

- Autism genetics: opportunities and challenges for clinical translation. *Nat. Rev. Genet.* 2017;18(6):362-376. <https://doi.org/10.1038/nrg.2017.4>
15. Heunis T. M., Aldrich C., de Vries P. J. Recent advances in resting-state electroencephalography biomarkers for autism spectrum disorder – a review of methodological and clinical challenges. *Pediatr. Neurol.* 2016;61:28-37. <https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2016.03.010>
16. Shephard E., Tye C., Ashwood K. L., Azadi B., Asherson P., Bolton P. F. Resting-state neurophysiological activity patterns in young people with ASD, ADHD, and ASD + ADHD. *J. Autism. Dev. Disord.* 2018;48(1):110-122. <https://doi.org/10.1007/s10803-017-3300-4>
17. van Diessen E., Senders J., Jansen F. E., Boersma M., Bruining H. Increased power of resting-state gamma oscillations in autism spectrum disorder detected by routine electroencephalography. *Eur. Arch. Psychiatr. Clin. Neurosci.* 2015;265(6):537-540. <https://doi.org/10.1007/s00406-014-0527-3>
18. Gurau O., Bosl W. J., Newton C. R. How useful is electroencephalography in the diagnosis of autism spectrum disorders and the delineation of subtypes: a systematic review. *Front. Psychiatry.* 2017;8:121. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2017.00121>

Поступила 30.03.2020

Сведения об авторах:

Агранович Олег Виленович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой неврологии и нейрореабилитации, заведующий психоневрологическим отделением, главный детский невролог Ставропольского края; тел.: 89624548452; e-mail: oagranovich@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0261-612X>

Агранович Андрей Олегович, кандидат медицинских наук, врач-невролог-эпилептолог; тел.: 89624003880; e-mail: agranom26@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0006-8690-3930>

Феденко Анна Васильевна, врач-невролог; тел.: 89624518449; e-mail: fede.anna@yandex.ru

Руденко Светлана Николаевна, ассистент кафедры неврологии и нейрореабилитации, врач-невролог-эпилептолог; тел.: 890544786554; e-mail: connect@santeramed.ru

Астахова Елизавета Дмитриевна, ассистент кафедры неврологии и нейрореабилитации; врач-невролог-эпилептолог медицинского центра; тел.: 89624002758; e-mail: astahova-eliz.med@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5412-8905>

© Коллектив авторов, 2023
УДК 616.833.37-001.5-089.853(021)
DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2023.18064>
ISSN – 2073-8137

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОТЕЗА ЭПИНЕВРИЯ И ПРЯМОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ В ЛЕЧЕНИИ ТРАВМАТИЧЕСКИХ ВНУТРИСТВОЛЬНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ СРЕДИННОГО НЕРВА

А. В. Зоркова ¹, В. Н. Григорьева ¹, С. М. Карпов ²

¹ Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород, Российская Федерация

² Ставропольский государственный медицинский университет, Российская Федерация

THE USE OF AN EPINEURIAL PROSTHESIS AND DIRECT ELECTRICAL STIMULATION IN THE TREATMENT OF TRAUMATIC INTRA-TRUNK INJURIES OF THE MEDIAN NERVE

Zorkova A. V. ¹, Grigoryeva V. N. ¹, Karpov S. M. ²

¹ Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russian Federation

² Stavropol State Medical University, Russian Federation

Изучена эффективность терапевтического использования синтетического эпинеурального покрытия в сочетании с электростимуляцией срединного нерва при его травмах без полного анатомического перерыва. Обследовано 43 больных с внутриствольным повреждением срединного нерва в нижней трети предплечья. 22 пациентам был выполнен наружный невролиз срединного нерва, 21 пациенту – наружный невролиз нерва с дополнительным использованием синтетического (из гидрофобного акрила) имитатора эпинеурия в сочетании с его электростимуляцией. Хирургическое лечение с использованием протеза искусственного эпинеурия и прямой электростимуляции нерва привело к статистически более значимому восстановлению силы мышц кисти и восстановлению функции руки в первые 6 месяцев после вмешательства по сравнению с изолированным наружным невролизом. Применение синтетического эпинеурального покрытия в комбинации с невролизом и электростимуляцией повышает эффективность лечения пациентов с травматическими внутриствольными повреждениями срединного нерва.

