

УДК 615.847:616.714.1:616.74-009.55

Мещерягина И.А., Скрипников А.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЯМОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ НЕРВНЫХ СТВОЛОВ ПРИ НЕЙРОПАТИИ

*Федеральное государственное бюджетное учреждение
“Российский научный центр “Восстановительная травматология и ортопедия”
имени академика Г.А. Илизарова” Минздрава России, г. Курган*

Резюме. *Исходы восстановительных операций при травмах нервов не всегда бывают удовлетворительными, утрата трудоспособности отмечена в 60-70% случаях. Способность нервного ствола проводить электрические импульсы в краниальном и в каудальном направлениях используется в реабилитационном периоде пациентов.*

Материалы и методы: *в ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» применяется метод прямой комбинированной пункционной электростимуляции у больных с неврологическим дефицитом. Проанализированы результаты оперативного лечения 105 больных с сочетанным повреждением нервного ствола и трубчатой кости. Среди больных преобладали лица трудоспособного возраста от 18 до 60 лет.*

Результаты исследования и их обсуждение: *у пациентов с комплексным лечением нейропатий, включающим метод комбинированной электростимуляции, в 85,19 % случаев позволил уменьшить проявления неврологических расстройств и болевого синдрома (I группа пациентов), что в существенно выше, чем у пациентов со стандартным подходом консервативной терапии (II группа пациентов).*

Ключевые слова: *сочетанное повреждение, скелетная травма, нейропатия, электростимуляция.*

Meshcheriagina I.A., Skripnikov A.A.

THE USE OF DIRECT ELECTRICAL STIMULATION OF PERIPHERAL NERVE TRUNKS AT NEUROPATHY

Summary. *The outcomes of restorative surgeries for nerve injuries are not always satisfactory, disablement observed in 60-70% of cases. The nerve trunk ability to conduct electrical impulses in the cranial and caudal directions is used in the rehabilitation period of patients.*

Materials and Methods: *the method of direct combined puncture electrical stimulation is used in в FSBI «RISC “RTO”» for patients with neurological deficit. The results of surgical treatment of 105 patients with concomitant injury of the nerve trunk and tubular bone analyzed. The persons of the working age from 18 to 60 years dominated among the patients.*

Results and Discussion: *in patients with complex treatment of neuropathies including the method of combined electrical stimulation it allowed to reduce the manifestations of neurological disorders and pain syndrome (Group I patients) in 85,19 % of cases that was significantly higher than in the patients with standard conservative therapy approach (Group II patients).*

Keywords: *concomitant injury, skeletal injury, neuropathy, electrical stimulation.*

Введение. Медицинское и социальное значение травм периферических нервов на протяжении последнего десятилетия остается достаточно высоким, в связи с увеличением дорожно-транспортных происшествий, ножевых и огнестрельных ран. Частота повреждений нервных стволов составляет от 1,5 до 10 % от всех травм, а при огнестрельных ранениях достигает 35,6 % [2, 5, 10].

Крупный нерв содержит двигательные, чувствительные, вегетативные волокна, объединённые в отдельные пучки и меняющие на протяжении нерва свой ход из одного сектора нерва в другой. В отдельных участках нерва двигательные и чувствительные волокна частично рассортировываются, так что отдельные пучки становятся преимущественно двигательными или преимущественно чувствительными [4].

Исходы восстановительных операций при травмах нервов не всегда бывают удовлетворительными, утрата трудоспособности отмечена в 60-70% случаях [9, 12, 13].

Способность нервного ствола проводить электрические импульсы в краниальном и в каудальном направлениях используется в реабилитационном периоде пациентов при физиотерапевтических процедурах [7].

Амплитудная программа электростимуляции предполагает применение последовательности прямоугольных однофазных или бифазных импульсов тока с величиной от 30 до 250 мА, длительностью от 30 до 250 мкс, частотой следования 50 – 60 Гц и продолжительностью пачки импульсов 0,4 – 0,6 с. [3].

Знание строения нервных пучков, имеющих в своём составе до 10000 аксонов, является необходимым для понимания сущности функционирования периферических нервов. Процесс электростимуляции основан на наличие способности шванновских клеток, образующих аксонам миелиновую оболочку, осуществлять скачкообразное высокоскоростное проведение импульсов [1].

