

*Зубарева Т.В.<sup>1</sup>, Стэльмах К.К.<sup>1</sup>, Широков В.А.<sup>2</sup>, Давыдов О.С.<sup>2</sup>*

## **Нейрофизиологическая оценка процессов реиннервации и нейропатий нижних конечностей у пациентов с травмой тазового кольца**

1 - ФГУ «УННТО им. В.Д. Чаплина Росмедтехнологий», г. Екатеринбург; 2 - ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, г. Екатеринбург

*Zubareva T.V., Stjelmah K.K., Shirokov V.A., Davydov O.S.*

## **Neurophysiological evaluation processes reinnervation and neuropathy of the lower extremities in patients with injuries of the pelvic ring**

### **Резюме**

Электронейромиографическое исследование проведено 50 пациентам с травматическим повреждением костей таза. Предложен алгоритм диагностики периферических нейропатий, сводящий к минимуму набор ЭНМГ-методик для диагностики нарушений нижних конечностей. Среди всех исследованных мышц наиболее значимыми у пациентов с травмой таза выбраны мышцы стоп (*m. flexorhal. br. et m. extensor dig. br.*), т.к. именно они являются самыми дистальными отделами, интегрально характеризующими работу всех звеньев цепи нервно-мышечного аппарата нижних конечностей. Наиболее стабильной и воспроизводимой характеристикой элетромиографии является средняя частота биоэлектрической активности мышцы. В качестве удобного в клинике метода дифференциальной диагностики предложен упрощенный алгоритм параметров электромиографии на основе анализа М-ответов в дистальных отделах нерва и средней частоты БЭА мышц стоп. Выявлено, что нарушения периферического звена нижних конечностей у пациентов с травмой таза были отмечены в 62% случаев. Нейропатии малоберцового нерва наблюдалось в 7 раз чаще, чем большеберцового. Выявлено, что выраженные нарушения функций мышц нижних конечностей отмечаются при нейропатии *n. tibialis* ниже 5% и *n. peroneus* ниже 20% от нормы. Нейропатии *n. tibialis* и *n. peroneus* более 70% имеют лишь субклинические изменения мышц и хорошо восстанавливаются с течением времени.

**Ключевые слова:** травма костей таза, нейропатия нижних конечностей, электронейромиография, дифференциальная диагностика и прогноз восстановления

### **Summary**

This article is devoted to the electroneuromyography research performed on 50 patients with pelvic injuries. There was introduced the algorithm of peripheral neuropathy diagnosis with minimum of ENM-methods for lesions dianosis on lower extremities. Among all the studied muscles the most significant for the patients with pelvic injuries were chosen feet muscles (*m. flexor hal. br. et m. extensor dig. br.*), because those are the most distal portions, characterizing integrally the functioning of all the parts of nervous muscular system of lower extremities. The most stable and reproducible characteristic of electromyography is the medium frequency of bioelectric muscle activity. A simpler algorithm of electromyography parameters based on the M-responses analysis of nerves distal portions and bioelectric feet muscle activity medium frequency was proposed as a very convenient for clinics differential diagnosis method. 62 % of peripheral lower extremities lesions were found in patients with pelvic injuries. Peroneal nerve neuropathy was observed 7 times more often than tibial one. Expressed lower extremities muscles functions lesions were found with *n. tibialis* neuropathy less than 5% and with *n. peroneus* neuropathy less than 20% of the norm. More than 70% of *n. tibialis* and *n. peroneus* neuropathy has only subclinical muscles changes and are well recovered in long prospects.

**Key words:** pelvic injuries, lower extremities neuropathy, electroneuromyography, differential diagnosis, recovery prospects

### **Введение**

Повреждения таза относятся к числу наиболее тяжелых травм. Они составляют 3-18 % от общего числа травм, причем среди них 20-30 % - это сочетанные по-

вреждения. Нередко переломы костей таза сопровождаются неврологическими нарушениями проксимальной локализации и периферическими нейропатиями. Переломы костей таза, массивные разрушения мягких тканей

