



В. И. ЦЫМБАЛЮК, И. Б. ТРЕТЯК, Ю. В. ЦЫМБАЛЮК

ГУ «Институт нейрохирургии им. акад. А. П. Ромоданова НАМН Украины»,
Киев

Восстановительное хирургическое лечение повреждений периферических нервов с использованием прямой длительной электростимуляции

Цель — улучшить результаты хирургического лечения больных с последствиями повреждений периферических нервов с использованием методики прямой длительной электростимуляции.

Материалы и методы. Представлены результаты хирургического лечения с использованием длительной электростимуляции 312 больных с последствиями травматического повреждения периферических нервов. Для обследования больных использовали магнитно-резонансную и компьютерную томографию, ультразвуковое исследование и электронейромиографию.

Результаты. В отдаленный период зафиксировано 92,2% положительных результатов (увеличение силы и объема движений, восстановление чувствительности, регресс вегетативно-трофических нарушений и болевого синдрома).

Выводы. Длительная электростимуляция — это безопасный и эффективный метод, который следует применять при комплексном восстановительном лечении больных с последствиями повреждения периферических нервов. Данный метод позволяет поддерживать в функциональном состоянии мышцы до момента регенерации нервных стволов, способствует восстановлению силы и объема движений, чувствительности, регрессу вегетативно-трофических нарушений и болевого синдрома.

Ключевые слова: невралгия, хирургическое лечение, хроническая электростимуляция.

Основные причины повреждения нервов — транспортный, бытовой и производственный травматизм, огнестрельные ранения. Встречаются также ятрогенные повреждения нервов вследствие наложения жгута и оперативных вмешательств на конечностях [11, 19]. При повреждении периферических нервов возникают нарушения движений, чувствительности и дегенеративно-дистрофические изменения ниже уровня травмы. В структуре травм опорно-двигательного аппарата доля повреждений периферических нервов составляет 4—6%, большинство из них (от 60 до 90%) приходится на верхнюю конечность. Плечевое сплетение повреждается в 3—10% случаях травм

верхней конечности. Частота повреждения лучевого нерва составляет до 13% от общего количества травм периферических нервов и часто является осложнением при переломах плечевой кости (до 15% случаев) [4, 14, 16, 17]. Среди последствий травм нервов верхней конечности на долю одновременного повреждения локтевого и срединного нервов приходится 23%, а на долю сочетания с лучевым нервом — 13% [2]. Седалищный нерв повреждается с частотой 1—10% от общего количества повреждений периферических нервов.

Травматическое повреждение периферических нервов приводит к глубокой инвалидности — в 20—40% случаев (при повреждении локтевого или срединного нерва), а при повреждении сплетений или одновременном повреждении несколь-

© В. И. Цимбалюк, И. Б. Третьак, Ю. В. Цимбалюк, 2013

ких нервов — в 76 % случаев [2, 12], несмотря на успехи в области микрохирургических реконструктивных вмешательств. Поэтому поиск путей повышения эффективности восстановительного лечения таких больных остается актуальным.

Одним из известных методов стимуляции регенерации нервов является электростимуляция. Ее эффективность подтверждена во многих клинических и экспериментальных исследованиях [5, 6]. В эксперименте получены данные об ускорении роста и миелинизации аксонов под воздействием электростимуляции [7, 15, 18]. По результатам исследований Е. Н. Ильиной (2004), использование переменного электрического тока по методике внутритканевой электростимуляции существенно влияет на качество восстановления функций нервов, уменьшая частоту выхода на инвалидность в 5,6 раза [3]. В течение длительного периода хроническую электростимуляцию применяют при болевых синдромах, повреждении подкорковых структур головного мозга и последствиях травм спинного мозга [12, 13]. В клинике восстановительной нейрохирургии Института нейрохирургии им. А. П. Ромоданова НАМН Украины разработана методика прямой длительной электростимуляции при последствиях повреждения периферических нервов.

Цель работы — улучшить результаты хирургического лечения больных с последствиями повреждений периферических нервов с использованием методики прямой длительной электростимуляции.

