

Мещерягина И.А., Скрипников А.А.

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ ПРИ ИЗОЛИРОВАННЫХ И СОЧЕТАННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЯХ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ НЕРВОВ ВЕРХНИХ И НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

ФГБУ "Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. акад. Г.А. Илизарова"  
Министерства здравоохранения Российской Федерации, 640014, г. Курган

Для корреспонденции: Мещерягина Иванна Александровна, канд. мед. наук. E-mail: office@ilizarov.ru

♦ В ФГБУ "РНЦ "ВТО" им. акад. Г.А. Илизарова" применяется метод комбинированной имплантации электродов одновременно с остеосинтезом аппаратом Илизарова. С 2001 по 2013 г. в нейрохирургическом отделении пролечено 330 пациентов с травматическими повреждениями периферических нервов, которым проведена пункционная прямая электростимуляция (I группа больных). Проанализированы результаты оперативного лечения 80 больных с сочетанным повреждением нервного ствола и трубчатой кости (II группа больных). Проведены курсы электростимуляции низкоинтенсивным переменным электрическим током по установленным электродам и накожным отведениям. Хорошие результаты лечения получены в 76,96 % случаев у больных I группы. В течение первого года после лечения амплитуда М-ответов (А-МО) характеризовалась выраженной положительной динамикой — до 4-кратного возрастания ( $p < 0,01$ ) показателя. Значения средней амплитуды суммарной ЭМГ увеличились относительно предыдущего срока обследований на 180,1% ( $p < 0,001$ ). Во II группе хорошие результаты лечения получены у 67,5% пациентов. В течение 1 года после завершения курса электростимуляции было отмечено дальнейшее увеличение значений А-МО относительно предыдущего срока обследований на 52,1%, а по критерию средней амплитуды суммарной электромиографии (А-ЭМГ) прирост составил 87%. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что прямая электростимуляция нервных стволов низкоинтенсивным переменным электрическим током при комбинированном воздействии на поврежденные структуры является эффективной.

**Ключевые слова:** повреждение нервных стволов и трубчатой кости; посттравматическая нейропатия; локтевой нерв; лучевой нерв; срединный нерв; седалищный нерв; бедренный нерв; малоберцовый нерв; большеберцовый нерв; электростимуляция.

*Для цитирования:* Российский медицинский журнал; 2015; 21 (3): 14—19.

Mescheriagina I.A., Scripnikov A.A.

### THE APPLICATION OF COMBINED ELECTROSTIMULATION UNDER ISOLATED AND COMORBIDE INJURIES OF PERIPHERAL NERVES OF UPPER AND LOWER EXTREMITIES

The G.A. Ilizarov Russian research center "The restoring traumatology and orthopedics" of Minzdrav of Russia, 640014  
Kurgan, Russia

♦ The technique of combined implantation of electrodes at the same time instant with osteosynthesis by Ilizarov device is applied in The G.A. Ilizarov Russian research center "The restoring traumatology and orthopedics". In 2001—2013, the neurosurgery department treated 330 patients with traumatic injuries of peripheral nerves who underwent puncture direct electrostimulation (group of patients I). The results were analyzed concerning operative treatment of 80 patients with combine injury of nerve stem and tubular bone (group of patients II). The courses of electrostimulation by low intensive alternating current through implanted electrodes and cutaneous leads. The good results of treatment were obtained in 76.96% of cases in patients from group I. During the first year after treatment the amplitude of M-responses (A=MR) characterized by expressed positive dynamics i.e. up to fourfold increasing of indicator ( $p < 0.01$ ). The values of average amplitude of total electromyogram increased relatively to previous date of examinations up to 180.1% ( $p < 0.001$ ). In the group II, good results of treatment were obtained in 67.5% of patients. During one year after termination of course of electrostimulation the further increasing of values A=MR was noted related to previous date of examinations up to 52.1%. According criterion of average amplitude of total electromyogram the increase consisted 87%. The results permit made a conclusion that direct electrostimulation of nerve stems by alternating current under combined impact on injured structures is an effective one.

**Keywords:** injury; nerve stem; tubular bone; post-traumatic neuropathy; ulnar nerve; radial nerve; median nerve; sciatic nerve; femoral nerve; peroneal nerve; tibial nerve.

*Citation:* Rossiiskii meditsinskii zhurnal. 2015; 21 (3): 14—19. (In Russ.)

*For correspondence:* Ivanna Meshcheryagina, MD, PhD. E-mail: office@ilizarov.ru

**П**роблема лечения больных с травматическими невропатиями имеет большую социальную значимость. Частота повреждений периферических нервов в общей структуре травматизма в мирное время колеблется от 1,5 до 10% [1—3].

Среди травм опорно-двигательного аппарата 70% приходится на травмы верхних конечностей, лечение которых нередко осложняется из-за множественного характера повреждений, сочетанного повреждения костей, сосудов и нервов [4, 5].