приводят в итоге к развитию рубцово-спаечного процесса с компрессией седалищного нерва. Повреждения нерва такого типа часто распознаются в поздние сроки после травмы, что обусловлено тяжелым состоянием больного в острый период и отсутствием хирургической настороженности в отношении повреждения нерва. Различия в лечебной тактике связаны с недостаточно разработанными критериями диагностики, вопросов патогенеза и хирургического лечения. Сведения о неврологических осложнениях и нейрокомпрессионных синдромах в основном содержатся в специальной «неврологической» литературе, в связи с чем недостаточно известны врачам других специальностей. В то же время, поражение нервов представляют ту клиническую проблему, где сходятся и переплетаются интересы хирургов, неврологов, ортопедов, травматологов и др. Меткая фраза Н.М. Жудова (1) о том что, «поражение периферических нервов не столько редко встречается, сколько плохо распознается», позволяет сделать вывод, что тема и по сей день остается актуальной для практического здравоохранения.

Неврологические осложнения при повреждениях тазового кольца могут возникать по нескольким основным механизмам: 1. Прямая, одномоментная травма нервных стволов (с признаками или без анатомического перерыва нервных волокон), сопровождающаяся смещением фрагментов подвздошной кости и крестца; 2. Повреждение в результате distraction нервных стволов при значительном смещении фрагментов таза; 3. Сдавление нерва (сплетения) отломками, головкой бедра, гематомами, развившимся воспалительным процессом (2). Кроме того, нейропатии могут возникнуть из-за дистрофических изменений в конечности при длительной иммобилизации и ятрогенных повреждений. По данным неврологов (3) известно, что повреждения нервов нижних конечностей наблюдается в 3-4 раза реже, чем верхних конечностей и в мирное время встречаются в 9-20% случаев. Отмечено, что исходы восстановительных операций при травме нервов нижних конечностей, среди которых наиболее чаще поражается седалищный нерв и его ветви, в клинической практике не всегда бывают удовлетворительными. Повреждения данного нерва и его ветвей приводит к длительной и стойкой утрате трудоспособности в 60-80% случаях. Независимо от вида оперативного лечения повреждения седалищного нерва в 47,6% случаев и более моторная функция малоберцовой порции не достигает полезной функции, что служит показанием к ранним реконструктивным ортопедическим операциям

Особые трудности в диагностике повреждения периферических нервов вызывают закрытые травмы нервов, возникающие при переломах костей, сильных ушибах и в том числе при травма костей таза. Перед врачом возникает вопрос определения места, степени поражения аксонов, характера патологии невралных структур (5). В этом случае наиболее эффективными являются стимуляционные методы ЭНМГ (4), игольчатой ЭМГ (7). При всей прогностической значимости игольчатой ЭМГ, ее применение ограничивается инвазивностью метода, сопровождающуюся выраженной болезненностью при

исследовании, а также ограничивается дороговизной игольчатых электродов, которые не все клиники могут себе позволить приобрести.

*Целью* данного исследования являлась ЭНМГ оценка степени повреждения нерва, состояния денервированной мышцы и определение динамики процесса нормализации параметров ЭНМГ периферического нерва мере восстановления функции мышцы у пациентов с травмой тазового кольца.

## Материалы и методы

Среди 452 больных с травмами таза, обследованных методом ЭНМГ, были отобраны 50 пациентов с нейропатиями периферических нервов, у которых ЭНМГ сделано в динамике для определения степени восстановления М-ответа нерва и функций мышц. Повторное исследование было проведено 2-6 раз в сроки от 1-3 месяцев до 3-4 года после травмы. Возраст пациентов варьировался от 20 до 60 лет.

У всех больных с травмой таза исследовались обе конечности: интактная и травмированная. Были использованы методики интерференционной миографии (ЭМГ) для определения биоэлектрической активности (БЭА) ведущих мышц: *m.flexorhallucisbrevis*, *m.extensordigitorumbrevis*, *m.tibialis anterior*, *m.gastrocnemius*, *m.rectusfemoris*. Дополнительно на 2-х мышцах (*m.flexorhallucisbrevis*, *m.extensordigitorumbrevis*) ЭМГ выполнена в покое и при максимальном произвольном напряжении. Данные ЭМГ проанализированы по параметрам БЭА: максимальная и средняя амплитуды (мкВ), частота БЭА (Гц), коэффициент асимметрии между сторонами по соотношению максимальных амплитуд. Рассчитывался процент отклонения средней амплитуды и частоты БЭА от нормы.

