

DOI: 10.29413/ABS.2018-3.6.8

УДК 616.711-073.788

Ипполитова Е.Г.<sup>1</sup>, Верховина Т.К.<sup>1,2</sup>, Кошкарева З.В.<sup>1</sup>

## Значение ЭМГ и ЭНМГ в диагностике и лечении дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника (обзор литературы)

<sup>1</sup> ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» (664003, г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1, Россия)

<sup>2</sup> Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России (664049, г. Иркутск, Юбилейный, 100, Россия)

### Резюме

Представлен обзор отечественной и зарубежной литературы по вопросу применения нейрофизиологических методов диагностики: электронейромиографии (ЭНМГ) и электромиографии (ЭМГ), – при дегенеративно-дистрофических заболеваниях позвоночника. Большинство авторов считают, что модификации стимуляционной электромиографии являются объективными диагностическими методами, позволяющими оценить функциональное состояние периферического отдела нервной системы. Изменения ЭМГ- и ЭНМГ-параметров при остеохондрозе позвоночника регистрируются даже при отсутствии внешних проявлений заболевания. В то же время для пациентов с миофасциальным синдромом при поясничном остеохондрозе является характерным двустороннее снижение прямой и рефлекторной возбудимости мотонейронов, замедление проведения импульса по дуге Н-рефлекса на стороне боли и двустороннее локальное ускорение проведения импульса на дистальном участке эфферентной части дуги Н-рефлекса от подколенной ямки до камбаловидной мышцы. Характерен тот факт, что патологический процесс в нервной ткани, по данным ЭНМГ, у больных остеохондрозом позвоночника с односторонними корешковыми синдромами носит двусторонний характер. Работами нашей клиники показано, что диагностическая электронейромиография может рассматриваться как лечебная процедура – электропунктура, – и по её результатам может определяться тактика и хирургического, и консервативного лечения. Данные ЭНМГ- и ЭМГ-исследований, проведённых по окончании любого из перечисленных видов лечения, служат объективным контролем его эффективности.

**Ключевые слова:** остеохондроз позвоночника, электромиография, электронейромиография

**Для цитирования:** Ипполитова Е.Г., Верховина Т.К., Кошкарева З.В. Значение ЭМГ и ЭНМГ в диагностике и лечении дегенеративно- дистрофических заболеваний позвоночника (обзор литературы). Acta biomedica scientifica, 2018, 3 (6), 59-68, DOI 10.29413/ABS.2018-3.6.8.

## Significance of EMG and ENMG in the Diagnosis and Treatment of Degenerative-Dystrophic Diseases of the Spine (Literature Review)

Ippolitova E.G.<sup>1</sup>, Verkhovina T.K.<sup>1,2</sup>, Koshkareva Z.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology (ul. Bortsov Revolyutsii 1, Irkutsk 664003, Russian Federation)

<sup>2</sup> Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education (Yubileyniy 100, Irkutsk 664049, Russian Federation)

### Abstract

The article presents the review of domestic and foreign literature on the use of neurophysiological diagnostic methods – electroneuromyography (ENMG) and electromyography (EMG) in degenerative-dystrophic diseases of the spine. The ENMG method is of great importance for theoretical neurology, obtaining new data on the structural and functional organization of the central and peripheral nervous system in the process of individual development. Electromyography as a diagnostic method studies the electrical activity of the peripheral apparatus of the nervous system. With these methods we directly evaluate both voluntary bioelectric activity of muscles at rest and during their activation (EMG), and caused by stimulation (ENMG). Most authors believe that modifications of stimulation electromyography are objective diagnostic methods that allow to assess the functional state of the peripheral nervous system. Interesting is the fact that changes in EMG and ENMG parameters for osteochondrosis of the spine are recorded even in the absence of external manifestations of the disease. At the same time, for patients with myofascial syndrome in lumbar osteochondrosis, a bilateral decrease in the direct and reflex excitability of motoneurons is characteristic, a slowing down of the pulse along the arc of the H-reflex on the side of the pain and a two-sided local acceleration of the pulse on the distal part of the efferent part of the H-reflex arc from the popliteal pits to soleus muscle. Noteworthy is the fact that the pathological process in the nervous tissue according to ENMG in patients with osteochondrosis of the spine with unilateral radicular syndromes is bilateral. The work of our clinic has shown that diagnostic electroneuromyography can be considered as a medical procedure – electropuncture, according to its results, tactics of both surgical and conservative treatment can be determined. Data of EMG and ENMG, carried out after the end of any of the listed types of treatment, serve as an objective control of their effectiveness.

