

**В. І. Цимбалюк, Ю. В. Цимбалюк, О. М. Золотоверх, О. О. Гацький, М. М. Татарчук,
В. В. Медведєв***

Державна установа “Інститут нейрохірургії ім. акад. А. П. Ромоданова НАМН України”, 04050 Київ

**Національний медичний університет ім. О. О. Богомольця МОЗ України, 01601 Київ*

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПЛИВУ ТРИВАЛОЇ ПРЯМОЇ ЕЛЕКТРОСТИМУЛЯЦІЇ СІДНИЧНОГО НЕРВА ПІСЛЯ ЙОГО ПОВНОГО ПЕРЕТИНУ ТА НЕЙРОРАФІЇ НА ВІДНОВЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ НЕРВОВО-М’ЯЗОВОГО АПАРАТУ У КРОЛІВ

У роботі вивчено ефективність використання приладу “НейСі-3М” для прямої тривалої електро-нейростимуляції на моделі повного перетину та зшивання (нейрорафії) сідничного нерва у статевозрілих кролів-самців породи шиншила на відновлення функціонального стану нервово-м’язового апарату. Встановлено, що апробований метод покращує відновлення провідності збудження по ушкодженому нерву, достовірно збільшуючи амплітуду М-відповіді у руховій точці литкового м’яза станом на 60 добу експерименту (29,6 % нормальної величини проти 12,6 % у групі порівняння), а також зменшує ймовірність розвитку контрактури гомілковостопного суглоба та трофічних виразок шкіри денервованої кінцівки.

Ключові слова: травма периферичного нерва, нейрорафія, пряма тривала електронейростимуляція, електронейроміографія, регенерація ушкодженого периферичного нерва.

Науково-технічний прогрес супроводжується зростанням загального травматизму, серед причин якого превалюють дорожньо-транспортні пригоди, виробничі травми, вогнепальні поранення та побутові ексцеси. Ушкодження периферичних нервів виявляють у 6 % випадків травмування кінцівок [4, 5]; більшість потерпілих — це особи працездатного віку, частка інвалідизації при цьому виді травми сягає 75 %, незважаючи на значний прогрес у наданні нейрохірургічної допомоги таким хворим — відновлення анатомічної цілісності ушкодженого нерва [2]. Це обумовлено обмеженістю власного

відновного потенціалу периферичної нервової системи. Отже, актуальним залишається пошук нових та вдосконалення існуючих методів стимуляції регенерації нервових стовбурів. Одним із таких методів є використання електричної стимуляції ушкодженого нерва [6, 7], що досягається спеціальними електростимулюючими пристроями. Так, у клініці відновної нейрохірургії Інституту нейрохірургії ім. акад. А. П. Ромоданова НАМН України запропонована методика тривалої електро-нейростимуляції нервів з використанням приладу “НейСі-3М” (НВП ВЕЛ, Україна).

Інститут нейрохірургії ім. акад. А. П. Ромоданова НАМН України

В. І. Цимбалюк — заст. директора інституту, акад. НАМН України

Відділення відновлювальної нейрохірургії

Ю. В. Цимбалюк — с.н.с., к.м.н. (yulia.tsim@ukr.net)

О. О. Гацький — лікар-нейрохірург

М. М. Татарчук — лікар-нейрохірург

Лабораторія експериментальної нейрохірургії

О. М. Золотоверх — с.н.с., к.м.н.

Національний медичний університет ім. О. О. Богомольця МОЗ України

В. В. Медведєв — асист. кафедри нейрохірургії, к.м.н.

© Ю. В. Цимбалюк, О. М. Золотоверх, О. О. Гацький, М. М. Татарчук, В. В. Медведєв, 2014.

Позитивний вплив електростимуляції на процеси росту та мієлінізації аксонів ушкодженого нерва доведено у ряді експериментальних досліджень [1, 9, 11, 12]. Проте механізми такого впливу вивчені недостатньо: в зоні стимуляції виявляють посилення перфузії тканини нерва кров'ю, інтенсифікацію обмінних та біосинтетичних процесів, синтезу нуклеїнових кислот [8].

Найчастіше експериментальною моделлю травми периферичного нерва є повний перетин сідничного нерва у верхній третині стовбура, що зумовлено співмірністю його відновного потенціалу у дрібних (щурі) та середніх за масою (кролі) експериментальних тварин і приматів [1, 5, 10]. Одним із найбільш достовірних інструментальних методів оцінки результативності відновного процесу є прижиттєва пряма електронейроміографія (ЕНМГ).

