко К.В., Епифанов В.А., Епифанов А.В., Корчажкина Н.Б. *Боль в суставах*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2018. Kotenko KV, Epifanov VA, Epifanov AV, Korchazhkina NB. *Bol' v sustavah*. M.: GEOTAR-Media; 2018. (In Russ.).
18. Sluka KA, Walsh D. Transcutaneous electrical nerve stimulation: basic science mechanisms and clinical effectiveness. *The Journal of Pain*. 2003;4(3):109-121. <https://doi.org/10.1054/jpai.2003.434>
19. Tashani O, Johnson M. Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) A Possible Aid for Pain Relief in Developing Countries? *The Libyan Journal of Medicine*. 2009;4(2):62-65. <https://doi.org/10.4176/090119>
20. Vieira PJ, Ribeiro JP, Cipriano G Jr, Umpierre D, Cahalin LP, Moraes RS, Chiappa GR. Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on muscle metaboreflex in healthy young and older subjects. *European Journal of Applied Physiology*. 2012;112(4):1327-34. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2084-z>

Получена 07.10.2021

Received 07.10.2021

Принята в печать 19.11.2021

Accepted 19.11.2021