Ключевые слова: травматические повреждения нерва, срединный нерв, невролиз, протез эпинеурия, субэпинеуральная стимуляция нерва

The efficiency of the therapeutic use of synthetic epineural coating in combination with electrical stimulation of the median nerve in its injuries without a complete anatomical break has been studied. The 43 patients with intra-trunk damage of the median nerve in the lower third of the forearm were examined. From them the 22 patients underwent external neurolysis of the median nerve, 21 patients underwent external nerve neurolysis with the additional use of a synthetic (made of hydrophobic acrylic) epineurium simulator in combination with its electrical stimulation. Surgical treatment using the artificial epineurium prosthesis and direct electrical nerve stimulation resulted in a statistically more significant restoration of hand muscle strength and restoration of arm function in the first six months after the intervention compared with isolated external neurolysis. The use of synthetic epineural coating in combination with neurolysis and electrical stimulation demonstrated an increase in the effectiveness of the treatment of patients with traumatic intra-trunk injuries of the median nerve.

Keywords: traumatic nerve injuries, median nerve, neurolysis, epineural prosthesis, subepineural nerve stimulation

Для цитирования: Зоркова А. В., Григорьева В. Н., Карпов С. М. ПРИМЕНЕНИЕ ПРОТЕЗА ЭПИНЕВРИЯ И ПРЯМОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ В ЛЕЧЕНИИ ТРАВМАТИЧЕСКИХ ВНУТРИСТВОЛЬНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ СРЕДИННОГО НЕРВА. *Медицинский вестник Северного Кавказа*. 2023;18(3):273-277. DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2023.18064>

For citation: Zorkova A. V., Grigoryeva V. N., Karpov S. M. THE USE OF AN EPINEURIAL PROSTHESIS AND DIRECT ELECTRICAL STIMULATION IN THE TREATMENT OF TRAUMATIC INTRA-TRUNK INJURIES OF THE MEDIAN NERVE. *Medical News of North Caucasus*. 2023;18(3):273-277. DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2023.18064> (In Russ.)

ЭНМГ – электронейромиография

DASH – Disability of the Arm, Shoulder and Outcome Measure (опросник для оценки степени ограничений повседневной активности)

Повреждения нервов руки травматического генеза признаны важной медицинской проблемой в силу особой значимости функции руки для повседневной активности [1]. Срединный нерв является одним из основных нервных стволов руки, и повреждение его волокон приводит к существенному ограничению жизнедеятельности человека за счет нарушения пронации предплечья, сгибания запястья и пальцев кисти, противопоставления первого пальца [2, 3].

Целесообразность хирургического лечения внутривольных повреждений срединного нерва (как и других нервов руки) до сих пор оспаривается в связи с недостаточной эффективностью используемого до последнего времени невролиза [4–6]. Для улучшения результатов невролиза было предложено использовать материалы, компенсирующие дефекты интраоперационно поврежденного эпинеурия и выполняющие функцию интерфейса между нервом и окружающими тканями [7–13]. Для ускорения регенерации нервной ткани предложено применять прямую интра- и послеоперационную электростимуляцию периферического нерва через электроды, временно размещенные на этом нерве или рядом с ним. Электростимуляция усиливает кровообращение и лимфоток, улучшая трофику тканей, способствуя уменьшению рубцовых изменений, а также способствует повышению кортикоспинальной возбудимости и формированию дополнительных нейронных связей в моторной области коры [14–17].

Полагаем, что применение протеза искусственно эпинеурия в сочетании с невролизом и интра/послеоперационной электростимуляцией может повысить эффективность оперативного лечения больных с внутривольными повреждениями нервов руки, однако до настоящего времени такой подход к терапии данного контингента больных не был описан.

Цель данного исследования – изучение эффективности терапевтического использования синтетического эпинеурального покрытия в сочетании с электростимуляцией срединного нерва при его травмах без полного анатомического перерыва.