Материалы и методы

В клинике восстановительной нейрохирургии Института нейрохирургии им. А. П. Ромоданова НАМН Украины было прооперировано 312 больных (224 (72%) мужчины и 88 (28%) женщин) с последствиями повреждений периферических нервов. Распределение больных в зависимости от возраста согласно классификации ВООЗ было следующим: до 21 года — 85 (27,2%), 21—44 — 174 (55,8%), 45—59 — 45 (14,4%), 60—74 — 8 (2,6%). В зависимости от длительности анамнеза пациенты были распределены на четыре группы: до 6 мес — 47%, от 6 до 12 мес — 16,3%, от 12 до 24 мес — 13,4%, более 24 мес — 23,3%. У 195 больных были последствия повреждения плечевого сплетения, у 22 из них — последствия родового повреждения плечевого сплетения, у 56 — седалищного нерва, у 15 — локтевого нерва, у 14 — лучевого нерва, у 10 — срединного и локтевого нервов, у 12 — лицевого нерва, у 7 из них — последствия родового повреждения лицевого нерва, у 7 больных — синдром грудного выхода. Все больные неоднократно проходили курсы восстановительного лечения с незначительным улучшением или без положительного эффекта, поэтому им было показано хирургическое лечение. Степень повреждения нервных стволов соответствовала по классификации Н. Seddon аксонотмезису у

264 (84,6%) больных и сочетанию аксонотмезиса и нейротмезиса — у 48 (15,4%) больных.

При наличии болевого синдрома использовали 10-балльную визуальную аналоговую шкалу (ВАШ): 0 баллов — боли нет, 1—3 балла — минимальная боль, 4—6 баллов — боль средней интенсивности, 7—10 баллов — интенсивная, нестерпимая боль.

Неврологический дефицит оценивали по стандартным шкалам M_0 — M_5 (мышечной силы) и S_0 — S_5 (сенсорной чувствительности) [1].

Схема оценки мышечной силы:

M_0 — отсутствие мышечных сокращений (полный паралич);

M_1 — слабые и редкие мышечные сокращения без признаков движения в суставах;

M_2 — движения при исключении веса конечности;

M_3 — движения с преодолением веса конечности;

M_4 — движения с преодолением сопротивления;

M_5 — нормальная сила, полное клиническое восстановление;

Схема оценки чувствительности:

S_0 — анестезия в зоне автономной иннервации;

S_1 — неопределенные болевые ощущения;

S_2 — гиперпатия;

S_3 — гипестезия с уменьшением гиперпатии;

S_4 — умеренная гипестезия без гиперпатии;

S_5 — нормальная болевая чувствительность.

Болевой синдром разной интенсивности (от 4—6 до 7—9 баллов по ВАШ) имел место у 49 пациентов: у 27 — с последствиями травмы плечевого сплетения, у 10 — седалищного нерва, у 7 — срединного и локтевого нервов, у 5 — с синдромом грудного выхода.

Из дополнительных методов исследования использовали магнитно-резонансную и компьютерную томографию, ультразвуковое исследование и электронейромиографию. Стимуляционная электронейромиография позволяла оценить функциональное состояние нервно-мышечного аппарата. При помощи игольчатой миографии оценивали спонтанную активность мышц, уточняли стадию реиннервационно-денервационного процесса. Во время интраоперационной ревизии плечевого сплетения проводили электродиагностику, которая позволяла уточнить степень повреждения нервных структур. С этой целью использовали биполярный стимулирующий электрод, мышечный ответ регистрировали игольчатыми коаксиальными электродами на компьютерном электронейромиографе «Нейро МВП» («Нейрософт», Россия) и «М-тест нейро» («ДХ-системы», Украина).

Выполняли внешний и внутренний невролиз и реконструктивно-пластические вмешательства на нервных стволах: нейрорафию — 9 больным, при наличии диастаза использовали аутооттрансплантат у 10 больных (выделяли *n. suralis*). При пре- и постганглионарном повреждении плечевого сплетения у 29 больных возникла необходимость в реиннер-

вації поврежених нервних стволів, которую осуществляли нервами-невротизаторами (добавочный, диафрагмальный, двигательные ветви шейного сплетения, межреберные нервы). Поскольку количество нервов-доноров ограничено, при повреждении верхних пучков реиннервацию преимущественно проводили мышечно-кожным (*n. musculocutaneus*), подмышечным (*n. axillaris*) и надлопаточным (*n. suprascapularis*) нервами для восстановления сгибания руки в локтевом суставе, отведения и внешней ротации плеча. При повреждении нижних пучков старались восстановить функцию мышц предплечья. При частичном восстановлении для улучшения функции конечности проводили транспозицию мышц.

