

УДК 616.718:616.833.5-007.271-08-092.9

О. Г. Родинський, І. Я. Сердюченко, Т. В. Демченко

КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ВІДНОВЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ РЕІННЕРВАЦІЇ ДИСТАЛЬНИХ М'ЯЗІВ ЗАДНЬОЇ КІНЦІВКИ ЩУРА ПІСЛЯ ПЕРЕДАВЛЮВАННЯ СІДНИЧНОГО НЕРВА

Дніпропетровська державна медична академія (м. Дніпропетровськ)

Робота виконується згідно з плановою науковою роботою кафедри фізіології ДДМА «Вивчення механізмів компенсаторно-адаптивних реакцій нервової системи при дії екстремальних факторів» (№ держреєстрації 0100U00307).

Вступ. Відомо, що пошкодження периферійних нервів займає значне місце серед травм різних видів [2,4,8,11]. Проблема функціонального відновлення після таких пошкоджень виключно актуальна, тому зараз активно проходить пошук механізмів стимуляції регенерації та спостереження її особливостей при різних видах травм та методах лікування [1,3,10,13]. Оскільки одним із основних об'єктів наукових досліджень є сідничний нерв [6,7,9], тому ми використали комплексний аналіз процесу відновлення моторної функції задньої кінцівки у щурів після передавлення саме сідничного нерва з метою з'ясування особливостей відновлення скоротливої активності різних груп дистальних м'язів (згиначів та розгиначів) цієї кінцівки протягом 12 тижнів після операції.

Мета дослідження – комплексне вивчення особливостей функціональних втрат та динаміки відновлення скоротливої активності функціонально різних м'язів – згиначів та розгиначів задніх кінцівок в процесі регенерації пошкодженого сідничного нерва.

Об'єкт і методи дослідження. Усі дослідження проведені відповідно до існуючих міжнародних вимог і норм гуманного відношення до тварин. Експерименти проведені на білих щурах-самцях ($n = 21$) масою 200-230 г на початку експерименту, в умовах гіпенталового наркозу (в дозі 50 мг/кг, внутрішньоочеревинно). На правій кінцівці тваринам передавлювали голкотримачем сідничний нерв тричі в верхній третині стегна. В першій серії експериментів використовували модифікований нами метод аналізу відеозапису зображень підошовного боку стоп при ходьбі з метою оцінки ступеня функціональної реіннервації м'язів-розгиначів пальців стопи та визначення функціонального сідничного індексу (ФСІ) [12, 18]. Визначення ФСІ – метод для оцінки не тільки ступеня пошкодження, але також і ступеня відновлення сідничного нерва у щурів, [12, 14, 17, 19], котрий дозволяє, на нашу думку оцінювати ступінь відновлення функцій переважно м'язів-розгиначів пальців стопи, оскільки ще Гутман [15] спостерігав, що пошкодження сідничного нерва у щурів обумовлюється нездатністю роз-

топирювати пальці стопи задньої кінцівки. Так, показник ФСІ, що дорівнював (-100) означав повну (100%) функціональну втрату саме м'язів-розгиначів пальців стопи [16]. В другій та третій серіях експерименту тензометрично вимірювали силу скорочень м'язів-розгиначів стопи і згиначів пальців стопи під час реалізації тваринами норкового інстинкту. Більш детально методику експерименту наведено нами раніше [5]. Отриманий цифровий матеріал обробляли в програмі «Statplus» з розрахунком середніх арифметичних та помилок середніх з урахуванням перевірки на нормальність ряду.

Результати досліджень та їх обговорення. Аналізуючи показники ФСІ (рис. 1), в середньому, значення ФСІ контрольної групи до операції складало -6.12 ± 0.96 .