Для определения состояния периферических нервов, *n.tibialiset.peroneus*, использовали методики стимуляционной миографии с изучением М-ответов (мВ) от *m.flexorhallucisbrevis*, *m.extensordigitorumbrevis* при стимуляции в области голеностопных суставов и подколенной ямки. Исследование выполнено на электронейромиографе «Нейромиан» фирмы МЕДИКОМ (г. Таганрог). Параметры ЭНМГ введены в базу компьютера и проанализированы в статистической программе Excel.

## Результаты и обсуждение

По ранее проведенным нами ЭНМГ-исследованиям пациентов с травмой таза найдено, что нарушения периферического звена НМА нижних конечностей были отмечены в 62% случаев (8). У этих больных зарегистрировано снижение амплитуды и площади М-ответов, увеличение длительности М-ответов, увеличение конечных и резидуальных латентностей, изменение формы вызванных потенциалов. Скорость проведения импульса практически всегда сохранялась в пределах нормы (более 40 м/с). ЭНМГ-признаки мононейропатии была отмечена в 34% случаев, причем в 7 раз чаще, был поврежден малоберцовый нерв – в 30% случаев, и гораздо реже – в 4% случаев, большеберцовый нерв. Повреждение двух

периферических нервов было отмечено в 17% случаев. Поражение трех и более нервов наблюдалось в 11% случаев.

В настоящем исследовании предлагается несколько модернизированный алгоритм диагностики периферических нейропатий, сводящий к минимуму набор ЭНМГ-методик для диагностики нарушений НМА нижних конечностей. По нашим наблюдениям, среди всех исследованных мышц наиболее значимыми и прогностически важными в плане восстановления функций нижних конечностей у пациентов с травмой таза являются мышцы стоп (*m. flexorhal. br. et m. extensor dig. br.*), т.к. именно они являются самыми дистальными отделами, интегрально характеризующими работу всех звеньев цепи нервно-мышечного аппарата нижних конечностей. Параметры глобальной ЭМГ этих мышц рассматриваются нами в качестве суммарного показателя работы цепи: спинальные мотонейроны – передние корешки – двигательные волокна периферических нервов – мышцы. «Показано, что частичное нарушение функционирования любого из элементов этой цепи влечет за собой дезорганизацию работы всех структурных элементов, следствием чего является снижение амплитуды и частоты БЭА мышц, появление в кривой ЭМГ «периодов молчания», признаков десинхронизации» (9).

Нужно дифференцировать произвольную максимальную активность мышц, прилагаемых пациентом осознанно от признаков спонтанной активности мышц, которые также могут быть видны при глобальной ЭМГ. Спонтанная активность мышц может быть зафиксирована после полной или частичной денервации волокна скелетных мышц. Тогда появляются потенциалы фибрилляций (ПФ) и положительные острые волны (ПОВ), которые четко видны при использовании игольчатой ЭМГ. Этот феномен является одним из наиболее ярких электрических проявлений денервации. В семидесятых годах он был хорошо изучен как в эксперименте, так и в клинике. Как показали результаты этих исследований, появление спонтанной активности мышечных волокон (ПФ и ПОВ) является следствием лишения мышцы трофического влияния со стороны двигательного нерва (5,7).

Наличие при произвольной активности даже минимальной по амплитуде (СА) и частоте (СЧ) БЭА (редуцированной, или II – III типа ЭМГ по Юсевич) в дистальных мышцах является надежным признаком сохранения анатомической непрерывности нерва и благоприятного прогноза восстановления. При положительной динамике происходит увеличение СА и СЧ и постепенная трансформация суммарной ЭМГ из редуцированной (III тип ЭМГ) в уреженный (II тип ЭМГ) и далее в насыщенный (I тип ЭМГ). По нашим наблюдениям среди всех изученных параметров глобальной ЭМГ наиболее стабильным признаком изменения БЭА мышц является средняя частота (СЧ), по которой мы и предлагаем ориентироваться для определения динамики процессов восстановления НМА.