В 14—25% случаев наблюдается сочетанное повреждение нервного ствола и трубчатой кости [6, 7]. Переломы

плечевой кости в 39,6—46,2% случаев сопровождаются повреждениями лучевого нерва [8—10].

В последние годы наряду с совершенствованием хирургического лечения больных с поражением периферических нервов все шире применяются стимуляционные методы, в том числе прямая электростимуляция нервных стволов [11].

Предложенный метод позволяет существенно ускорить восстановление движений и чувствительности после травм и заболеваний нервов конечностей, устранить приущие невропатиям вегетативно-трофические расстройства, обеспечить условия для адекватной нагрузки

структур нервной системы и денервированных мышц. Эпинеуральная электростимуляция приводит к значительному уменьшению боли [12].

Восстановление функциональных возможностей конечности при сочетанной травме до настоящего времени остается сложной, до конца не решенной проблемой. Одной из важнейших социальных задач является возвращение к трудовой деятельности данной категории больных. В связи с этим можно говорить о необходимости развития и внедрения новых методов лечения повреждений периферических нервов при сочетанной травме [13—16].

В ФГБУ "РНЦ "ВТО" им. акад. Г.А. Илизарова" разработана медицинская технология лечения больных с сочетанными повреждениями нервных стволов и трубчатых костей, отличающаяся тем, что в данном случае применяется малоинвазивный метод имплантации электродов одновременно с остеосинтезом аппаратом Илизарова трубчатых костей (рис. 1), позволяющий добиться стойкого положительного эффекта: консолидации костных структур, устранения болевого синдрома и регресса неврологической симптоматики.

Целью данного исследования является анализ результатов лечения больных с закрытыми повреждениями нервных стволов при сочетанной скелетной травме без полного перерыва нерва — достижения консолидации костных структур с одномоментным устранением болевого синдрома и регрессом неврологических проявлений.

### Материал и методы

Лечение тракционных и травматических повреждений первичных стволов плечевого сплетения и периферических нервов верхних и нижних конечностей путем атравматичного и малоинвазивного закрытого проведения эпидурального и эпинеуральных электродов для последующей электростимуляции и восстановления проводимости нерва выполнено с использованием разработанных в РНЦ "ВТО" способов. Его сущность заключается в том, что после электромиографического контроля, позволяющего определить топографическое

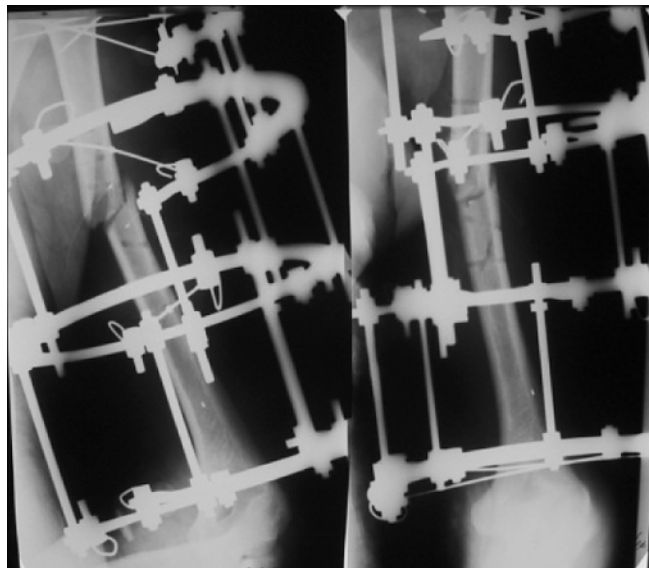


Рис. 1. Рентгенограммы пациента с сочетанным повреждением плечевой кости и лучевого нерва.

расположение нерва (в условиях операционной для поиска нервных стволов и сплетений используется прибор Стимуплекс, МЗ РФ № 2003/89 от 12.02.2003), для исключения травматизации периневрия производится гидропрепаровка и пункционно устанавливается электрод проксимальнее места повреждения, затем дистальное уровня повреждения нерва пункционно вводится эпинеуральный электрод (рис. 2).

Остеосинтез костных отломков проводят аппаратом Илизарова по разработанным методикам РНЦ "ВТО" (Комплект для чрескостного остеосинтеза по Г.А. Илизарову. Регистрационное удостоверение № ФСР 2007/00756 от 28.09.2007. Класс потенциального риска 1. ОКП 94 3810. Нормативный документ КРД № 25321 от 06.08.2007, принятый приказом Росздравнадзора от 28.09.2007 № 2887 — Пр/07).