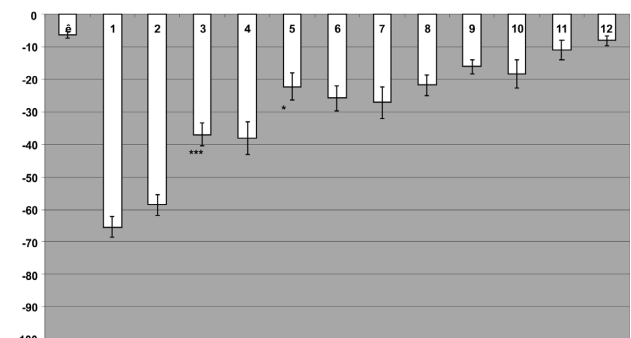


Рис. 1. Динаміка функціональної активності м'язів-розгиначів пальців згідно із функціональним сідничним індексом протягом 12 тижнів процесу відновлення функції м'язів після ушкодження правого сідничного нерва. По горизонталі – час після пошкодження, тижні; по вертикалі – абсолютне значення ФСІ. К – контроль (значення до операції); зірочкою позначені величини, що статистично достовірно відрізняються в групі порівняно з попереднім тижнем відновлення: * - $p < 0.05$, *** - $p < 0.001$.

Наприкінці першого тижня операції з передавлювання сідничного нерва, тварини практично не користувались пошкодженою кінцівкою, їх моторна активність була знижена. Міжпальцева та проміжна відстань були різко зменшені, тоді як довжина відбитків стопи – навпаки, збільшилась. Значення ФСІ в кінці першого тижня після операції складало -65.35 ± 3.25 , тобто функціональна втрата сягала 59%. Динаміка змін ФСІ показала, що починаючи з 3-го тижня після травми

нерва відбувалося значне прискорення процесу відновлення втраченої функції з боку розгиначів пальців стопи порівняно з цим же показником на 2-му тижні. Так, значення ФСІ з -58.63 ± 3.19 на другому тижні змінилось до -36.87 ± 3.40 на третьому. Таким чином, функціональна втрата для цих м'язів зменшилася з 53 до 31 % ($P < 0.001$) порівняно з другим тижнем. В подальшому подібне різке зниження функціональної втрати спостерігалось на 5-му тижні після операції ($P < 0.05$) порівняно з відповідною втратою на четвертому тижні. Відновлення значення ФСІ до практично висхідного рівня відбувалося на 12-му тижні (рис. 1).

Зменшення сили скорочень м'язів-розгиначів стопи (рис.2) наприкінці першого тижня після операції спостерігалось не лише на оперованій кінцівці, але і на контралатеральній інтактній. При цьому середні значення сили склали відповідно: 0.513 ± 0.02 та 1.47 ± 0.05 Н, що свідчило про функціональну втрату, що дорівнювала 78 та 38 % відповідно ($P < 0.001$). Динаміка відновлення сили скорочень м'язів-розгиначів правої кінцівки (рис.2) відрізнялась тим, що на третьому тижні відновлення сила значно збільшувалася (від 0.65 ± 0.03 Н на другому тижні до 1.17 ± 0.05 Н на третьому). При цьому функціональна втрата сили зменшилась з 73 до 51 % ($P < 0.001$).

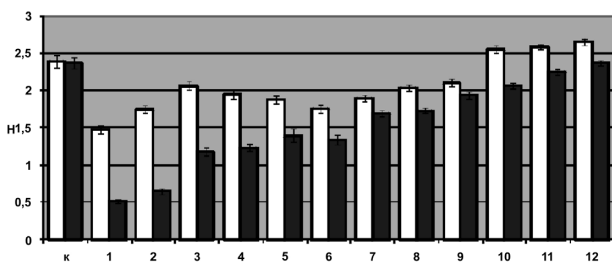


Рис. 2. Динаміка змін сили скорочення м'язів-розгиначів лівої (білі стовбчики) та правої (чорні стовбчики) стопи протягом 12 тижнів процесу відновлення функцій м'язів після ушкодження правого сідничного нерва. По горизонталі – час після пошкодження, тижні; по вертикалі – сила скорочення (Н). К – контроль (значення до операції); зірочками позначені величини, що статистично достовірно відрізняються в групі порівняно з контролем та попереднім тижнем відновлення: *** - $p < 0.001$.

«Стрибок» швидкості збільшення сили м'язів-розгиначів правої стопи спостерігався також і на 7-му тижні, коли відновлення цих м'язів досягло 70 %. Починаючи з 9-го тижня, коли відновлення м'язів досягло 80 %, тварини вже вільно використовували пошкоджену кінцівку. Практично повне відновлення сили скорочень м'язів-розгиначів правої кінцівки відбувалося на 12 тижні, а лівої (інтактної) – на десятому тижні після пошкодження правого сідничного нерва (рис. 2).