У даному дослідженні нами вивчено вплив хронічної прямої електростимуляції сідничного нерва кроля системою "НейСі-3М" (НВП "ВЕЛ", Київ) після його повного перетину та зшивання (нейрорафії).

Мета роботи — оцінити ефективність впливу прямої тривалої електростимуляції зшитого лівого сідничного нерва після його повного перетину у кролів на динаміку значень ЕНМГ-показників функції нервово-м'язового апарату.

Матеріал та методи. Дослідження проведено на двох групах статевозрілих кроляч-самцях породи шиншила масою тіла у середньому 3 кг відповідно до існуючих вітчизняних та міжнародних норм біоетики: 1 група (основна, $n = 10$) — тваринам здійснювали перетин лівого сідничного нерва на рівні середньої третини стегна та його негайну нейрорафію з імплантацією електродів для тривалої електростимуляції; 2 група (порівняння, $n = 10$) — тваринам здійснювали перетин лівого сідничного нерва на рівні середньої третини стегна та його негайну нейрорафію.

Оперативні втручання виконували під загальним знеболенням — суміш розчинів ксилазину (*Sedazin, Biowet*, Польща) із розрахунку 15 мг/кг маси тіла та кетаміну (*Calypsol*, Гедеон Ріхтер А.О., Угорщина) із розрахунку 70 мг/кг маси тіла. Шкіру у ділянці середньої третини бічної поверхні лівого стегна голили, обробляли розчином антисептика, розтинали вздовж лінії найбільш поверхневого розташування стегнової кістки. Візуалізували зону прикріплення обох сухожилків двоголового м'яза стегна до стегнової кістки, де проводили лінійний розтин вздовж кістки, м'яз відводили дозад. Одразу після цього у кишені, утвореній краєм мобілізованого м'яза та іншими м'язами задньої групи, виявляли сідничний нерв, який виділяли з оточуючих тканин тупим методом на ділянці довжиною 3-4 см. Посередині мобілізованої ділянки нерв пере-

тинали мікроножицями. Після перетину сідничного нерва та припинення кровотечі виконували епіневральний шов (нейрорафію) нитками 8,0 з атравматичною голкою (Оптікс, Україна) та імплантацію двох пар електродів різної полярності для тривалої електростимуляції (основна група). Приймальну антену електростимулятора фіксували підшкірно поблизу ділянки розтину шкіри у спеціально сформовану підшкірну кишеню. Рану промивали антисептичним розчином Декасан (ТОВ "Юрія-Фарм", Україна), м'які тканини та шкіру в зоні операційної рани зашивали у два ряди вузлових швів. Ділянку післяопераційної рани обробляли 5 % спиртовим розчином йоду. Після проведення втручання кожну тварину утримували у приміщенні з температурою повітря 30 °С до повного виходу зі стану наркотичного сну (1,5 год). Для попередження гнійно-запальних ускладнень підшкірно вводили розчин біциліну-5 (ВАТ "Київмедпрепарат", Україна) у звичайній дозі. У подальшому тварин утримували в окремих клітках з вільним доступом до води та корму стандартного раціону при температурі повітря 19-21 °С.

Тваринам основної групи через 4 доби після оперативного втручання щоденно проводили сеанси електростимуляції лівого сідничного нерва приладом "НейСі-3М". При цьому електричні імпульси надходили від генератора при тісному приляганні поверхонь передавальної та приймальної антен, розділених шкірою. Стимуляцію здійснювали у спеціально розроблених виробником режимах модуляції частот. Пачки імпульсів поступають попеременно до I та II пари електродів. У кожній пачці частота імпульсів змінюється від 2 Гц до 120 Гц та назад — від 120 Гц до 2 Гц. Сінхронно із частотою тривалість імпульсів змінюється від 8000 мкс до 130 мкс та назад — від 130 мкс до 8000 мкс.

Протягом перших двох тижнів на першу пару електродів подавали імпульси напругою ($4,75 \pm 0,75$) В, а на другу пару — ($3,0 \pm 0,5$) В, у подальшому — ($6,25 \pm 1,25$) В та ($4,0 \pm 0,5$) В, відповідно. Тривалість одного циклу електростимуляції становила 15 с, а одного сеансу — 5 хв.