В послеоперационном периоде проводится комбинированная одновременная электростимуляция по

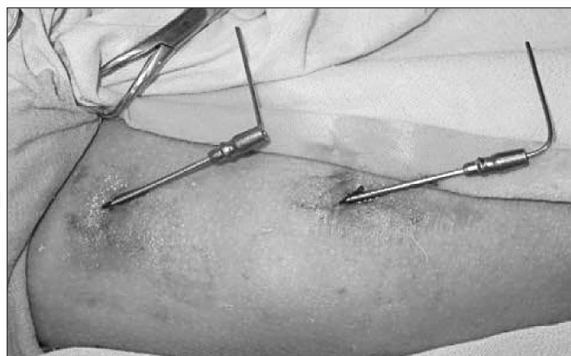


Рис. 2. Этапы проведения эпинеуральных электродов к нервному стволу.



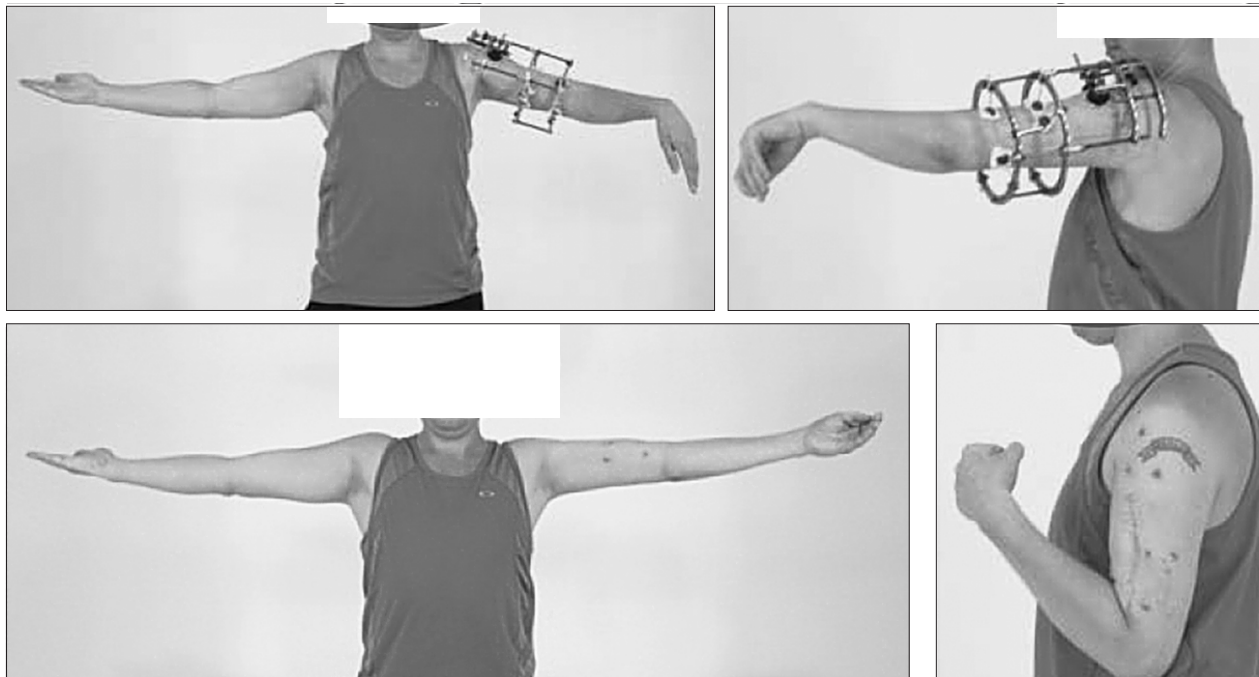


Рис. 3. Пациент в процессе лечения и после снятия аппарата.

электродам и накожным отведениям в зоне автономной иннервации (удостоверение на рационализаторское предложение № 40/2004, № 62/2007). Метод позволяет устанавливать электроды для стимуляции нервных стволов одновременно с выполнением остеосинтеза костных отломков (удостоверение на рационализаторское предложение № 5/2009, № 7/2009). Курсы электростимуляции низкоинтенсивным переменным электрическим током по установленным электродам проводятся ежедневно в течение 14 дней 2 раза в день по 15 мин (с частотой 8/с, амплитудой 20—40 мА). Электроды удаляют в условиях перевязочного кабинета после окончания курса электростимуляции. Демонтаж аппарата Илизарова осуществляют при консолидации костных структур в соответствии с результатами рентгенографического обследования (рис. 3). Контрольные осмотры проводят в течение первого года после выписки 1 раз в полгода, затем 1 раз в год.