Функціональна втрата сили скорочення м'язів-згиначів пальців стопи (рис. 3) наприкінці 1-го тижня після операції складала 64 %, тоді як

на контралатеральній кінцівці вона складала лише 17 %. При цьому середні значення сили склали відповідно: 0.51 ± 0.03 та 1.18 ± 0.02 Н. Сила скорочення правої кінцівки плавно збільшувалася з 0.82 ± 0.03 Н на другому тижні до 0.99 ± 0.02 Н на третьому ($P < 0.001$). С четвертого по шостий тижні середні значення сили залишались порівняно постійним (без видимої динаміки відновлення).

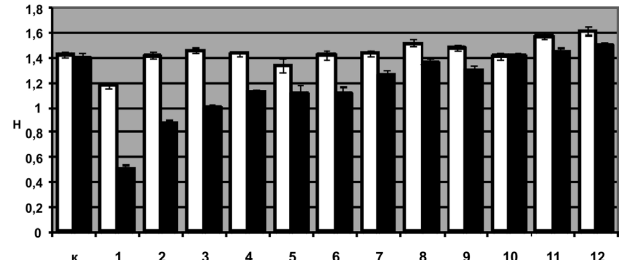


Рис. 3. Динаміка змін сили скорочення м'язів-згиначів пальців лівої (білі стовбчики) та правої (чорні стовбчики) стопи протягом 12 тижнів процесу відновлення функцій м'язів після ушкодження правого сідничного нерва. Далі - ті ж позначення, що і на рис. 2.

Лише з сьомого тижня відбувалося вірогідне ($P < 0.05$) підвищення сили. Повне відновлення сили скорочення м'язів-згиначів пальців правої кінцівки відбулося на 10-му тижні, а лівої кінцівки – на 2-му тижні після операції.

Отримані нами результати досліджень свідчать про те, що при такій операції, як передавлювання нерва (коли зберігаються оболонки нервових волокон, а периферійні відростки в незначній мірі зміщуються по відношенню до центральних), реіннервація м'язів - згиначів та розгиначів відбувається достатньо адекватно – проростаючими відрізками аксонів «власних» гомонимних мотонейронів, без просторового «перемішування» волокон.

Не виключено, що відновлення координованих рухів задньої кінцівки після пошкодження такого крупного нервового стовбура, як сідничний нерв, відбувається завдяки синаптичним перебудовам на всіх основних рівнях системи керування рухами.

Висновки.

1. Найбільша функціональна втрата при передавлюванні сідничного нерва була характерна для м'язів - розгиначів стопи (78%), в той час як м'язи пальців стопи (флексори та екстензори) постраждали менше (відповідно – 64% та 59%).

2. Найшвидше відновилися флексори пальців (10-й тиждень), тоді як екстензори-потребували ще додатково 2 тижні до повного відновлення, котре відбулося на 12-му тижні.

3. В перші тижні після операції зниження сили м'язів відбувалося не тільки на оперованій кінцівці, але і на контралатеральній (інтактній). При цьому функціональна втрата «інтактної» лівої стопи для м'язів-розгиначів стопи була більшою (38%), ніж для м'язів-згиначів пальців

(17%), а повне відновлення відбулося відповідно на 10-му та 2-му тижнях після операції.

4. Після операції третій тиждень є «критичним» часовим інтервалом, коли спостерігається значне відновлення сили скорочення усіх груп м'язів, а також покращення рухливості та активності тварин.