Уже в течение многих лет наряду со стимуляцией мышц через поверхностные (накожные) электроды используют вживление электродов. Имплантируемая технология пролонгированной электростимуляции в том числе для купирования болевых синдромов получила известное распространение как в исследовательской работе, так и в клинической практике. [8].

По мнению ряда авторов [11, 14, 15], имплантируемые электроды имеют преимущества: возможность подвергать электростимуляции не только поверхностные ткани, но и глубокорасположенные мышцы и нервы, достижение значительно большего сократительного, а следовательно, и двигательного эффекта вследствие непосредственной близости электрода к объекту стимуляции, что чрезвычайно важно для тонкого и точного управления различными движениями, возможности охвата стимуляцией большого числа мышц, косметичность имплантируемых систем и эксплуатационном удобстве имплантируемых систем.

Цель исследования. Обосновать использование прямой электростимуляции периферических нервных стволов при реабилитации больных с неврологическим дефицитом.

Материалы и методы. В ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» применяется метод прямой комбинированной пункционной электростимуляции при нейропатиях периферических нервов. Наиболее стойкими являются нейропатии лучевого нерва при переломе диафиза плечевой кости компрессионного генеза, брахиоплексопатии и нейропатии седалищного нерва малоберцовой порции при тракционном воздействии на мягкие ткани. Усугубляет явление нейропатии ишемический генез заболевания.

Для более эффективной реабилитации при сочетанной скелетной травме разработан и внедрен метод пункционной комбинированной имплантации временных эпидуральных и эпинеуральных электродов.

Проанализированы результаты оперативного лечения 105 больных с сочетанным повреждением нервного ствола и трубчатой кости. Среди больных преобладали лица трудоспособного возраста от 18 до 60 лет.

Для исключения анатомического перерыва нервного ствола использовали магнитно-резонансную томографию. Показания к применению нейрографии основываются на данных ЭМГ и МРТ [6].

Электронейромиографические исследования производились с использованием цифровой системы "Viking Pe" («Nicolet», С.Ш.А.). Функциональный статус мышц пораженной верхней и нижней конечностей больных изучался с помощью глобальной ЭМГ. Тестировался ряд «индикаторных» мышц – мышц, иннервируемых пораженный нервом и отражающих текущий функциональный статус проводниковых структур. Так, при повреждении n. radialis тестировалась m. extensor digitorum, n. medianus – m. flexor carpi radialis и mm. thenar, n. ulnaris - m. flexor carpi ulnaris и 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 тестировалась m. biceps femoris и весь комплект мышц, исследуемых в случаях поражения n. peroneus и n. tibialis. Использовался биполярный тип отведения стандартными электродами. Анализировались показатели «средняя амплитуда» (СА-ЭМГ) и «частота следования колебаний» (ЧСК) суммарной ЭМГ.

Функциональная проба - «максимальное произвольное напряжение» в условиях сокращения обследуемой мышцы, близких к изометрическим. Расчет СА-ЭМГ производился 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. Каждая мышца тестировалась при выполнении пациентом двух-трех двигательных проб, при этом учитывалось максимальное значение MVR, которое затем умножалось на «2» с целью приведения этого показателя к средней амплитуде суммарной ЭМГ, не подвергнутой двух-полупериодному выпрямлению. Частоту следования колебаний определяли по визуально рассчитываемому количеству однонаправленных пиков суммарной ЭМГ за 1 секунду. Кроме того, использован метод стимуляционной электромиографии - регистрация М-ответов «индикаторных» мышц. Комплект тестируемых мышц был аналогичен использованному 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». Оценку различий между рассматриваемыми группами показателей осуществляли с помощью непараметрических W- и T-критериев Вилкоксона. Больные обследовались 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». Определение тяжести нарушений рассматриваемых электрофизиологических параметров проводилось при использовании критериев нормы, полученных при обследовании 51 неврологически здорового субъекта, сопоставимого по возрасту, полу с исследуемой выборкой больных.

В ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» при травматическом перерыве нервного ствола отдается предпочтение обработке торцевых участков поврежденного нерва ультразвуковым скальпелем при подготовке к нейрорафии (рационализаторское предложение № 54/2001) и эпи-периневральному шву под оптическим увеличением с использованием временного ситуационного трансмурального шва, способствующего точной коаптации пучковых групп (рационализаторское предложение № 38/2009, патент на изобретение № 2515761). В случаях дефекта нервного ствола применяется эпи-периневральный шов нерва «конец в конец» с устранением диастаза по разработанному способу возмещения дефекта нервного ствола конечности (патент на изобретение № 2264181). При одновременном повреждении артерий и вен, в том числе диаметром сосуда менее 3 мм используется способ сшивания поврежденного микрососуда, разработанный в ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова». Имплантация электродов в раннем послеоперационном периоде после остеосинтеза длинных трубчатых костей аппаратом Илизарова позволяет стимулировать нервные стволы (рис. 1) при травматическом и тракционном повреждении нервов (рационализаторское предложение № 7/2009, патент на изобретение № 2515753), а также при тракционном повреждении первичных стволов плечевого сплетения (рационализаторское предложение № 5/2009).

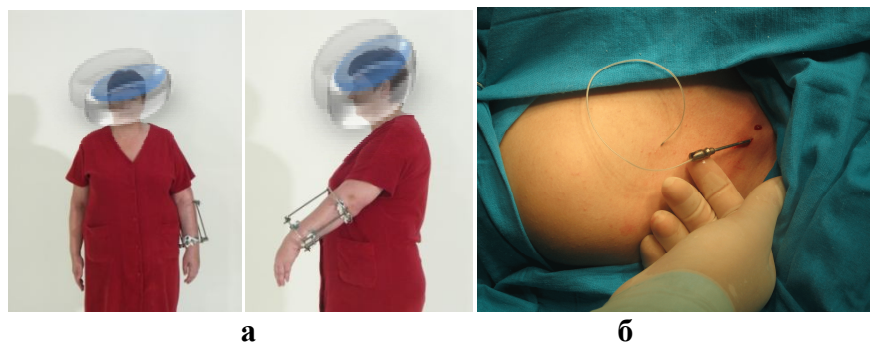


Рис. 1. Больная Г., 47 лет, а - выполнен остеосинтез костей предплечья аппаратом Илизарова
б - этап проведения эпиневральных электродов к нервным стволам.

Предлагаемый способ применяется в нейрохирургическом и ортопедических отделениях ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г. А. Илизарова». Способ позволяет провести лечение тракционной нейропатии периферических нервов, направленное на восстановление функции поврежденного седалищного или бедренного нерва после оперативного лечения эндопротезирования тазобедренного сустава (рационализаторское предложение № 6/2009, патент № 2504412), увеличить опороспособность оперированной нижней конечности, улучшить качество походки, уменьшить болевой синдром, восстановить чувствительные расстройства в зоне иннервации поврежденного нерва (рис. 2).