**Key words:** osteochondrosis of the spine, EMG, ENMG

**For citation:** Ippolitova E.G., Verkhovina T.K., Koshkareva Z.V. Significance of EMG and ENMG in the diagnosis and treatment of degenerative-dystrophic diseases of the spine (literature review). Acta biomedica scientifica, 2018, 3 (6), 59-68, DOI 10.29413/ABS.2018-3.6.8.

## ВВЕДЕНИЕ

Взаимосвязь медицинской науки с прогрессивными биотехнологиями не только содействует созданию новых методов обследования, но и способствует возрождению классических диагностических методов. Так, традиционная электронейромиография наряду с МРТ-исследованием в настоящее время является одним из основных диагностических методов у пациентов с дискогенными корешковыми синдромами [5]. Электронейромиографическое (ЭНМГ) обследование является одним из методов функциональной диагностики, позволяющим решить актуальные клинические вопросы относительно патофизиологического состояния нервно-мышечного аппарата, топического распознавания заболеваний и контроля эффективности лечения [1, 19, 25, 36]. Вопросы клиники, диагностики и лечения остеохондроза позвоночника являются неперенной составной частью программ большинства международных и региональных конгрессов и съездов неврологов, ревматологов, патофизиологов, специалистов по функциональной диагностике [5, 36, 37]. Метод ЭНМГ имеет существенное значение для теоретической и практической неврологии, способствуя получению новых данных о структурно-функциональной организации центральной и периферической нервной системы в процессе индивидуального развития, развития теории функциональных систем [5, 10].

### Электронейромиография.

#### Характеристика

Электромиография – это метод функциональной диагностики, применяющийся для диагностики поражений спинного мозга, периферической нервной системы и скелетных мышц. При исследовании непосредственно оценивается как произвольная биоэлектрическая активность мышц в покое и при их активации (ЭМГ), так и биоэлектрическая активность мышц, вызванная путём стимуляции (ЭНМГ). Поверхностная ЭМГ является неинвазивным способом фиксирования и анализа биопотенциалов мышц в состоянии покоя и при произвольном напряжении с помощью регистрации электрической активности на кожных электродах, расположенными над двигательной точкой мышцы [1, 5]. Электромиография даёт возможность оценивать общую суммарную электрическую активность мышц. Электронейрография является способом регистрации вызванных электрических потенциалов (ВП) мышц, полученных при электрической стимуляции периферического нерва с определением латентного периода, формы, амплитуды, длительности ВП и скорости распространения возбуждения (СРВ) по двигательным и чувствительным волокнам нервов. Данная методика позволяет оценить состояние нерва по всей его протяжённости, судить о типе, степени поражения нерва, определить состояние терминалей аксонов [1, 5].

Для пациентов с остеохондрозом позвоночника наибольшее значение имеют следующие методы ЭНМГ: определение параметров М-ответа; СРВ по нервным волокнам двигательных и чувствительных нервов; исследование F-волны и моносинаптического Н-рефлекса. Диагностика поражения на каждом уровне сегментарного строения нервной системы, как правило, имеет один наиболее информативный и адекватный метод в комплексе ЭНМГ-исследований. Так, для диагностики надсегментарного уровня наиболее информативна поверхностная ЭМГ, для уровня ствола нерва – методика определения СРВ, для уровня мышечного волокна – игольчатая ЭМГ [19, 22, 40].