Перспективи подальших досліджень. Планається дослідження відмінностей відновлення функціонально різних м'язів та можливість прискорення їх функціонального відновлення під впливом різних фармпрепаратів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Архипова Е. Г. Репаративная регенерация периферических нервов крыс после механической альтерации и фармакологической модификации, Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Нижний Новгород, 2007. — 20с.
- Балязин В. А. Пути снижения инвалидности при травмах нервов конечностей / Сб. Межобластная научно-практическая конференция нейрохирургов Северного Кавказа / [В. А. Балязин, С. Н. Евтушик, В. И. Статов] // Труды. — Владикавказ. — 1990. — С.54-56.
- Кардаш А. М. Комплексна хірургічна реабілітація пошкоджень периферійних нервів / А. М. Кардаш, В. Ф. Дроботько // Бюл. УАН. — 1998, № 6. — С. 16-17.
- Пушкар Ю. В. Вогнепальні ушкодження периферійних нервів мирного часу: особливості клінічного перебігу, діагностики та методів лікування/ Ю. В. Пушкар // Бюл. УАН. — 1998. — № 6. — С. 23-24.
- Сердюченко И. Я. Устройство для измерения силы сокращения мышц / И. Я. Сердюченко, Е. А. Макий // Патент России № 051105/14 от 29.09.92.
- Царев А. А. Макро-микроскопическая характеристика скелетной мускулатуры задней конечности крыс в норме и при травме ее нервов / А. А. Царев, А. В. Кривошапов // Морфология. — 2008. — Т. 2, № 2. — С. 66-70.
- Цымбалюк В. И. Травматическая компрессия седалищного нерва: некоторые аспекты клиники, диагностики и хирургического лечения / [В. И. Цымбалюк, Г. Н. Фомин, Н. А. Сапон, Б. Н. Лузан] // Бюл. УАН. — 1999, № 1. — С. 17-20.
- Чеботарьова Л. Л. Клініко-нейрофізіологічна оцінка відновлення функції плечового сплетіння та периферійних нервів при травматичних і компресійно-ішемічних ураженнях / Чеботарьова Л. Л. // Бюл. УАН. — 1998. — № 6. — С. 17-18.
- Челышев Ю. А. Стимуляция регенерации периферического нерва лекарственными средствами / [Ю. А. Челышев, Р. Х. Хафизьянова, И. С. Рагинов, А. Ю. Вафин] // Эксперим. и клин. фармакология. — 2000. — Т. 63, № 4. — С. 17-19.
- Челышев А. Ю. Факторы поддержания регенерации периферических нервов / А. Ю. Челышев // Успехи физиол. наук. — 1995. — Т. 26, № 3. — С. 57-77.
- Черкесзаде Д. И. Оперативное лечение поврежденных седалищного нерва при переломах костей таза и проксимального отдела бедренной кости / [Д. И. Черкесзаде, В. А. Козырев, О. М. Филатов] // Ортопедия, травматология и протезирование. — 1987. — № 6. — С. 15-19.
- Bain J. R. Functional evaluation of complete sciatic peroneal, and posterior tibial nerve lesions in the rat / [J. R. Bain, S. E. Mackinnon, D.A. Hunter] // Plast. Reconstruct. Surg. — 1989. — V. 83. — P. 129-138.
- Brecknell J. E. Axonal regeneration / J. E. Brecknell, J. W. Fawcett // Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society. — 1996. — V. 71, №2. — P. 227-255.
- Dijkstra J.R. Methods to evaluate functional nerve recovery in adult rats: walking track analysis, video analysis and the withdrawal reflex / [J.R. Dijkstra, M.F. Meek, P.H. Robinson] // J. Neurosci Methods. — 2000. — V. 98, №2. — P. 175-180.
- Gutmann E. Factors affecting recovery of sensory function after nerve lesion / E. Gutmann, L. Gutmann // J. Neurol. Psychiat. — 1942, V. 5. — P. 117-129.
- Medinaceli De. An index of the functional condition of rat sciatic nerve based on measurements made from walking tracks / [De Medinaceli, L. Freed, R. J. Wyatt] // Exp. Neurol. — 1982, V. 77. — P. 634-643.
- Varejao A.S. Functional evaluation of peripheral nerve regeneration in the rat: walking track analysis / [A.S. Varejao, M.F. Meek, J. A. Ferreira Antonio, A. B. Patricio Joao] // Journal of neuroscience methods. — 2001. — V. 108, №1. — P. 1-9.
- Varejao A.S. Methods for the experimental functional assessment of rat sciatic nerve regeneration / [A.S.Varejao, P. Melo-Pinto, M.F. Meek] // Neurol Res. — 2004. — V. 26, №2. — P. 186-194.
- Walker J. L. Improved footprint analysis using video recording to assess functional recovery following injury to the rat sciatic nerve / [J. L. Walker, P. C. Resig, S. Guarnieri et al.] // Restorat. Neurol. Neurosci. — 1994. — № 6. — P. 189-193.