Материал и методы. Обследовано и прооперировано 43 больных (средний возраст $49,0 \pm 15,3$ лет, 21 женщина, 22 мужчины) с травматическими внутривольными повреждениями срединного нерва на

уровне нижней трети предплечья. Давности травмы срединного нерва составлял от 3 до 6 месяцев.

Перед хирургическим вмешательством (Т0) осуществлялось клиническое исследование, применение опросника «Измерение ограничений функций руки и результатов лечения» (Disability of the Arm, Shoulder and Outcome Measure, сокращенно DASH) [18], электронейромиография (ЭНМГ) и интраоперационная нейрофизиологическая оценка сохранности проводимости срединного нерва путем регистрации М-ответа с индикаторных мышц.

Неврологический осмотр дополнялся тестированием руки с применением 6-балльной шкалы количественной оценки мышечной силы (от 0 до 5 баллов), для чего использовались задания на сокращение соответствующих мышц при исключении деятельности их синергистов [19]. Из традиционно выделяемых четырех мышечных подгрупп, снабжаемых срединным нервом [19], анализировали только мышцы кисти, поскольку у всех больных срединный нерв был травмирован в нижней трети предплечья, и расположенные выше мышцы не страдали. Определялось среднее арифметическое значение силы подгруппы мышцы тенара (m. abductor pollicis brevis, m. opponens pollicis, m. flexor pollicis brevis) и подгруппы червеобразных мышц (первая и вторая mm. lumbrales) [19].

Опросник DASH предназначен для определения функциональных ограничений в руке [18]. Анализировали ответы на 30 его основных пунктов (21 пункт отражает нарушения выполнения действий из-за слабости мышц руки, 6 пунктов касаются выраженности болей, а 3 – ограничений в социальной сфере).

При проведении ЭНМГ до и после операции изучалась скорость распространения импульса и амплитуда М-ответа на участке от нижней трети плеча до лучезапястного сустава (аппарат Нейро МВП-4), осуществлялась интраоперационная оценка сохранности двигательных волокон срединного нерва путем регистрации М-ответа с иннервируемых им мышц кисти (аппарат Xitek Protektor IOM).

Хирургическое вмешательство включало разделение тканей в месте повреждения, проведение наружного невролиза срединного нерва, подэпинеурального введения теплого физиологического раствора натрия хлорида и разделение внутренних спаек не-

рва с использованием операционного микроскопа и аппарата Xltek Protektor IOM.

На этом этапе хирургическое вмешательство либо завершалось (первая группа больных, 13 мужчин и 9 женщин, средний возраст $46,1 \pm 14,6$ лет), либо дополнялось применением синтетического эпинеурального покрытия и интра- и послеоперационной стимуляцией срединного нерва через субэпинеурально установленные электроды (вторая группа больных, 9 мужчин и 12 женщин, средний возраст $49,3 \pm 11,2$ лет). Разделение больных на группы осуществлялось случайным образом. Эпинеуральный протез представляет собой эластичную мембрану из гидрофобного акрила (ООО «Айкон Лаб ГмбХ», Россия), выполненную из биосовместимого, биологически стабильного материала, который не подвергается термоокислительной деструкции и не вызывает токсических реакций [12, 13]. Поверхность этой мембраны, которая соприкасается с нервом, гладкая, что позволяет скользить нерву относительно нее и воссоздать тем самым механизм физиологического движения нерва в мышечно-фасциальном футляре. Наружная поверхность мембраны шероховатая, она служит матриксом для роста соединительной ткани в процессе заживления послеоперационной раны.

Размер протеза эпинеурия у больных второй группы соответствовал зоне компрессии нерва. Игольчатые электроды для интра- и послеоперационной электростимуляции срединного нерва размещались (через созданную рядом с операционной раной контрапертуру) субэпинеурально проксимальнее и дистальнее места декомпрессии нерва. Электроды фиксировались к коже швом, после чего послеоперационная рана ушивалась.