В качестве оценки нейропатий классически был использован М-ответ при стимуляционной методике ЭНМГ. Степень снижения амплитуды М-ответа при по-

ражении периферического нерва *n.tibialis et n.peroneus* у пациентов с травмой таза была различной. Для характеристики снижения амплитуды М-ответа рассчитывалось соотношение амплитуды и площади М-ответа от нормы и выражалась в процентах (%). В норме на данном аппарате амплитуда М-ответа *n.tibialis* была 10-12 мВ, площадь М-ответа 20-25 мВ\*мс., а *n.peroneus* 4-6 мВ и 12-15 мВ соответственно.

Таким образом, в отобранной группе с поражением периферических нервов из 50 пациентов с травмой таза были проанализированы параметры глобальной ЭМГ 200 мышц стоп и показатели стимуляционной ЭНМГ 200 периферических нервов. Сначала проанализированы результаты ЭНМГ пациентов с клинически выраженной слабостью движений. В зависимости от частоты (СЧ) БЭА мышц стоп (отдельно по сгибателям и разгибателям) проведена разбивка на группы пациентов и сделан анализ оценки нейропатий в каждой группе:

1 группа – редуцированный тип ЭМГ с частотой 1-50 Гц *m. flexorhal. br.*;

2 группа – уреженный тип ЭМГ с частотой 51-100 Гц *m. flexorhal. br.*;

3 группа – редуцированный тип ЭМГ с частотой 1-50 Гц *m. extensor dig. br.* ;

4 группа – уреженный тип ЭМГ с частотой 51-100 Гц *m. extensor dig. br.*

После анализа данных рассчитан процент снижения М-ответа в каждой группе по сравнению с нормой (табл.1).

По данным таблицы 1 видно, что при снижении М-ответа *n.tibialis* ниже 5% от нормы и *n.peroneus* ниже 21% от нормы клинически наблюдаются значительных нарушениях функций стоп, что характеризуется низко-частотной и низкоамплитудной электромиограммой (1 и 3 группы). Если снижение М-ответа *n.tibialis* ниже 32% от нормы и *n.peroneus* ниже 33% от нормы у пациента отмечаются умеренно-выраженные снижения функций стоп и уреженный тип ЭМГ (2 и 4 группы). Следует отметить, что движения флексоров присутствуют даже при минимальной иннервации *n.tibialis* - в 5%, тогда для такого же действия экстензоров необходимо сохранение двигательных волокон пучка *n.peroneus* в 4 раза больше – 21% от нормы. Нам кажется, что наши выводы хорошо сопоставимы с практическими заключениями нейрохирургов, занимающихся восстановлением седалищного нерва (3): «При реконструкции седалищного нерва независимо от вида операции его малоберцовая порция регенерирует хуже большеберцовой и даёт полезное восстановление функций в соотношении 1:2. При пластической реконструкции седалищного нерва восстановление малоберцовой порции является малоэффективным, поэтому следует максимально восстанавливать его большеберцовую порцию для предотвращения чувствительных, вегетативных и трофических нарушений».

На втором этапе исследования проанализированы результаты ЭНМГ пациентов с достаточной функцией мышц и не выраженной клинически слабостью движений, тем не менее у которых при ЭНМГ выявлено снижение

Таблица 1. Среднее значение снижения М-ответа *n.tibialis* и *n.peroneus* (в %) при разных типах ЭМГ у пациентов с травмой таза

Тип ЭМГ (частота БЭА в Гц)	Мышцы	
	<i>m. flexor hal. br</i>	<i>m. extensor dig. br</i>
Редуцированный тип (1-50)	5%	21%
Уреженный тип (50-100 Гц)	32%	33%

Таблица 2. Среднее значение снижения М-ответа *n.tibialis* и *n.peroneus* (в %) при разных типах ЭМГ у пациентов с травмой таза

Тип ЭМГ (частота БЭА в Гц)	Мышцы	
	<i>m. flexor hal. br</i>	<i>m. extensor dig. br</i>
Умеренно насыщенный тип (100 -200 Гц)	65%	73%
Насыщенный тип (более 200 Гц)	78%	80%

М-ответа (субклинические изменения). В зависимости от частоты (СЧ) БЭА мышц стоп (отдельно по сгибателям и разгибателям) проведена разбивка на группы пациентов и сделан анализ оценки нейропатий в группе:

1 группа – умеренно-насыщенный тип ЭМГ с частотой 101-200 Гц *m. flexor hal. br*;

2 группа – насыщенный тип ЭМГ с частотой более 200 Гц *m. flexor hal. br*;

3 группа – умеренно-насыщенный тип ЭМГ с частотой 101-200 Гц *m. extensor dig. br* ;

4 группа – насыщенный тип ЭМГ с частотой более 200 Гц *m. extensor dig. br*

После анализа данных аналогично рассчитан процент снижения М-ответа в каждой группе по сравнению с нормой (Табл 2).