УДК 616.718:616.833.5-007.271-08-092.9

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РЕИННЕРВАЦИИ ДИСТАЛЬНЫХ МЫШЦ ЗАДНЕЙ КОНЕЧНОСТИ КРЫС ПОСЛЕ ПЕРЕДАВЛИВАНИЯ СЕДАЛИЩНОГО НЕРВА

Родинский А.Г., Сердюченко И.Я., Демченко Т. В.

Резюме. В хронических экспериментах (в течение 12 недель) проводился комплексный анализ динамики восстановления функциональной реиннервации дистальных мышц задних конечностей после передавливания седалищного нерва. Использовали модифицированный нами метод анализа, полученных с помощью видеозаписи изображений подошвенной стороны стоп при ходьбе (для оценки степени функциональной реиннервации мышц-разгибателей пальцев стопы) и тензометрический метод измерения силы сокращений мышц-разгибателей лодыжки и сгибателей пальцев стопы во время реализации животными норкового инстинкта. Обнаружено, что наибольшая функциональная потеря была характерна для мышц — разгибателей стопы (78%), сила которых восстановилась к 12 неделе после операции. Быстрее всего восстановились флексоры пальцев — к 10-й неделе.

Ключевые слова: мышечная сила, травма седалищного нерва, видеоанализ, разгибатели, сгибатели, функциональный седалищный индекс (ФСИ).

УДК 616.718:616.833.5-007.271-08-092.9

КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ВІДНОВЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ РЕІНЕРВАЦІЇ ДИСТАЛЬНИХ М'ЯЗІВ ЗАДНІХ КІНЦІВОК У ЩУРІВ ПІСЛЯ ПЕРЕДАВЛЮВАННЯ СІДНИЧНОГО НЕРВА

Родинський О.Г., Сердюченко І.Я., Демченко Т.В.

Резюме. В хронічних експериментах (протягом 12 тижнів) проводився комплексний аналіз динаміки відновлення функціональної реінервації дистальних м'язів задніх кінцівок після передавлювання сідничного нерва. Використовували модифікований нами метод аналізу отриманих за допомогою відеозапису зображення підошовного боку стопи при ходьбі (з метою оцінки ступеню функціональної реінервації м'язів-розгиначів пальців стопи) та тензометричний метод вимірювання сили скорочень м'язів-розгиначів стопи та м'язів-згиначів пальців стопи під час реалізації тваринами норкового інстинкту. Найбільша функціональна втрата спостерігалася для м'язів-розгиначів стопи (78%), сила котрих відновилася на 12-му тижні після операції. Швидше всього відновилися флексори пальців – на 10-му тижні.

Ключові слова: м'язова сила, травма сідничного нерва, відеоаналіз, розгиначі, згиначі, функціональний сідничний індекс (ФСІ).

UDC 616.718:616.833.5-007.271-08-092.9

The COMPLEX ANALYSIS of RESTORATION of FUNCTIONAL REINNERVATION of DISTAL MUSCLES of RAT'S HIND LIMBS after SCIATIC NERVE INJURY

Rodinsky A.G., Serduchenko I.J., Demchenko T.V.

Summary. In chronic experiments (within 12 weeks) the complex analysis of dynamics of restoration of functional reinnervation after the sciatic nerve injury was carried out. We used quantitative method of analyzing hind limbs performance by examining footprints (for the estimation of functional reinnervation degree of extensor muscles of foot fingers) and tensometric method of muscle force measuring of extensor and flexor muscles while realization of mink instinct. It was revealed, that the greatest functional loss was for extensor muscles - (78 %) which force was restored by 12 week after operation. The flexors of fingers - by 10th week were fast restored.

Key words: muscular force, sciatic nerve injury, video analysis, extensors, flexors, sciatic function index (SFI).

Стаття надійшла 7.02.2011 р.