После освобождения нервных стволов от компрессии и восстановления их анатомической целостности при помощи микрохирургической техники к эпиневию фиксировали платиновые электроды (электростимуляционная система «НейСи-ЗМ») атравматическими иглами нитками 6,0—7,0, а приемную антенну имплантировали подкожно. Электростимуляционная система «НейСи-ЗМ» разработана сотрудниками клиники восстановительной нейрохирургии Института нейрохирургии им. А. П. Ромоданова НАМН Украины и специалистами внедренческой экспериментальной лаборатории (Киев). Система состоит из двух частей: внешней — стимулятора и передающей антенны и внутренней (имплантируемой) — приемной антенны и платиновых электродов, которые фиксируют к эпиневию. Индивидуальная система позволяет больному проводить сеансы электростимуляции самостоятельно в домашних условиях в течение длительного времени. У пациента нет необходимости посещать отделение физиотерапии, что значительно повышает эффективность метода. Приемная антенна системы полностью имплантируется подкожно, а внешняя антенна передает импульсы на внутреннюю антенну через кожу по радиоканалу. В ранний послеоперационный период (на 2-е—3-и сутки) после операции проводили тестовые стимуляции, подбирали индивидуальные параметры стимуляции.

Прибор генерирует импульсы переменной частоты по циклу: половина периода T — генерация импульсов, половина периода T — отсутствие импульса в диапазоне от 0,5 до 15 с. Минимальная частота — 2 Гц, максимальная частота — 120 Гц, фиксированная частота — 20 и 80 Гц. Амплитуда импульсов во всех режимах сопротивления нагрузке 10 кОм — от 8 до 20 В. Использовали модулированные импульсы, начиная с минимальной амплитуды. Процедура электростимуляции — безболезненная и легко переносится больными.

Эффективность сеансов электростимуляции контролировали в клинике восстановительной нейрохирургии Института нейрохирургии им. А. П. Ромоданова НАМН Украины при помощи компьютерного электронейромиографа «М-тест нейро». В режи-

ме интерференционной миографии получали отображение стимулирующих импульсов на мониторе компьютера. Регистрацию мышечного ответа осуществляли поверхностными электродами Skintact Rt-34.

Пациенты приходили на контрольные консультации и электронейромиографические исследования в клинику восстановительной нейрохирургии через 3, 6, 12 мес и более. Оценивали ранние (в первые 2 нед до снятия швов) и отдаленные (через 6 мес и больше) результаты с использованием шкал мышечной силы и сенсорной чувствительности.

Результаты и обсуждение

В ранний послеоперационный период у 48% больных отметили улучшение силы и объема движений и сенсорной чувствительности до 1 балла, регресс или исчезновение болевого синдрома. В отдаленный период зафиксировано 92,2% положительных результатов (увеличение силы и объема движений, восстановление чувствительности, регресс вегетативно-трофических нарушений и болевого синдрома).

При травме плечевого сплетения наблюдали более быстрое и с лучшими функциональными результатами восстановление проксимальной группы мышц (*m. axillaris*, *m. biceps*) — в 67% случаев, хуже и более длительное время восстанавливалась функция сгибателей и разгибателей кисти и пальцев — у 32%, минимальные шансы на восстановление были у мышц кисти — до 22% наблюдений. Такие результаты объясняются разной структурой нервов: лучевой и локтевой нервы состоят из 16,0—19,0 тыс. миелинизированных волокон, а мышечно-кожный и добавочный нервы — из 6,0—6,5 тыс. Еще меньше миелинизированных волокон в составе ветвей шейного сплетения и межреберных нервов — до 4—5 тыс. Соответственно и корковые центры, ответственные за выполнение сложных движений кисти и функцию шейных ветвей и межреберных нервов, существенно отличаются по своему представительству, что ограничивает регенеративные возможности [10, 11].