Мероприятия медицинской реабилитации после операции включали немедикаментозные (лечебные физические упражнения, массаж) и медикаментозные (антихолинэстеразные препараты, витамины группы В) воздействия на протяжении последующих 6 месяцев. Пациентам второй группы в течение недели после оперативного вмешательства дополнительно проводилась электростимуляция срединного нерва (частота 4,72 МГц, сила тока от 1 до 100 мА, сеансы длительностью по 15 минут 3 раза в день), после чего электроды удалялись через вышеописанную контрапертуру.

Через 1, 3 и 6 месяцев после оперативного лечения (Т1, Т2, Т3,) повторно тестировалась сила мышц, применялся DASH и проводилась ЭНМГ.

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием программы Statistica 12.0 (StatSoft, США). Количественные данные проверяли на нормальность распределения с применением критерия Колмогорова – Смирнова. Для нормально распределенных данных вычислялись средние арифметические значения и среднеквадратичные отклонения, результаты представляли в виде «среднее значение \pm стандартное отклонение». Для параметров, распределение которых отличалось от нормального, определялась медиана и 25-й и 75-й перцентили. Для выявления статистических различий переменных при нормальном распределении использовался критерий Стьюдента для зависимых и независимых выборок. Для сравнения средних значений показателей в трех и более несвязанных выборках использовался однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Динамика переменных времени в двух разных группах анализировалась с применением двухфакторного дисперсионного анализа с повторными измерениями, с одним внутрigrupповым и одним межгрупповым фактором (ANOVA с повторными измерениями). Сравнение двух выборок, распределение параметров в которых отличалось от нормального, осуществлялось с помощью непараметрических критериев Манна – Уитни (для зависимых групп) и критерия Вилкоксона (для зависимых групп).

Результаты и обсуждение. Сила исследованных мышц у больных 1 и 2 групп до операции статистически значимо не различалась (табл. 1). После операции на протяжении 6 месяцев у больных обеих групп отмечалось постепенное нарастание силы мышц тенара и первой/второй червеобразных мышц (по данным дисперсионного анализа с повторными измерениями, $p < 0,050$). Как в 1-й, так и во 2 группах больных прирост мышечной силы был статистически значимо больше за период Т2–Т3, чем за Т1–Т2 период ($p < 0,001$ и $p < 0,001$ соответственно), то есть оказался наиболее существенным в период от трех месяцев до полугода после операции. Через 6 месяцев после операции у пациентов второй группы восстановление силы в исследованных подгруппах мышц оказалось более выраженным, чем у больных первой группы ($p < 0,001$).

Таблица 1

Сила мышц (в баллах), иннервируемых срединным нервом, у больных первой и второй подгрупп до и после оперативного лечения

Группа больных	Период наблюдения							
	Т0		Т1		Т2		Т3	
	3-я подгруппа мышц	4-я подгруппа мышц	3-я подгруппа мышц	4-я подгруппа мышц	3-я подгруппа мышц	4-я подгруппа мышц	3-я подгруппа мышц	4-я подгруппа мышц
Первая	2,7 [2; 3]	2,7 [2; 3]	2,8 [2; 3]	2,7 [2; 3]	3 [2; 3,1]	2,7 [2; 3]	4,2 [2,3; 4,2]	3,7 [2,1; 3,8]
Вторая	2,6 [2; 3]	2,6 [2; 3]	2,7 [2; 3,1]	2,6 [2; 3]	2,9 [2; 3,3]	2,6 [2; 3]	4,4 [2,4; 4,5]	4 [2,1; 4]
	$p=0,070$	$p=0,070$	$p=0,040^*$	$p=0,040^*$	$p=0,000^*$	$p=0,000^*$	$p=0,000^*$	$p=0,000^*$

p^* – критический уровень значимости различий средних показателей в первой группе и второй группе больных.

Регресс функциональных нарушений в руке по DASH оказался более значимым во второй, чем в первой группе больных ($p < 0,050$), при этом разница показателей DASH между первой и второй группа-

ми была более выражена на момент Т3, чем на момент Т2.