Из данных таблицы 2 видно, что процент снижения М-ответа по сравнению с нормой в группах различен: в 1 группе – 65%, во 2-ой – 78%, в 3-ей – 73%, в 4-й группе – 80%. Можно сделать вывод, что нейропатии при снижении М-ответов *n.tibialis* и *n.peroneus* больше 80% от нормы клинически не проявляются, мышцы при этом функционируют нормально. При снижении М-ответа *n.tibialis* выше 65% и *n.peroneus* выше 73%, нейропатии периферических нервов являются умеренными и имеют хороший прогноз в восстановлении. Еще раз следует отметить, что для нормальной функции мышцы нужен более сохраненный пучок двигательных волокон малоберцового нерва, чем большеберцового.

Кроме того, необходимо ввести специальную поправку в использовании предложенного алгоритма действия для свежих травм со сроком до 1 месяца после травмы. При свежей травме тазового кольца и возможном ушибе нервного ствола парабитические процессы вызывают полный блок проведения возбуждения по нерву (наивысшей интенсивности), что может привести к ошибочной диагностике полного перерыва нерва или значительному снижению М-ответа, при этом движения мышц могут быть минимальны из-за болевого шока. Более того, как сообщалось в докладе исследовательской группы ВОЗ (1982), при полном перерыве нерва в проксимальном отделе М-ответ сниженной амплитуды при дисталь-

ной стимуляции может сохраняться в течение 5-7 дней. Поэтому более точная диагностика степени повреждения нерва и ЭМГ мышц возможна при его обследовании не ранее, чем через 1 месяц после травмы. Как правило, к этому сроку у пациента рубцуются травматические и операционные раны.

Процесс реиннервации происходит у каждого пациента индивидуально, в зависимости от возраста, сроков после травмы и степени тяжести травмы. Но и здесь можно найти общие особенности. Мышцы нижних конечностей у больных с травмой таза восстанавливаются гораздо быстрее, чем периферические нервы, причем раньше – проксимальные отделы, позже – дистальные. Так что диагностика ЭМГ мышц стоп и в этом случае является показательной, как восстановление завершающего звена НМА нижних конечностей.

Общезвестно, что сроки реиннервации зависят от возраста: более молодые пациенты восстанавливаются быстрее. Вероятность восстановления свежих нейропатий больше, чем застарелых. Замечено, более интенсивно процессы реиннервации идут в первые полгода – год после травмы и те М-ответы периферических нервов, которые достигаются в срок 1 год – сохраняются в дальнейшем без выраженных изменений.

Степень поражения нерва также очень значимо, особенно, если оно проксимальной локализации на уровне сплетения. По нашим данным у пациентов с травмой таза со сложными переломами и смещениями костей таза (типа С-3, В-3 по классификации АО) в 100% случаев на ЭНМГ фиксируются нарушения НМА, которые сохраняются более 1 года после травмы (8). Нейропатии *n.tibialis* и *n.peroneus* более 60% от нормы восстанавливаются практически полностью и в срок 1 г. часто достигают 100%. Менее благоприятен прогноз при выраженный нейропатиях. При регистрации после травмы ЭМГ мышц стоп IV типа ЭМГ по Юсевич (биологическое молчание) и фонового М-ответ (менее 0,5%) - прогноз неблагоприятный, т.к. дистальные отделы НМА в дальнейшем не восстанавливаются. По нашим наблюдениям, как и по литературным данным, мы отмечали, что большеберцовый нерв регенерирует лучше, чем малоберцовый.