Электронейромиографические исследования выполняли с использованием цифровой системы Viking Pe ("Nicolet", США). Функциональный статус мышц пораженной верхней и нижней конечностей больных изучали с помощью глобальной электромиографии (ЭМГ). Тестируют ряд индикаторных мышц — мышц, иннервируемых пораженным нервом и отражающих текущий функциональный статус проводниковых структур. Так, при повреждении *n. radialis* тестируют *m. extensor digitorum*, *n. medianus* — *m. flexor carpi radialis* и *m. thenar*, *n. ulnaris* — *m. flexor carpi ulnaris* и *m. hypothenar*, *n. peroneus* — *m. tibialis anterior*, *m. peroneus longus* и *m. extensor digitorum brevis*, *n. tibialis* — *m. gastrocnemius* (cap. lat.) и *m. flexor digitorum brevis*. При нарушении проводниковых свойств *n. ischiadicus* тестируют *m. biceps femoris* и весь комплекс мышц, исследуемых в случаях поражения *n. peroneus* и *n. tibialis*. Используют биполярный тип отведения стандартными электродами (диаметр — 8 мм, межэлектродное расстояние — 10 мм). Анализируют показатели средней амплитуды (СА-ЭМГ) и частоты следования колебаний (ЧСК) суммарной ЭМГ. Функциональная проба — максимальное произвольное напряжение в условиях сокращения обследуемой мышцы, близких к изометрическим.

Расчет СА-ЭМГ производили с использованием программы MVA-test (Motor Voluntary Activity Test), обеспечивающей автоматизированный расчет показателя MRV (Mean Rectified Voltage) из фиксированных в памяти компьютера фрагментов экранных копий ЭМГ длительностью 0,2 с, зарегистрированных на пике развития максимального произвольного усилия. Каждую мышцу тестировали при выполнении пациентом двух-трех двигательных проб, при этом учитывали максимальное значение MVR, которое затем умножали на 2 с целью приведения этого показателя к СА суммарной ЭМГ, не подвергнутой двухполупериодному выпрямлению. ЧСК определяли по визуально рассчитываемому количеству однонаправленных пиков суммарной ЭМГ за 1 с. Кроме того, использовали метод стимуляционной ЭМГ — регистрацию М-ответов индикаторных мышц. Комплекс тестируемых мышц был аналогичен примененному при исследованиях произвольной активности, за исключением *m. peroneus longus* и *m. biceps femoris*. Моторные ответы мышц регистрировали униполярно (отведение типа belly-tendon). Длительность стимула — 1 мс, интенсивность — супрамаксимальная. Анализируемый показатель — амплитуда М-ответа (А-МО), оцениваемая от пика до пика.

Различия между рассматриваемыми группами показателей оценивали с помощью непараметрических W- и T-критериев Вилкоксона. Больных обследовали до операции, после завершения курса электростимуляции, а также в контрольные сроки — в течение первого года после окончания лечения — "контроль 1" и в течение второго года после окончания лечения — "контроль 2". Тяжесть нарушений рассматриваемых электрофизиологических параметров определяли с использованием критериев нормы, полученных при обследованиях 51 неврологически здорового субъекта, сопоставимого по возрасту, полу с исследуемой выборкой больных.

С 2001 по 2013 г. в нейрохирургическом отделении пролечено 330 пациентов с травматическими повреждениями периферических нервов, которым проведена пункционная прямая электростимуляция (I группа больных). Невропатии по локализации представлены в табл. 1. Преобладали пациенты с травматическим по-

Таблица 1

**Распределение невропатий по локализации**

Локализация невропатии	Число пациентов	
	абс.	%
Невропатия срединного нерва	69	20,91
Невропатия локтевого нерва	74	22,42
Невропатия лучевого нерва	65	19,70
Сочетанные повреждения срединного и локтевого нервов	14	4,24
Сочетанные повреждения срединного, локтевого и лучевого нервов	2	0,61
Невропатия с синдромом карпального туннельного канала	4	1,21
Невропатия седалищного нерва	22	6,66
Невропатия большеберцового нерва	6	1,82
Невропатия малоберцового нерва	71	21,52
Невропатия бедренного нерва	3	0,91
Итого...	330	100

вредением периферических нервов верхних конечностей — 228 (69,09%). У 102 (30,91%) больных имелись невропатии нервных стволов нижних конечностей. Возраст больных варьировал от 5 до 75 лет, преобладали пациенты трудоспособного возраста, из них 238 (72,12%) мужчин и 92 (27,88%) женщины, средний возраст составил 39 лет. Отсутствие динамики как клинической, так и электромиографической у пациентов с невропатиями периферических нервов в течение 3 и более месяцев после повреждения шва нерва или невролиза является показанием к пункционной прямой электростимуляции поврежденного нервного ствола.

По классификации, разработанной в Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, полное нарушение проводимости наблюдалось у 97 (29,40%) больных. Эти пациенты отнесены ко 2-му типу — нейропраксии (по классификации И.Н. Шевелева (1990) на основе предложенной классификации Н. Seddon (1942)). Частичное нарушение проводимости отмечено у 233 (70,61%) пациентов по классификации указанной академии. Преобладали больные с глубоким нарушением проводимости, у которых силу мышц оценивали не более чем в 1—2 балла (по международной 6-балльной шкале, предложенной R.B. Zachaty, W. Holmes, 1946). Электрофизиологически у этих пациентов в отдельных отведениях были выявлены незначительные потенциалы, кривая "интенсивность—длительность" определяла реакцию дегенерации мышц.