По данным ЭНМГ, после операции произошло увеличение скорости распространения импульса на участ-

ке от нижней трети плеча до запястья у больных как первой ($p < 0,050$), так и второй групп ($p < 0,050$). Статистически значимое улучшение проводимости отмечалось в обеих группах больных, достигнув статистической значимости между показателями, измеренными через 3 и 6 месяцев после оперативного вмешательства (табл. 2). Аналогичная динамика отмечалась и при оценке показателей амплитуды М-ответа (табл. 3).

Таблица 2

**Скорость проведения импульса (м/с)
по срединному нерву на отрезке между
медиальным краем локтевой ямки и точки на 1 см
проксимальнее линии лучезапястного сустава**

Время	Группа «Невролиз»	Группа «Методика»	р-уровень
T0 (исходные значения)	35 [25,7; 36,4]	34,6 [23,2; 38,2]	$p^* = 0,980$
T1 (1 месяц после операции)	32 [26; 38]	35 [29; 36]	$p^* = 0,060$
T2 (3 месяца после операции)	34,8 [30,1; 39,7]	37,2 [31,5; 38,3]	$p^* = 0,030$
T3 (6 месяцев после операции)	39,7 [34,7; 43,1]	40 [35,2; 41,2]	$p^* = 0,030$
	$p^{**}_{1-2} = 0,691$ $p^{**}_{1-3} = 0,256$ $p^{**}_{2-3} = 0,001$	$p^{**}_{1-2} = 0,877$ $p^{**}_{1-3} = 0,224$ $p^{**}_{2-3} = 0,000$	

Примечание: p^* – критический уровень значимости различий средних показателей в группе «Невролиз» и группе «Методика»;

p^{**} – критический уровень значимости различий средних показателей между исследованиями в моменты времени T1, T2, T3, с поправкой Бонферрони.

Таблица 3

**Амплитуда М-ответа (мВ)
при повреждении срединного нерва**

Время	Группа «Невролиз»	Группа «Методика»	р-уровень
T0 (исходные значения)	2,5 [1,3; 2,8]	1,8 [1,1; 2,4]	$p^* = 0,190$
T1 (1 месяц после операции)	1,8 [1,2; 2,3]	2,2 [1,5; 2,7]	$p^* = 0,070$
T2 (3 месяца после операции)	2 [1,5; 2,4]	2,4 [1,7; 2,8]	$p^* = 0,002$
T3 (6 месяцев после операции)	2,4 [2; 2,7]	2,6 [2; 2,9]	$p^* = 0,001$
	$p^{**}_{1-2} = 0,865$ $p^{**}_{1-3} = 0,691$ $p^{**}_{2-3} = 0,000$	$p^{**}_{1-2} = 0,501$ $p^{**}_{1-3} = 0,163$ $p^{**}_{2-3} = 0,000$	

Примечание: p^* – критический уровень значимости различий средних показателей в группе «Невролиз» и группе «Методика»;

p^{**} – критический уровень значимости различий средних показателей между исследованиями в моменты времени T1, T2, T3, с поправкой Бонферрони.

Литература/References

1. El-Haj M., Ding W., Sharma K., Novak C., Mackinnon S. E., Patterson J. M. M. Median Nerve Compression in the Forearm: A Clinical Diagnosis. *Hand (NY)*. 2021;16(5):586-591. <https://doi.org/10.1177/1558944719874137>

Таким образом, хирургическое лечение пациентов с изолированными внутривольными повреждениями срединного нерва травматического генеза привело к статистически значимому увеличению силы мышц, иннервируемых этим нервом, а также к улучшению функции руки. Этот факт согласуется с данными, согласно которым раннее (в первые 3–6 месяцев после травмы) хирургическое лечение повреждений периферических нервов ускоряет восстановление утраченной в результате травмы функции [15–17]. Тот факт, что в обеих группах пациентов наибольший прирост силы мышц наблюдался в период от первых трех до шести месяцев, можно объяснить тем, что положительное действие оперативного вмешательства на нерве проявляется не сразу, а спустя некоторое время, когда процессы регенерации (ремиелинизация, спрутинг) начинают преобладать над посттравматической реинтеграцией структур нерва [5, 7, 12–14].