В независимых исследованиях отечественными учёными установлена прямая корреляционная связь между данными клинично-неврологического, нейровизуализационного и нейрофизиологического исследований, отражающая степень тяжести компрессионно-ишемического повреждения пояснично-крестцовых спинномозговых корешков [4, 6, 7]. В ответ на сдавление спинномозгового корешка пояснично-крестцового отдела позвоночника может развиваться радикулопатия как спинномозговых корешков, так и периферических нервов, исходящих из пояснично-крестцового сплетения. [16, 21]. Установлено, что сначала поражаются чувствительные волокна по типу демиелинизации, при этом на ЭНМГ регистрируется снижение сенсорной проводимости. При прогрессировании пояснично-крестцовых радикулопатий поражением охватываются и двигательные волокна, изменения которых происходят по аксонально-демиелинизирующему типу [11, 47].

### Остеохондроз позвоночника.

#### Эпидемиология

В настоящее время ранняя диагностика остеохондроза позвоночника является одной из важнейших проблем современной вертебрологии, что обусловлено распространённостью данного заболевания. Причём компрессионные синдромы спинного мозга по распространённости, числу дней нетрудоспособности и инвалидизации занимают ведущее место среди неврологических синдромов [20, 21, 22, 23]. Следует отметить, что регулярно появляющиеся боли в различных отделах позвоночника испытывают около 20 % взрослого населения, из них у 80 % пациентов под действием лечения боли проходят довольно быстро, в течение 2–3 недель. У остальных заболевание приобретает хроническое рецидивирующее течение. Кроме того, многие люди лечатся самостоятельно народными средствами и лишь в крайних случаях выписывают врача, что делает представляемые статистические данные далеко не полными [28, 30]. Первые клинично-неврологические и рентгенологические признаки заболевания могут уже диагностироваться в 20–30-летнем возрасте [4] с дальнейшим прогрессированием заболевания. Многие учёные считают остеохондроз «следствием естественного процесса

старения организма» [4, 9], при этом основную нагрузку несёт поясничный отдел позвоночника, и остеохондроз данного отдела встречается чаще, чем остеохондроз шейного и грудного отделов [3, 4, 9].

В течение 80–90-х гг. XX века, благодаря работам ряда авторов [32, 33], стало возможным зарегистрировать появление остеохондроза шейного отдела позвоночника, протекающего с головными болями, головокружением, раздражительностью, нарушением сна. практически у каждого второго ребёнка. При шейном остеохондрозе наблюдается асимметрия прямых шейных мышц, нестабильность шейных позвонков (смещение их относительно друг друга), что приводит к появлению функциональных блоков (ФБ), нарушению взаимоположения позвонков [32, 33] и уменьшению объёма движения. Применение электромиографических исследований помогает дать объективную оценку происходящих изменений нервно-мышечного аппарата проблемного позвоночно-двигательного сегмента [1, 4, 7]. Следует подчеркнуть, что диагностическая значимость электромиографии при корешковых синдромах не уступает в этом отношении миелографии. Однако вопросы её применения на ранних стадиях остеохондроза позвоночника представлены единичными публикациями [3, 9, 19].

#### **ЭНМГ при остеохондрозе позвоночника**

Задачами, решаемыми электронейромиографией у пациентов с остеохондрозом позвоночника в совокупности с клиническими данными, являются: исключение или подтверждение участия нервной системы в развитии заболевания; проведение топической диагностики патологического процесса; выявление функциональных нарушений с определением степени их выраженности; определение степени тяжести патологического процесса; изучение динамики патологического процесса.