Результаты хирургического лечения больных с использованием методики длительной электростимуляции свидетельствовали о тенденции к более высокой степени восстановления и, что особенно важно, к более полному восстановлению всех мышечных групп поврежденной конечности. Существенным аргументом в пользу методики длительной электростимуляции при повреждении нервов является ее положительное влияние в случае длительного анамнеза заболевания (более 2—3 лет с момента травматического повреждения нервов). В наших наблюдениях было 22 больных с разной длительностью последствий родового повреждения плечевого сплетения. Методику хронической электростимуляции предлагали пациентам, у которых несмотря на применение качественного традиционного

реабілітаційного лікування в течение 3—8 лет не наблюдали улучшения неврологического статуса. У 19 (86%) больных через 6—12 мес хронической электростимуляции достигнуто существенного улучшения функции поврежденной конечности.

У 40% больных с последствиями повреждения периферических нервов, сопровождающимися болевым синдромом, последний регрессировал полностью, у 42,8% — отмечено снижение интенсивности болевого синдрома до 5—3—2 баллов по ВАШ, что существенно улучшало качество жизни больных, позволяло восстановить трудоспособность и значительно уменьшало использование обезболивающих препаратов.

Отличные результаты (полное восстановление объема и силы движений и чувствительности без неврологического дефицита (M_5, S_4)) получены у 5,4% больных; хорошие (хорошее восстановление с небольшим неврологическим дефицитом до M_4, S_3) — у 21,4% больных; удовлетворительные (удовлетворительное функциональное восстановление до $M_3,$

S_2-S_3) — у 46,4% больных; улучшение, но недостаточно функциональное (до M_1-M_2 и S_1-S_2) — у 19,0% больных, отсутствие существенного положительного эффекта — у 7,8% больных.

Выводы

Результаты хирургического лечения больных с повреждением периферических нервов с применением методики длительной электростимуляции свидетельствовали о более полном восстановлении всех мышечных групп и более высокой степени восстановления функции конечности.

Длительная электростимуляция — безопасный и эффективный метод комплексного восстановительного лечения больных с последствиями повреждений периферических нервов. Данный метод позволяет поддерживать в функциональном состоянии мышцы до момента регенерации нервных стволов, способствует восстановлению силы и объема движений, чувствительности, регрессу вегетативно-трофических нарушений и болевого синдрома.

Література

1. Григорович К. А. Хирургическое лечение повреждений нервов. — Л.: Медицина, 1981. — 302 с.
2. Давлятов А. А. Хирургическое лечение последствий одновременного повреждения срединного и локтевого нервов: Автореф. дис. ...канд. мед. наук. — Душанбе, 2007. — 26 с.
3. Ильина Е. Н. Лечение травматических повреждений плечевого сплетения методом внутритканевой электростимуляции: Автореф. дис. ...канд. мед. наук. — Курган, 2004. — 30 с.
4. Науменко Л. Ю., Хомяков В. Н., Доманский А. Н. Наш опыт реабилитации больных и инвалидов с отдаленными последствиями повреждений нервов верхней конечности // Травматология и ортопедия России. — 2008. — № 2. — С. 51—52.
5. Самосюк И. З., Чухраев Н. В., Самосюк Н. И., Чухраева Е. Н. Электротерапия и электропунктура в медицинской реабилитации, физиотерапии и курортологии. — К., 2012. — 291 с.
6. Шуляка Г. К. Основы электростимуляции (вводный курс): монография. — К.: Варта, 2006. — 212 с.
7. 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. — Vol. 110, N 2. — P. 168—179.
8. Bonnel F. Structure fasciculaire des nerfs peripheriques // Neurochirurgie. — 1982. — Vol. 28, N 2. — P. 71—76.
9. Bonnel F., Rabischong P. Anatomie et systematization du plexus brachial de l'adulte // Anat. Clin. — 1980. — Vol. 2, N 3. — P. 280—298.
10. Bruyns C. N., Jaquet J. B., Schreuders T. A. et al. Predictors for return to work in patients with median and ulnar nerve injuries // J. Hand Surgery. — 2003. — Vol. 28, N 1. — P. 28—34.
11. Clement H., Pichler W., Tesch N. P. et al. Anatomical basis of the risk of radial nerve injury related to the technique of external fixation applied to the distal humerus // Surg. Radiol. Anat. — 2010. — Vol. 32, N 3. — P. 221—224.
12. Hegarty D. Spinal cord stimulation: The clinical application of new technology // Anesthesiol. Res. Pract. — 2012. — Vol. 37. — P. 56—91.
13. Krames E. S., Peckham P. H., Rezaei A. R., Aboelsaad F. What is neuromodulation? // Neuromodulation / Ed. by E. S. Krames et al. — London: Elsevier, 2009. — P. 3—8.
14. Lim R., Tay S. C., Yam A. Radial nerve injury during double plating of a displaced intercondylar fracture // J. Hand. Surg. Am. — 2012. — Vol. 37, N 4. — P. 669—672.
15. McCaig C. D., Sagster L., Stewart R. Neurotrophins enhance electric field-directed growth cone guidance and directed nerve branching // Dev. Dyn. — 2000. — Vol. 217, N 3. — P. 299—308.
16. Venouziou A. I., Dailiana Z. H., Varitimidis S. E. et al. Radial nerve palsy associated with humeral shaft fracture. Is the energy of trauma a prognostic factor? // Injury. — 2011. — Vol. 42, N 11. — P. 1289—1293.
17. Vural M., Arslanta A. Delayed radial nerve palsy due to entrapment of the nerve in the callus of a distal third humerus fracture // Turkish Neurosurg. — 2008. — Vol. 18, N 2. — P. 194—196.
18. Wan L. D., Xia R., Ding W. L. Electrical stimulation enhanced remyelination of injured sciatic nerves by increasing neurotrophins // Neuroscience. — 2010. — Vol. 169, N 3. — P. 1029—1038.
19. Yildirim A. O., Oken O. F., Unal V. S. et al. Avoiding iatrogenic radial nerve injury during humeral fracture surgery: a modified approach to the distal humerus // Acta Orthop. Traumatol. Turc. — 2012. — Vol. 46, N 1. — P. 8—12.