Исследование показало, что комбинированное применение невролиза, эпинеурального протеза и прямой субэпинеуральной электростимуляции эффективнее влияет на восстановление силы мышц, чем изолированное применение невролиза. Об этом свидетельствует тот факт, что прирост силы в период между 3 и 6 месяцами после операции был более выраженным у больных 2 группы, чем в первой группе. Объяснить это можно тем, что протез эпинеурия создает дополнительную защиту для нерва, позволяя создать благоприятные условия для его репарации.

Представляется вполне закономерным, что нарастание силы дистальных мышц, иннервируемых срединным нервом (червеобразных мышц и мышц возвышения большого пальца), сопровождалось уменьшением связанных с дисфункцией руки ограничений жизнедеятельности. Действительно, указанные мышцы обеспечивают движения I пальца кисти и захват предметов, что повышает возможности выполнения повседневных дел.

Скорость распространения нервного импульса по срединному нерву, а также амплитуда М-ответа увеличились у больных обеих групп как через 1, так и через 3 и 6 месяцев после операции. Это свидетельствовало об эффективном устранении компрессии структур нерва и восстановлении его проводимости. В то же время показатели ЭНМГ к концу периода наблюдения не достигли нормативных значений в обеих группах пациентов. Этот факт можно объяснить тем, что процесс посттравматической регенерации нерва продолжается более длительное время, чем очерченный период наблюдения [20].

Заключение. Сочетанное применение невролиза, протеза эпинеурия и прямой электрической стимуляции срединного нерва при хирургическом лечении его травматических повреждений показало большую эффективность, чем применение одного лишь невролиза.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

2. Soubeyrand M., Melhem R., Protais M., Artuso M., Crézé M. Anatomy of the median nerve and its clinical applications. *Hand Surg. Rehabil.* 2020;39(1):2-18. <https://doi.org/10.1016/j.hansur.2019.10.197>
3. Peperkamp K., Natroshvili T., Malyar M. A., Heine E. P., Walbeehm E. T. Anatomic Variations and Malformations