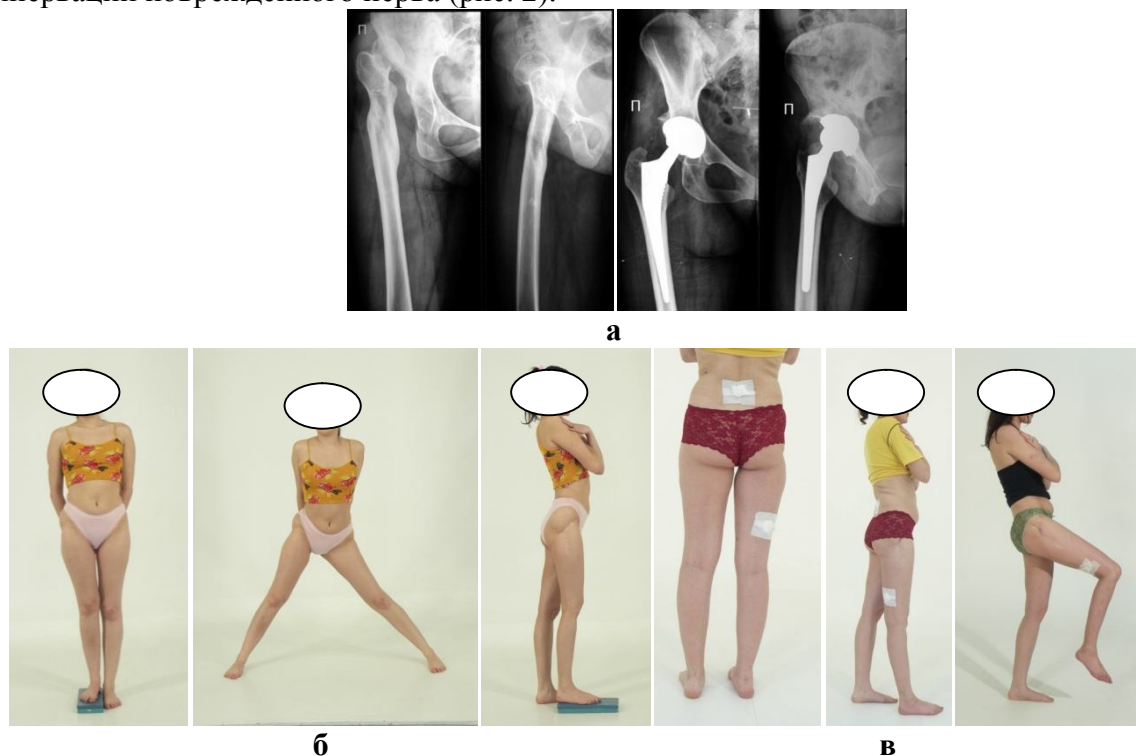


Рис. 2. а - рентгенограммы до и после эндопротезирования правого тазобедренного сустава, б - фото больной до оперативного вмешательства, в – фото пациентки в период комбинированной электростимуляции.

Все больные распределены на II группы (табл. 1).

В I группу (54 пациента) включены больные, у которых в период фиксации аппарата и реабилитации после эндопротезирования в раннем послеоперационном периоде основным методом лечения выбрана имплантируемая электростимуляция.

Подобранная II контрольная группа (51 человек) в которую вошли пациенты с нейропатиями периферических нервов, которым проведено только консервативное лечение, включающее сосудистую терапию, антихолинэстеразные препараты, витамины группы В, массаж, ЛФК по индивидуальной программе с инструктором, занятия на тренировочном комплексе «артромат», курс поверхностной электростимуляции денервированных мышц, иглорефлексотерапию, ГБО.

В I группе пациентов к проводимым аналогичным мероприятиям реабилитации добавлен курс пункционной прямой комбинированной электростимуляции периферических нервов и денервированных мышц.

В условиях остеосинтеза длинных трубчатых костей аппаратом Илизарова в раннем и позднем послеоперационном периоде выполнена имплантация временных эпинеуральных электродов для чего в условиях операционной под местной анестезией и контролем аппарата «стимулплекс» выполнена пункционная имплантация временных эпинеуральных электродов для проведения курса комбинированной электростимуляции в послеоперационном периоде.

В послеоперационном периоде производился курс комплексной электростимуляции по эпидуральному и эпинеуральному электродам в сочетании с поверхностной накожной электростимуляцией автономных зон.

Средний курс электростимуляции составил 18 дней.

Для статистической обработки полученных данных использовали критерий Вилкоксона. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение.

Распределение пациентов I и II групп по степени тяжести неврологических расстройств представлены в таблице 2. После лечения при оценке неврологического статуса в I группе полное восстановление функции или легкое ограничение объема движений расценено в 85,19 % как хороший клинический результат от проводимого лечения. Во II группе хороший клинический результат получен в 60,79 % пациентов.

По локализации травмированного периферического нервного ствола пациенты были распределены следующим образом (таблица 1):

Таблица 1

№ п/п	Нозологии	Кол-во больных (всего)	%	Пациенты I группы	%	Пациенты II группы	%
1.	с травматическим повреждением лучевого нерва при переломе диафиза плечевой кости	21	20	9	16,67	12	23,53
2.	больных с повреждением лучевого нерва при переломе луча в типичном месте	8	7,62	5	9,26	3	5,88
3.	с повреждением локтевого нерва при переломе локтевого отростка	12	11,43	4	7,41	8	15,69
4.	с травмой локтевого нерва при переломе плечевой кости	7	6,67	4	7,41	3	5,88
5.	с повреждением локтевого и срединного нервов при переломе костей предплечья	8	7,62	5	9,26	3	5,88
6.	с травмой срединного нерва при переломе шиловидного отростка лучевой кости	3	2,85	1	1,85	2	3,92
7.	с повреждением седалищного нерва при переломе бедренной кости	6	5,72	2	3,70	4	7,85
8.	с повреждением седалищного нерва при переломе вертлужной впадины	3	2,85	2	3,70	1	1,96
9.	с повреждением седалищного нерва после эндопротезирования тазобедренного сустава	4	3,81	2	3,70	2	3,92
10.	с повреждением седалищного нерва после эндопротезирования тазобедренного сустава по поводу врожденного наацетабулярного вывиха бедренной кости	18	17,14	11	20,37	7	13,73
11.	малоберцового нерва при переломе головки малоберцовой кости	11	10,48	8	14,82	3	5,88
12.	большеберцового нерва при переломе внутренней лодыжки	4	3,81	1	1,85	3	5,88
13.	Итого	105	100	54	100	51	100