При частичном нарушении проводимости 94 (28,48%) пациента предъявляли жалобы на боли в пораженной конечности. Больные с полным и частичным нарушением проводимости в 93,03% случаев (307 пациентов) предъявляли жалобы на снижение чувствительности от анестезии в зоне иннервации до гипестезии и гиперпатии ( $S_0$ — $S_3$  по классификации R.B. Zachaty, W. Holmes). Все больные жаловались на ограничение активных движений со стороны травмы, пациенты с травматическими поражениями нервных стволов нижней конечности — на ограничение передвижения.

Оперативное лечение выполнено у 80 больных с сочетанным повреждением нервного ствола и трубчатой кости (II группа больных). Сводные данные о распределении больных по локализации переломов, осложненных невропатиями, представлены в табл. 2. Средний возраст пациентов — 38 лет. Полное нарушение проводимости отмечено у 31 (38,75%) больного, частич-

Таблица 2

**Распределение повреждений периферических нервов по этиологии**

Локализация невропатии	Число пациентов	
	абс.	%
Травматическое повреждение лучевого нерва при переломе диафиза плечевой кости	21	26,25
Повреждение лучевого нерва при переломе лучевой кости в нижней трети	8	10
Повреждение локтевого нерва при переломе локтевого отростка	12	15
Травма локтевого нерва при переломе плечевой кости в нижней трети	7	8,75
Повреждение локтевого и срединного нервов при переломе костей предплечья	8	10
Травма срединного нерва при переломе шиловидного отростка лучевой кости	3	3,75
Повреждение седалищного нерва при переломе бедренной кости в нижней трети	6	7,5
Травма малоберцового нерва при переломе головки малоберцовой кости	11	13,75
Повреждение большеберцового нерва при переломе внутренней лодыжки	4	5
Итого...	80	100

ное — у 49 (61,25%). Степень повреждения нервного ствола оценивали по данным МРТ / КТ. Пациенты данной группы также жаловались на боль, слабость и ограничение активных движений в руке или ноге на стороне перелома. Снижение чувствительности беспокоило 76 (95%) пациентов, 34 (42,5%) пациента при поступлении предъявляли жалобы на боли в пораженной конечности (балльная оценка соответствовала принадлежности к I группе).

**Результаты и обсуждение**

Результаты лечения изучены в контрольные сроки от 6 мес до 8 лет после его завершения. Оценка неврологического статуса у пациентов I группы показала, что болевой синдром полностью купировался у 92 из 94 отмечавших ранее боль пациентов, усиление парестезий в зоне иннервации нервов после электростимуляции отметили 209 (63,33%) человек, чувствительные расстройства в иннервируемом дерматоме оценивали по наличию гипестезии без гиперпатии ( $S_4$  по классификации R.B. Zachaty, W. Holmes).

Интенсивность болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале (ВАШ) до начала лечения оценена пациентами как 7,7, после терапии показатели интенсивности болевого синдрома снизились до 1,6.

Динамику мышечной силы оценивали по шкале R.B. Zachaty, W. Holmes. Полный регресс двигательных расстройств ( $M_5$ ) отмечен у 178 (53,94%) человек, у 76 (23,02%) больных сохранялось умеренное ограничение движений ( $M_2$ — $M_3$ ) и у 70 (21,21%) — легкое ограничение объема активных движений ( $M_4$ ), без динамики — 6 (1,83%) больных.

При оценке двигательной функции исследовали углы движений в суставах, дефицит сгибания, разгибания, выполнение различных видов захвата. Исследование чувствительных изменений основывалось на оценке тактильного, болевого, температурного и мышечно-суставного чувства.

Анализ ЭМГ у пациентов с невропатиями периферических нервов до операции показал, что амплитуда

М-ответов, зависящая от количества активированных мышечных волокон и синхронности их возбуждения и отражающая степень сохранности проведения возбуждения по моторным волокнам периферического нерва, была снижена в рассматриваемых отведениях от индикаторных мышц пораженной конечности в среднем на  $81,1 \pm 4,2\%$  ( $14,4—99,7\%$ ;  $p < 0,001$ ) относительно нормативного уровня. СА-ЭМГ, пропорциональная величине произвольного усилия, развиваемого мышцей, была снижена на  $73,6 \pm 3,5\%$  ( $20,0—98,5\%$ ;  $p < 0,001$ ), а ЧСК, определяющая паттерн ЭМГ, — на  $49,5 \pm 3,7\%$  ( $10,4—86,9\%$ ;  $p < 0,001$ ). В ходе качественного анализа произвольной ЭМГ было установлено, что в случаях максимального снижения частотной характеристики миограммы уже относились к типу "уреженной ЭМГ". Необходимо отметить, что у ряда пациентов в отдельных отведениях вызванная и/или произвольная биоэлектрическая активность мышц отсутствовала.