В. І. ЦИМБАЛЮК, І. Б. ТРЕТЯК, Ю. В. ЦИМБАЛЮК

ДУ «Інститут нейрохірургії ім. акад. А. П. Ромоданова НАМН України», Київ

Відновне хірургічне лікування ушкоджень периферичних нервів з використанням прямої тривалої електростимуляції

Мета — поліпшити результати хірургічного лікування хворих з наслідками ушкоджень периферичних нервів з використанням методики прямої електростимуляції.

Матеріали і методи. Представлено результати хірургічного лікування з використанням тривалої електростимуляції 312 хворих з наслідками травматичного ушкодження периферичних нервів. Для обстеження хворих використовували магнітно-резонансну і комп'ютерну томографію, ультразвукове дослідження та електро-нейроміографію.

Результати. У віддалений період зафіксовано 92,2% позитивних результатів (збільшення сили та обсягу рухів, відновлення чутливості, регрес вегетативно-трофічних порушень та больового синдрому).

Висновки. Тривала електростимуляція — це безпечний та ефективний метод, який слід застосовувати у комплексному відновному лікуванні хворих з наслідками ушкодження периферичних нервів. Цей метод дає змогу підтримати у функціональному стані м'язи до моменту регенерації нервових стовбурів, сприяє відновленню сили та обсягу рухів, чутливості, регресу вегетативно-трофічних порушень та больового синдрому.

Ключові слова: невропатія, хірургічне лікування, тривала електростимуляція.

V. I. TSYMBALIUK, I. B. TRETAYAK, Yu. V. TSYMBALIUK

SI «Institute of Neurosurgery named after A. P. Romodanov of NAMS of Ukraine», Kyiv

Restorative surgical treatment of peripheral nerve injuries with long-term direct electrical stimulation

Objective — to improve results of surgical treatment in patients with after-effects of peripheral nerve trauma with use of direct long-termed electrical stimulation.

Methods and subjects. 312 patients with consequences of injury of peripheral nerves underwent surgery combined with implantation of system for long-term electrical stimulation. Magnetic resonance tomography, computer tomography, ultrasound diagnostics and electroneuromiography were used as research methods.

Results. 92.2 % of positive outcomes during the follow-up period occurred: range of motion, muscle strength increased, sensitivity restored, vegetative and trophic disorders, severity of pain syndrome decreased.

Conclusions. Long-term electrical stimulation is safe and effective method of treatment of patients with consequences of injury of peripheral nerves. Chronic electrical stimulation provides maintenance of functional status of denervated muscles up to regeneration of nerve trunks, facilitates restoration of motion and sensitivity, regression of vegetative and trophic disorders, decrease of severity of pain syndrome.

Key words: neuropathy, surgery, long-term electrical stimulation.