Таблица 2

Распределение пациентов I и II групп по степени тяжести нейропатии

Клиническая картина	До проведенного лечения					После проведенного лечения				
		I групп кол-во больных	%	II групп кол-во больных	%		I групп кол-во больных	%	II групп кол-во больных	%
полное нарушение проводимости	грубый монопарез иннервируемых мышц до моноплегии	20	37,04	19	37,25	частичное восстановление двигательной функции до умеренного монопареза	8	14,81	15	29,41
частичное нарушение проводимости	умеренный монопарез	34	62,96	32	62,75	легкий монопарез	9	16,67	7	13,73
	легкий монопарез	-	-	-	-	полное восстановление двигательной функции	37	68,52	24	47,06
						без динамики	-	-	5	9,8
боли в пораженной конечности	наличие болевого синдрома	49	90,74	47	92,16	купирование боли	46	85,19	38	74,51
	интенсивность ВАШ	6,5	-	5,4	-	интенсивность ВАШ	2,6	-	1,8	-
чувствительные расстройства в зоне иннервации	анестезия	5	9,26	4	7,84	гипестезия	31	57,41	36	70,59
	гипестезия	52	96,30	49	96,08	парестезии	5	9,26	4	7,84
						полное восстановление чувствительных расстройств	18	33,33	11	21,57

При поступлении средние ЭМГ - показатели у пациентов с клиническим проявлением нейропатии периферических нервов составляли 0,02 - 0,06 мв, 80 -100 к/с. В 17,14 % (18 пациентов двух групп) ЭМГ – активность исследуемых мышц не определялась.

При анализе ЭМГ, у больных из группы 1 исходное состояние «мышц-индикаторов» характеризовалось статистически значимо ($p < 0,001$) снижением всех анализируемых характеристик: амплитуды М-ответа 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 курса лечения было зафиксировано двукратное возрастание амплитудных характеристик произвольной и вызванной биоэлектрической активности «мышц-индикаторов» пораженных конечностей – в среднем на 125,8% (амплитуда М-ответов) 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, ис-

ходно отсутствовавшей. Далее, в течение одного года после завершения курса электростимуляции было отмечено дальнейшее увеличение значений амплитуды моторных ответов 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 величин показателя.

У пациентов группы 2 с нейропатиями периферических нервов, получавших консервативную терапию, 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 $81,1 \pm 4,2\%$ (в диапазоне 14,4-99,7%; $p < 0,001$) от нормативного уровня. Средняя амплитуда суммарной ЭМГ, пропорциональная величине произвольного усилия, развиваемого мышцей, была снижена на $73,6 \pm 3,5\%$ (20,0-98,5%; $p < 0,001$), а частота следования колебаний, определяющая т.н. «паттерн ЭМГ», на $49,5 \pm 3,7\%$ (10,4-86,9%; $p < 0,001$). Качественный анализ произвольной ЭМГ выявил, что в случаях максимального снижения частотной характеристики, миограммы уже относились к типу «уреженная ЭМГ». Необходимо отметить, что у ряда пациентов в отдельных отведениях вызванная и/или произвольная биоэлектрическая активность мышц отсутствовала.

На момент завершения курса консервативного лечения амплитуда моторных ответов мышц пораженной конечности возросла в среднем на 18,0%, СА-ЭМГ увеличилась на 10,6% ($p < 0,001$), а частота следования колебаний – на 12,4% ($p < 0,001$). В ряде случаев отмечено появление минимальной произвольной миограммы (20-60 мкВ) в отведениях, в которых исходно биоэлектрическая активность отсутствовала.