На момент завершения лечения А-МО мышц пораженной конечности возросла в среднем на  $36,0\%$ , СА-ЭМГ увеличилась на  $21,2\%$  ( $p < 0,001$ ), а ЧСК — на  $24,8\%$  ( $p < 0,001$ ). В ряде случаев отмечено появление минимальной произвольной миограммы ( $20—60$  мкВ) в отведениях, в которых исходно биоэлектрическая активность отсутствовала.

В течение первого года после лечения А-МО характеризовалась выраженной положительной динамикой — до 4-кратного возрастания ( $p < 0,01$ ) показателя. Значения СА-ЭМГ увеличились относительно предыдущего срока обследований на  $180,1\%$  ( $p < 0,001$ ), а в отношении ЧСК на данном этапе отмечены признаки стабилизации показателя. Кроме того, в отдельных отведениях и в эти сроки зафиксировано появление минимальной по амплитуде произвольной и вызванной (М-ответы) биоэлектрической активности, которую не удавалось зафиксировать до госпитализации больного и непосредственно по окончании курса реабилитации, что также свидетельствует о нарастающем эффекте данного способа электростимуляции в ближайшие месяцы после лечения.

В отдаленном периоде в течение второго года после лечения ("контроль 2") наблюдалась разнонаправленная динамика рассматриваемых показателей, заключающаяся как в продолжающемся нарастании значений, так и в их стабилизации либо снижении.

Результаты считали хорошими, когда исчезали чувствительные расстройства, восстанавливалась двигательная функция, купировался болевой синдром, отмечалось появление парестезии, больные возвращались к своей профессиональной деятельности. Удовлетворительными считали результаты при неполном восстановлении двигательной функции и дискриминационной чувствительности, а также если пациенты меняли условия труда или профессию. При отсутствии выраженной положительной динамики после лечения результаты оценивали как неудовлетворительные.

Хорошие результаты лечения получены в  $76,96\%$  случаев, неудовлетворительные — в  $23,04\%$ . Неудовлетворительные результаты связаны с тяжестью повреждения периферического нерва (3—5-й тип по классификации И.Н. Шевелева). Таким пациентам предложен отсроченный шов нерва, различные варианты аутопластики.

Во II группе пациентов полный регресс двигательных расстройств ( $M_2$ ) отмечен у 54 ( $67,5\%$ ), у 16 ( $20\%$ ) больных сохранялось умеренное ограничение объема активных движений ( $M_2—M_3$ ) и у 10 ( $12,5\%$ ) человек — легкое ограничение объема активных движений ( $M_4$ ).

После лечения оценка неврологического статуса показала, что болевой синдром полностью купировался у

78 ( $97,5\%$ ) пациентов и практически полностью — у 2 ( $2,5\%$ ). Интенсивность болевого синдрома по ВАШ до начала лечения оценена пациентами как  $8,5$ , в результате терапии показатели интенсивности болевого синдрома снизились до  $2,4$ .

У больных данной группы исходное состояние мышц-индикаторов характеризовалось достоверным ( $p < 0,001$ ) снижением всех анализируемых характеристик: А-МО в среднем на  $81,5 \pm 5,8\%$  (от  $26,7$  до  $99,9\%$ ), СА-ЭМГ на  $74,8 \pm 4,4\%$  ( $7,7—98,2\%$ ) и ЧСК на  $48,8 \pm 3,6\%$  ( $10,4—77,0\%$ ). По окончании лечения было зафиксировано двукратное возрастание амплитудных характеристик произвольной и вызванной биоэлектрической активности "мышц-индикаторов" пораженных конечностей — в среднем на  $125,8\%$  (А-МО) и  $157,5\%$  ( $p < 0,001$ ) (СА-ЭМГ). Частотная характеристика суммарной ЭМГ возросла на данном этапе обследований в среднем на  $28,2\%$  ( $p < 0,001$ ). Аналогично вышеописанным пациентам в этой выборке больных также в ряде отведений зафиксировано появление минимальной биоэлектрической активности мышц, исходно отсутствовавшей. Кроме того, в течение 1 года после завершения курса электростимуляции было отмечено дальнейшее увеличение значений А-МО относительно предыдущего срока обследований на  $52,1\%$ , а по критерию СА-ЭМГ прирост составил  $87,0\%$ . В отношении средней частоты колебаний суммарной ЭМГ в этот период были зафиксированы признаки стабилизации показателя.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что прямая электростимуляция нервных стволов низкоинтенсивным переменным электрическим током при комбинированном воздействии на поврежденные структуры является эффективной. Кроме того, пункционный способ установки электродов имеет явные преимущества перед их установкой открытым путем в связи с малоинвазивностью и малотравматичностью.