ЕНМГ проводили на 30-ту та 60-ту доби на комп'ютерному електроміографі "Нейро-МВП" ("Нейрософт", Росія). Стан загального знеболення досягали згідно з описаним вище протоколом. Зону шва сідничного нерва виділяли, мобілізували, проксимальну ділянку нерва ледь підіймали на гачкоподібному стимулюючому біполярному електроді. Відповідь на генеровані електричні імпульси (стимулюючий струм 10-15 мА змінювали у вказаних межах до припинення зростання амплітуди М-відповіді) реєстрували голковим коаксіальним електродом у вигляді сумарного електричного потенціала

лу у руховій точці литкового м'яза (М-відповідь з певною мірою наближення можна розглядати як електричний еквівалент скорочення м'яза [3]). Для визначення нормальних значень амплітуди М-відповіді проводили аналогічне дослідження проти-лежного інтактного сідничного нерва.

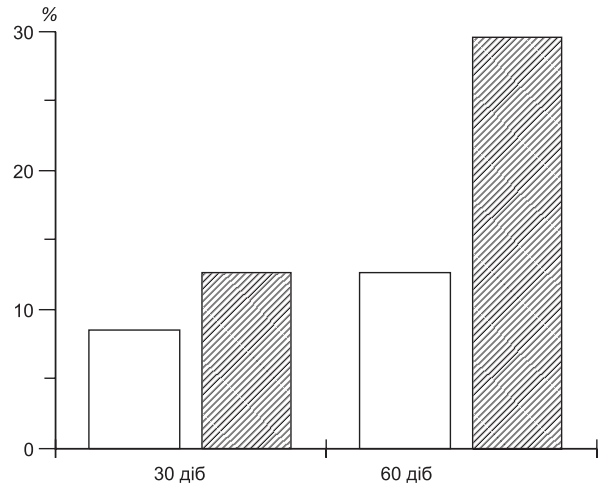
Вірогідність різниці значень досліджуваного показника між експериментальними групами визначали за критерієм Мана — Уїтні (*Mann — Whitney U-test*).

Результати та їх обговорення. Амплітуда М-відповіді при дослідженні інтактного сідничного нерва в обох групах становила у середньому $(16,24 \pm 4,30)$ мВ.

У тварин основної групи на 30-ту добу експерименту середня амплітуда М-відповіді на боці ураження становила $(2,04 \pm 0,51)$ мВ з крайніми значеннями 1,05-2,44 мВ, що складало у середньому 12,56 % цього показника інтактної кінцівки (рисунк). У тварин групи порівняння у цей же термін спостереження середня амплітуда М-відповіді становила $(1,39 \pm 0,69)$ мВ з крайніми значеннями 0,33-2,47 мВ, що складало у середньому 8,56 % цього показника інтактної кінцівки (див. рис.). Різниця між значеннями цих показників двох груп була невірогідною ($P > 0,05$).

На 60-ту добу експерименту в основній групі середня амплітуда М-відповіді становила $(4,80 \pm 1,0)$ мВ із крайніми значеннями 2,45-5,79 мВ, що складало у середньому 29,56 % цього показника інтактної кінцівки (див. рис.). У цей же термін спостереження середня амплітуда М-відповіді у групі порівняння становила $(2,05 \pm 0,72)$ мВ, з інтервалом варіації 1,22-3,12 мВ, тобто 12,62 % середнього показ-

ника інтактних кінцівок (див. рис.). Виявлена між групами різниця досліджуваної величини на цей термін спостереження була достовірною ($P \leq 0,05$).



Частка середнього значення амплітуди М-відповіді відносно нормального у щурів групи порівняння (світлі стовпчики) та основної групи (заштриховані стовпчики) у різні терміни після перетину та нейроафазії сідничного нерва.

Слід відзначити, що на 30-ту добу спостереження у двох тварин групи порівняння були виявлені трофічні виразки у п'ятковій ділянці, а на 60-ту добу трофічні виразки виявляли у трьох тварин групи порівняння та у однієї тварини основної групи. Протягом періоду експерименту у двох тварин групи порівняння відзначали формування контрактури гомілковостопного суглоба.