- as Rare Causes of Median Nerve Compression in Adults: A Narrative Review. *Ann. Plast. Surg.* 2022;1;88(2):237-243.
<https://doi.org/10.1097/sap.0000000000002813>
4. Groen J. L., Pondaag W., Malessy M. J. A. Surgical treatment of nerve lesions. *Ned. Tijdschr. Geneesk.* 2020;8;164:D4581.
 5. Gordon T. Peripheral Nerve Regeneration and Muscle Reinnervation. *Int. J. Mol. Sci.* 2020;17;21(22):8652.
<https://doi.org/10.3390/ijms21228652>
 6. Dunlop R. L. E., Wormald J. C. R., Jain A. Outcome of surgical repair of adult digital nerve injury: a systematic review. *BMJ Open.* 2019;13;9(3):e025443.
<https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-025443>
 7. Zafeiris T., Heidenreich S., Rödiger J. Bifid median nerve as a coincidental finding in traumatology: Case report and review of the literature. *Unfallchirurg.* 2022;125(5):404-407.
<https://doi.org/10.1007/s00113-021-01031-5>
 8. Klimovich P., Rubina K., Sysoeva V., Semina E. New Frontiers in Peripheral Nerve Regeneration: Concerns and Remedies. *Int. J. Mol. Sci.* 2021;13;22(24):13380.
<https://doi.org/10.3390/ijms222413380>
 9. Tang P., Schimoler P. J., Kim H., Gillman B. M., Kharlamov A., Miller M. C. The optimal number and location of sutures in conduit-assisted primary digital nerve repair. *J. Hand Surg. (Eur. Vol.)* 2018;43(6):621-625.
<https://doi.org/10.1177/1753193418764290>
 10. Apablaza J. A., Lezcano M. F., Lopez Marquez A., Godoy Sánchez K., Oporto G. H., Dias F. J. Main Morphological Characteristics of Tubular Polymeric Scaffolds to Promote Peripheral Nerve Regeneration-A Scoping Review. *Polymers (Basel)*. 2021;31;13(15):2563.
<https://doi.org/10.3390/polym13152563>
 11. Wang J., Cheng Y., Chen L., Zhu T. [et al.]. In vitro and in vivo studies of electroactive reduced graphene oxide-modified nanofiber scaffolds for peripheral nerve regeneration. *Acta Biomater.* 2019;15(84):98-113.
<https://doi.org/10.1016/j.actbio.2018.11.032>
 12. Shintani K., Uemura T., Takamatsu K. [et al.]. Protective effect of biodegradable nerve conduit against peripheral nerve adhesion after neurolysis. *J. Neurosurg.* 2018;129(3):815-824. <https://doi.org/10.3171/2017.4.jns162522>
 13. Зоркова А. В., Григорьева В. Н., Гликин С. Е. Хирургическое лечение закрытых внутривольных травматических повреждений периферических нервов. *Медицинский Альманах.* 2018;5(56):134-137. [Zorkova A. V., Grigoryeva V. N., Glikin S. E. Surgical treatment of closed intratrunal traumatic injuries of peripheral nerves. *Medicinskij Almanah. – Medical Almanac.* 2018;5(56):134-137. (In Russ.)].
<https://doi.org/10.21145/2499-9954-2018-5-134-137>
 14. Зоркова А. В., Григорьева В. Н. Невролиз, эндоневральная стимуляция и искусственный эпинеурий в хирургическом лечении внутривольных травм лучевого нерва. *Практическая медицина.* 2019;17(7):121-126. [Zorkova A. V., Grigoryeva V. N. Neurolysis, endoneural stimulation and artificial epineurium in the surgical treatment of intratrunal injuries of the radial nerve. *Prakticheskaja Medicina. – Practical medicine.* 2019;17(7):121-126. (In Russ.)].
<https://doi.org/10.32.000/2072-1757-2019-7-121-126>
 15. Chu X. L., Song X. Z., Li Q., Li Y. R., He F. [et al.]. Basic mechanisms of peripheral nerve injury and treatment via electrical stimulation. *Neural. Regen. Res.* 2022;17(10):2185-2193.
<https://doi.org/10.4103/1673-5374.335823>
 16. Zuo K. J., Gordon T., Chan K. M., Borschel G. H. Electrical stimulation to enhance peripheral nerve regeneration: Update in molecular investigations and clinical translation. *Exp. Neurol.* 2020;332:113397.
<https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2020.113397>
 17. Piccinini G., Cuccagna C., Caliendo P. [et al.]. Efficacy of electrical stimulation of denervated muscle: Amulticenter, double-blind, randomized clinical trial. *Muscle Nerve.* 2020;61:773-778. <https://doi.org/10.1002/mus.26880778>
 18. David S. L., Farnsworth J. L. 2nd, Theige M. Content validity of the disability of the arm, shoulder, and hand questionnaire in a college-age patient population. *JSES Int.* 2022;22;6(3):512-517.
<https://doi.org/10.1016/j.jseint.2022.01.014>
 19. Russel S. M. Examination of Peripheral Nerve Injuries: An Anatomical Approach. Thieme, 2006:178.
 20. Aktürk S., Büyükcavcı R., Ersoy Y. Median nerve ultrasound in carpal tunnel syndrome with normal electrodiagnostic tests. *Acta Neurol. Belg.* 2020;120(1):43-47.
<https://doi.org/10.1007/s13760-018-0963-3>

Поступила 24.01.2023

Сведения об авторах:

Зоркова Анна Викторовна, ассистент кафедры нервных болезней;
тел.: 89108913808; e-mail: anna-med@list.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3020-2490>

Григорьева Вера Наумовна, доктор медицинских наук, профессор,
заведующая кафедрой нервных болезней;
тел.: 89103984481; e-mail: vrgr@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6256-3429>

Карпов Сергей Михайлович, доктор медицинских наук, профессор,
заведующий кафедрой неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики;
тел.: 89054101523; e-mail: karpov25@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1472-6024>