Данный метод показан при лечении больных с травматическими повреждениями периферических нервов при отсутствии эффекта консервативной терапии, в том числе у пациентов со скелетной травмой.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Берснев В.П., Кокин Г.С., Извекова Т.О., Унжаков В.В., Валерко В.Г. Повторный эпинеуральный шов нервов: [в т.ч. статистика повреждений]. В кн.: *Поленовские чтения: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения В.М. Бехтерева*. СПб.; 2007: 83—4.
2. Merle M. Introduction: Coaptation: Symposium "Peripheral Nerve Surgery Today". Vienna, November 1991. Part 2. *J. Reconstr. Microsurg.* 1994; 10 (2): 125.
3. Meyer J.S., Katz M.L., Maruniak J.A., Kirk M.D. Embryonic stem cell-derived neural progenitors incorporate into degenerating retina and enhance survival of host photoreceptors. Columbia, Missouri: University of Missouri-Columbia. *Stem Cells.* 2006; 24: 274—83.
4. Ахмедов Р.Р., Аvezов С.К. Восстановительное лечение больных с сочетанными повреждениями костей, сосудов, нервов конечностей. В кн.: *III съезд нейрохирургов России: Материалы съезда*. СПб.; 2002: 522—3.
5. Свистов Д.В. *Военная нейрохирургия: Учебник*. Гайдар Б.В., ред. СПб.; 1998.
6. Шрамко В.И., Полищук Н.Е., Гайдук А.В. Особенности диагностики и хирургическая тактика при лечении сочетанных повреждений нервов конечностей в остром периоде. *Клиническая хирургия.* 1992; 12: 26—8.
7. Шукри А.А. *Клиника и лечение поврежденных нервов при переломах верхних конечностей*. Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. СПб.; 1999.
8. Белокопытов О.А. Тактика лечения вторичного повреждения лучевого нерва при переломах плечевой кости. В кн.: *Поленовские чтения: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения В.М. Бехтерева*. СПб.; 2007: 83.