Список використаної літератури

1. Горшков Р. П. Реабилитация больных с повреждением стволов плечевого сплетения (клинико-экспериментальное исследование): Автореф. дис. ... д-ра наук. — Саратов, 2009. — 44 с.
2. Давлятов А. А. Хирургическое лечение последствий одновременного повреждения срединного и локтевого нервов: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — Душанбе, 2007. — 26 с.
3. Николаев С. Г. Атлас по электромиографии. — Иваново: ИПК "ПресСто", 2010. — 468 с.
4. Панов Д. Е. Диагностика и тактика лечения больных с повреждением срединного и локтевого нервов на уровне предплечья и кисти: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — Москва, 2006. — 22 с.
5. Самосюк И. З., Чухраев Н. В., Самосюк Н. И., Чухраева Е. Н. Электротерапия и электропунктура в медицинской реабилитации, физиотерапии и курортологии. — К.: НИИ Мединтех, 2012. — 291 с.
6. Серяков В. И. Регенерация периферического нерва после микрохирургического шва под влиянием D,L-карнитина (экспериментальное исследование): Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — Новосибирск, 2009. — 23 с.
7. Третяк І. Б. Використання тривалої електростимуляції при пошкодженні периферійних нервів та сплетень // Укр. нейрохірургічний журн. — 2007. — № 2. — С. 58-61.
8. Цимбалюк В. І., Сапон М. А., Третяк І. Б. Використання довготривалої електростимуляції при ушкодженнях нервів верхньої кінцівки // Укр. нейрохірургічний журн. — 2010. — № 3. — С. 66.
9. Alrashdan M. S., Park J. C., Sung M. A. Thirty minutes of low intensity electrical stimulation promotes nerve regeneration after sciatic nerve crush injury in a rat model // Acta Neurol. Belg. — 2010. — 110, № 2. — P. 168-179.
10. Gramsbergen A., Meek M. F. Sciatic nerve transection in the adult rat: abnormal EMG patterns during locomotion by aberrant innervation of hindleg muscles // Exp. Neurol. — 2000. — 161. — P. 183-193.
11. McCaig C. D., Sagster L., Stewart R. Neurotrophins enhance electric field-directed growth cone guidance and

directed nerve branching // Dev. Dyn. — 2000. — 217, № 3. — P. 299-308.

increasing neurotrophins // Neurosci. — 2010. — 169, № 3. — P. 1029-1038.

12. Wan L. D., Xia R., Ding W. L. Electrical stimulation enhanced remyelination of injured sciatic nerves by

Одержано 31.10.2013

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЛИЯНИЯ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРЯМОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ СЕДАЛИЩНОГО НЕРВА ПОСЛЕ ЕГО ПОЛНОГО ПЕРЕСЕЧЕНИЯ И НЕЙРОРАФИИ НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ НЕРВНО-МШЕЧНОГО АППАРАТА У КРОЛИКОВ

**В. И. Цымбалюк, Ю. В. Цымбалюк, А. М. Золотоверх, А. А. Гацький, М. М. Татарчук,
В. В. Медведь***

Государственное учреждение “Институт нейрохирургии им. акад. А. П. Ромоданова
НАМН Украины”, 04050 Киев

*Национальный медицинский университет им. А. А. Богомольца МЗ Украины, 01601 Киев

В работе изучена эффективность использования прибора “НейСи-3М” для прямой длительной электронейростимуляции на модели полного пересечения и сшивания (нейрорафии) седалищного нерва у половозрелых кроликов-самцов породы “шиншилла”. Установлено, что апробированный метод улучшает восстановление проводимости возбуждения по поврежденному нерву, достоверно увеличивая амплитуду М-ответа в двигательной точке икроножной мышцы на 60-е сутки эксперимента (29,6 % нормальной величины против 12,6 % в группе сравнения), а также уменьшает вероятность развития контрактуры голеностопного сустава и трофических язв кожи денервированной конечности.

EFFECTIVENESS OF LONG-TERM APPLICATION OF DIRECT ELECTRIC STIMULATION OF SCIATIC NERVE AFTER ITS COMPLETE TRANSECTION AND NEURORRHAPHY ON RESTORATION OF FUNCTIONAL STATE OF NEURO-MUSCULAR APPARATUS OF RABBITS

**V. I. Tsybaliuk, Yu. V. Tsybaliuk, A. M. Zolotoverch, A. A. Gatsky, M. M. Tatarchuk,
V. V. Medvedev***

State Institution “Acad. A. P. Romodanov Institute of Neurosurgery NAMS Ukraine”, 04050 Kyiv

*A. A. Bogomoletz National Medical University Ministry of Health Ukraine, 01601 Kyiv

The results of application of the system for direct long-term electric stimulation “NeuSy-3M” on the model of complete transection and ligation (neurorrhaphy) of the sciatic nerve of mature male chinchilla rabbits showed improvement in the indices of electric conductivity of the damaged nerve significantly increasing the amplitude of M-response in the motor point of *m. gastrocnemius* on day 60 of experiment (29.6 % of the normal value vs 12.6 % in the control group), as well as decrease of the risk of development of ankle contractures and trophic ulcers on the skin of denervated limb.