Плохо идет восстановление иннервации при М-ответах менее 5% от нормы, чаще всего в срок 1 год после травмы М-ответ вырастает незначительно и функции мышц снижены. Более благоприятный прогноз, если при ЭНМГ изначально зарегистрирован М-ответ более 20%, то через полгода он вырастает до 30-40%, через 1 год – 45-55% от нормы. При долговременном наблюдении (до 6 лет после травмы) отмечено, что при таких нейропатиях (15-20%), полного восстановления нерва (до 100%) не происходит, М-ответы увеличиваются, как правило, до 50-60%. Но и такой иннервации, вполне хватает, для практически удовлетворительной функции мышц нижних конечностей.

Таким образом, предложенный алгоритм анализа ЭНМГ с исследованием М-ответов дистальных отделов и средней частоты БЭА мышц стоп может быть использован как для скринингового тестирования, так и при длительном мониторинге функций нейро-мышечного аппарата с целью прогнозирования направленности динамики процессов реабилитации.

## Выводы

1. Нарушения периферического звена НМА нижних конечностей у пациентов с травмой таза были отмечены в 62% случаев. Нейропатии малоберцового нерва наблюдалась в 7 раз чаще, чем большеберцового.

2. Выраженные нарушения функций мышц нижних конечностей отмечаются при нейропатии *p.tibialis* ниже 5% и *p.peroneus* ниже 20% от нормы.

3. Нейропатии *p.tibialis* и *p.peroneus* более 70% имеют лишь субклинические изменения мышц НМА и хорошо восстанавливаются с течением времени.■

*Стельмах Константин Константинович – доктор мед.наук, травматолог-ортопед, ведущий специалист травматологического отделения ФГУ «УНИИТО им. В.Д. Чаклина», г. Екатеринбург; Зубарева Татьяна Владимировна – кандидат биологических п, нейрофизиолог, старший научный сотрудник лаборатории биомеханики «УНИИТО им. В.Д. Чаклина», г. Екатеринбург; Широков Василий Афонасьевич – д.м.н., профессор, руководитель НПО «Клиника неврологии» ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП, г. Екатеринбург; Давыдов Олег Сергеевич – к.м.н., медицинский советник, г. Москва; Автор, ответственный за переписку - Зубарева Татьяна Владимировна, г.Екатеринбург, ул. Московская, 12. Контактный телефон: 8-919-36-47-381, e-mail: tat-zubareva@yandex.ru*

## Литература:

1. Мельцер Р.И., Ошукова С.М., Иванова И.У. Нейрокомпрессионные синдромы. Петрозаводск, 2002. 183с.
2. Лобанов Г. В. Внеочаговый остеосинтез нестабильных повреждений таза.// Автореф. докт. дисс. – Киев, 2001. – 30 с.
3. Хамзаев Р.И. Результаты лечения повреждений седалищного нерва и его ветвей.// Автореф. канд. дисс. – СПб., 2009. – 25с.
4. Гехт Б.М., Касаткина Л.Ф., Самойлов М.И., Санадзе А.Г. Электромиография в диагностике нервно-мышечных заболеваний. – Таганрог, 1997. -370 с.
5. Касаткина Л.Ф. Электромиографический анализ состояния двигательных единиц и мышечных волокон при хронических заболеваниях периферического нейро-моторного аппарата у человека.// Автореф. канд. дисс. – М., 1980. – 28с.
6. Миронов С.П., Крупаткин А.И., Голубев В.Г., Панов Д.Е. Диагностика и выбор тактики лечения при повреждениях периферических нервов. Журн.»Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова», 2005, ц 2. – С.33-39.
7. Касаткина Л.Ф., Николаев С.Г. Аспекты электромиографической диагностики при травме периферических нервов.// X юбилейная международная конференция «Новые информационные технологии в медицине и экологии». Украина, Ялта-Гурауф.2002. –С.309-313.
8. Зубарева Т.В. Диагностика неврологических нарушений при переломах костей таза.// V межрегиональная конференция «Медицина и здоровье. Здоровоохранение Свердловской области». – Екатеринбург, 2009. С.35-36.
9. Шеин А.П., Криворучко Г.А., Чухарева Н.А. Методы диагностики и электростимуляционной терапии в комплексной реабилитации больных со свежей и застарелой травмой позвоночника и спинного мозга.// Пособие для врачей. – Курган, 2001. – 21с.
10. Периферические нейропатии. Доклад исследовательской группы ВОЗ. – Женева, 1982. – 142с.