9. Мещерягина И.А., Бойчук С.П., Россик О.С. Современные подходы к лечению нейропатии лучевого нерва при диафизарных переломах плечевой кости. *ARS MEDICA. Искусство медицины*. 2011; 17 (53): 236—9.
10. Трубников В.Ф., Попов И.Ф. Восстановительное лечение больных с диафизарными переломами плечевой кости, осложненные повреждением лучевого нерва. *Ортопедия и травматология*. 1982; 7: 17—20.
11. Стрелис Л.П., Левицкий Е.Ф., Абдулкина Н.Г., Лаптеев Б.И. Влияние электростимуляции двойными импульсами на динамику восстановительных процессов при травмах периферических нервов конечностей. В кн.: *Актуальные проблемы здравоохранения Сибири: Материалы Всероссийской конференции Ленинск-Кузнецкий*. 1998: 118—9.
12. Campbell A.S. Hand injuries at leisure. *J. Hand Surg. Br*. 1985; 10 (3): 300—2.
13. Худяев А.Т., Прудникова О.Г., Мещерягина И.А., Россик О.С. Малоинвазивные методы лечения периферических нервов верхних и нижних конечностей. В кн.: *Диагностика, средства и практика обеспечения и сохранения здоровья человека: научные труды ученых Уральского Федерального округа*. Челябинск; 2007; 2: 27—31.
14. Худяев А.Т., Мартель И.И., Самылов В.В., Мещерягина И.А., Россик О.С. Малоинвазивные методы лечения повреждений периферических нервов. *Гений ортопедии*. 2012; 1: 85—8.
15. Мещерягина И.А., Бойчук С.П., Россик О.С. Оперативное лечение пациентов с привычным вывихом плеча, осложненным плексопатией: материалы Международной юбилейной научно-практической конференции травматологов-ортопедов "Достижения и перспективы развития травматологии и ортопедии", посвященной 20-летию независимости Республики Казахстан. *Травматология жэне ортопедия*. 2011; S2: 337—9.
16. Худяев А.Т., Машуков Ю.С., Мещерягина И.А. Применение прямой электростимуляции при лечении повреждений плечевого сплетения. В кн.: *Диагностика, средства и практика обеспечения и сохранения здоровья человека: научные труды ученых Уральского Федерального округа*. Челябинск; 2006; 1: 86—8.
5. Svistov D.V. *Military Neurosurgery: a Textbook*. [Voennaya Neyrokhirurgiya: Uchebnik]. Gaydar B.V., ed. St.-Petersburg; 1998]. (in Russian)
6. Shramko V.I., Polishchuk N.E., Gayduk A.V. Features of diagnostics and surgical tactics in treatment of limb nerve concomitant injuries in the acute period. *Klinicheskaya Khirurgiya*. 1992; 12: 26—8. (in Russian)
7. Shukri A.A. *Clinical picture and treatment of nerve damages for fractures of the upper limbs*: Diss. St.-Petersburg; 1999. (in Russian)
8. Belokopytov O.A. The tactics of treating secondary radial nerve injury for humeral fractures. In: *The Polenov Reading: Materials of All-Russian Scientific-and-practical Conference Devoted to 150-th Anniversary of V.M. Bekhterev's Birth*. [Polenovskie Chteniya: Materialy Vserossiyskoy Nauchno-prakticheskoy Konferentsii, Posvyashchennoy 150-Letiyu so Dnya Rozhdeniya V.M. Bekhtereva]. St.-Petersburg; 2007: 83. (in Russian)
9. Meshcheryagina I.A., Boychuk S.P., Rossik O.S. Modern approaches to radial nerve neuropathy treatment for humeral shaft fractures. *ARS MEDICA. Искусство Медицины*. 2011; 17 (53): 236—9. (in Russian)
10. Trubnikov V.F., Popov I.F. Restorative treatment of patients with humeral shaft fractures complicated by radial nerve injury. *Ortopediya i Travmatologiya*. 1982; 7: 17—20. (in Russian)
11. Strelis L.P., Levitskiy E.F., Abdulkina N.G., Lapteev B.I. The effect of electrical stimulation with dual impulses on the dynamics of restorative processes for limb peripheral nerve injuries. In: *Urgent Problems of Health Service in Siberia: Materials of All-Russian Conference. Leninsk-Kuznetskiy*. [Aktual'nye problemy zdravookhraneniya Sibiri: Materialy Vserossiyskoy konferentsii Leninsk-Kuznetskiy]. 1998: 118—9. (in Russian)
12. Campbell A.S. Hand injuries at leisure. *J. Hand Surg. Br*. 1985; 10 (3): 300—2.
13. Khudyaev A.T., Prudnikova O.G., Meshcheryagina I.A., Rossik O.S. Little-invasive methods of treating peripheral nerves of the upper and lower limbs. In: *Diagnostics, Tools and Practice to Provide and Maintain Human Health: Scientific Works of the Ural Federal Region*. [Diagnostika, Sredstva i Praktika Obespecheniya i Sokhraneniya Zdorov'ya Cheloveka: Nauchnye Trudy Uchenykh Ural'skogo Federal'nogo Okruga]. Chelyabinsk; 2007; 2: 27—31. (in Russian)
14. Khudyaev A.T., Martel' I.I., Samylov V.V., Meshcheryagina I.A., Rossik O.S. Little-invasive methods of treating peripheral nerve injuries. *Гений Ортопедии*. 2012; 1: 85—8. (in Russian)
15. Meshcheryagina I.A., Boychuk S.P., Rossik O.S. Surgical treatment of patients with habitual dislocation of the shoulder complicated by plexopathy. Achievements and Prospects of Traumatology and Orthopaedics: Materials of the International Anniversary Scientific-and-Practical Conference of Traumatologists and Orthopaedists devoted to 20<sup>th</sup> anniversary of the Republic of Kazakhstan independence. *Travmatologiya Zhene Ortopediya*. 2011; S2: 337—9. (in Russian)
16. Khudyaev A.T., Mashukov Yu.S., Meshcheryagina I.A. The use of direct electrical stimulation in treatment of brachial plexus injuries. In: *Diagnostics, Tools and Practice to Provide and Maintain Human Health: Scientific Works of the Ural Federal Region*. [Diagnostika, Sredstva i Praktika Obespecheniya i Sokhraneniya Zdorov'ya Cheloveka: Nauchnye Trudy Uchmykh Ural'skogo Federal'nogo Okruga]. Chelyabinsk; 2006; 1: 86—8. (in Russian)

#### REFERENCES

1. Bersnev V.P., Kokin G. S., Izvekova T. O., Unzhakov V. V., Valerko V. G. Epineural nerve resuture: [damage statistics including]. In: *The Polenov Reading: Materials of All-Russian Scientific-and-practical Conference Devoted to 150-th Anniversary of V.M. Bekhterev's Birth*. [Polenovskie Chteniya: Materialy Vserossiyskoy Nauchno-prakticheskoy Konferentsii, Posvyashchennoy 150-Letiyu so Dnya Rozhdeniya V.M. Bekhtereva]. St.-Petersburg; 2007: 83—4. (in Russian)
2. Merle M. Introduction: Coaptation: Symposium "Peripheral Nerve Surgery Today". Vienna, November 1991. Part 2. *J. Reconstr. Microsurg*. 1994; 10 (2): 125.
3. Meyer J.S., Katz M.L., Maruniak J.A., Kirk M.D. Embryonic stem cell-derived neural progenitors incorporate into degenerating retina and enhance survival of host photoreceptors. Columbia, Missouri: University of Missouri-Columbia. *Stem Cells*. 2006; 24: 274—83.
4. Akhmedov R.R., Avezov S.K. Restorative treatment of patients with concomitant injuries of limb bones, vessels, nerves. In: *Materials of III Symposium of Russian Neurosurgeons*. [III s'ezd neyrokhirurgov Rossii: Materialy s'ezda]. St.-Petersburg; 2002: 522—3]. (in Russian)

Поступила 06.05.14  
Received 06.05.14