В течение первого года после консервативного лечения амплитуда М-ответов характеризовалась положительной динамикой в виде возрастания показателя. Значения СА-ЭМГ увеличились относительно предыдущего срока обследований на 22,51% ($p < 0,001$), а в отношении ЧСК на данном этапе отмечены признаки стабилизации показателя. Кроме того, в отдельных отведениях и в эти сроки обследований 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 свидетельствует о умеренном сохранении эффекта лечения от консервативной терапии. Отдаленный период при контрольных обследованиях, проведенных в течение второго года после завершения курса консервативного лечения характеризовался разнонаправленной динамикой рассматриваемых показателей, заключающейся как в продолжающемся нарастании значений, так и снижении.

Выводы. Предложены и внедрены варианты нейрографии, разработаны варианты пункционной комбинированной электростимуляции с одновременным воздействием на денервированные мышцы при кожных отведениях (патент на изобретение № 2499615).

Комплексное лечение нейропатии периферических нервов, включающее метод электростимуляции, позволило уменьшить проявления неврологических расстройств, снизить или купировать болевой синдром.

Литература:

1. Берснев В.П. Хирургия позвоночника, спинного мозга и периферических нервов / В.П. Берснев, Е.А. Давыдов, Е.Н. Кондаков. – СПб., 1998. – 368 с.
2. Берснев В.П. Хирургия нервов нижних конечностей / В.П. Берснев, Г.С. Кокин // Травматология и ортопедия. СПб. – 2006. – Т. 3. – С. 862-884.
3. Витензон А.С. Руководство по применению метода искусственной коррекции ходьбы и ритмических движений посредством программируемой электростимуляции мышц / А.С. Витензон, К.А. Петрушанская, Д.С. Скворцов ; под ред. А.С. Витензона. – М., 2005. – 312 с.
4. Практическая нейрохирургия : рук. для врачей / Под ред. Б.В. Гайдара. – СПб: Гиппократ, 2002. – 648 с.

5. Горшков Р.П. Реабилитация больных с повреждением стволов плечевого сплетения (клинико-экспериментальное исследование) : автореф. дис... д-ра мед. наук / Р.П. Горшков. – Саратов, 2009. – 38 с.
6. МРТ-диагностика повреждений периферических нервов / И.И. Мартель [и др.] // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2011. – № 4-1. – С. 119-123.
7. Электростимуляция в лечении больных с поражением нервной системы / В.Г. Нинель [и др.] // Тезисы докладов научно-практической конференции, посвященной 20-летию организации нейрохирургической службы в г. Сочи. – Сочи, 2000. – С. 135-137
8. Суфианов А.А Стимуляция спинного мозга при хронических нейропатических болевых синдромах / А.А. Суфианов, С.В. Чуркин, А.Г. Шапкин // Рос. нейрохирург. журн. им. проф. А.Л. Поленова – 2013. – Т. V, № 4. – С. 75-79.
9. Хамзаев Р.И. Результаты хирургического лечения повреждений седалищного нерва и его ветвей : автореф. дис... канд. мед. наук / Р.И. Хамзаев. – СПб., 2009. – 28 с.
10. Шевелев И.Н. Травматические поражения плечевого сплетения (клиника, диагностика, микрохирургия) / И.Н. Шевелев. М., 2005. – 383 с.
11. Functional electrical stimulation: practical experience in the clinical setting / F. Barr [et al.] // Proceedings of the 9-th International Symposium on External Control of Human Extremities. – Dubrovnik, 1987. – P. 181-191.
12. Surgical management and results of 135 tibial nerve lesions at the Louisiana State University Health Sciences Center / D.H. Kim [et al.] // Neurosurgery. – 2003. – Vol. 53, No 5. – P. 1114-1124.
13. Management and outcomes in 318 operative common peroneal nerve lesions at the Louisiana State University Health Sciences Center / D.H. Kim [et al.] // Neurosurgery. – 2004. – Vol. 54, No 6. – P. 1421- 1429.
14. Marsolais E.B. Functional electrical stimulation for walking in paraplegia / E.B. Marsolais, R. Kobetic. // J. Bone Joint Surg. Am. – 1987. – Vol. 69, No 5. – P. 728-733.
15. Vossius G. Multichannel stimulation of lower extremities with surface electrodes / G. Vossius, U. Muechen, J. Hollander // Proceedings of the 9-th International Symposium on External Control of Human Extremities. – Dubrovnik, 1987. – P. 193-203.