При остеохондрозе позвоночника возможно зарегистрировать диффузное или сегментарное поражение миелиновой оболочки нервного волокна (демиелинизирующий тип поражения) [10, 19]. Диффузная демиелинизация при дегенеративно-дистрофических заболеваниях позвоночника вызывает равномерное снижение скорости проведения возбуждения по всем аксонам нерва без нарушения временной дисперсии и без десинхронизации; форма М-ответа не нарушается. Сегментарная демиелинизация приводит к нарушению проведения и по высокопроводящим, и по низкопроводящим волокнам, что сказывается на увеличении дисперсии значений СРВ, которое приводит к полифазности М-ответа, что было подтверждено собственными исследованиями [3, 14]. Аксональный тип возникает при поражении осевого цилиндра нервного волокна, нарушении трофики аксона и аксонального транспорта. Следствием снижения возбудимости аксона может явиться прекращение его активации в зоне поражения и дистальнее неё. Тотальное аксональное поражение всех нервных волокон приводит к полной утрате электровозбудимости нерва [19, 39]. Следует отметить, что нарушения нерва носят смешанный характер с возможным преобладанием аксонального или демиелинизирующего типов. При патологии

передних рогов спинного мозга на ранних стадиях процесса определяется ирритативный характер поражения в виде чрезмерной активации мотонейронного пула, которая определяется наличием потенциалов фасцикуляций в покое. Поскольку гибели (выпадения) мотонейронов в данный период заболевания нет и отсутствуют изменения в структуре ЭМГ, при произвольном напряжении мышц лишь повышается амплитуда её активности [3, 17]. При выпадении или угнетении мотонейронов происходит снижение активности покоя и синергической активации мышцы, и регистрируется «низкоамплитудная насыщенная, частично уреженная или частокольная ЭМГ» в зависимости от числа «выпавших» мотонейронов. При глубоком поражении передних рогов спинного мозга на фоне указанных изменений происходит повышение амплитуды активности [13, 14].

Изменения характера ЭМГ при поражении корешков, сплетений и периферических нервов соответствуют таковым при поражении передних рогов спинного мозга [19, 24], отличаясь паттерном ЭМГ, который имеет вид низкоамплитудной и низкочастотной кривой, вследствие менее выраженного ирритативного компонента поражения.

Российские и зарубежные учёные [2, 26, 43] придают большое значение регистрации поздних ответов – Н-рефлекса и F-волны – у пациентов с остеохондрозом. Данные феномены позволяют оценить состояние проводимости всей сегментарной дуги как сенсорных, так и двигательных волокон вне спинного мозга и интраспинально. При патологии сегментарной дуги авторы обнаружили снижение амплитуды Н-рефлекса и возрастание его латентности. Исчезновение поздних ответов (Н-рефлекса и F-волны) наблюдается при появлении блока проведения возбуждения по двигательному корешку  $S_1$ , который вызывает Н-рефлекс в *m. gastrocnemius*). F-волна будет сохранена при поражении сенсорных волокон корешка  $S_1$ . По мнению некоторых авторов, снижение амплитуды Н-рефлекса при нарушении проводящей системы интра- и экстракспинальной части сегментарной дуги всегда сочетается с увеличением латентного периода Н-рефлекса [2, 29, 47].

F-волна является двигательным ответом мышцы на возвратный разряд мотонейронов при стандартной стимуляции нерва и имеет большую латентность, чем М-ответ. В норме процент выявления F-волн при исследовании колеблется от 20 % до 100 %: 40 % – для малоберцового нерва; 90 % – для локтевого [2, 19]. Ряд авторов указывают на снижение процента выявления F-волны или полное её отсутствие, что обусловлено возникновением частичного или полного проксимального блока при поражении периферических нервов, передних рогов спинного мозга различной этиологии [2, 27, 48].

При хронической воспалительной полинейропатии резкое снижение амплитуды дистального М-ответа при отсутствии ЭНМГ-признаков поражения проксимальных отделов периферических нервов и нормальных значениях СПИ в дистальных сегментах указывает на аксональный тип поражения [5, 7, 22]. При переднероговом и аксональном поражении

авторы отмечают увеличение продолжительности и амплитуды F-волны [10, 13, 15]. В отличие от полинейропатии, при вертеброгенной компрессионной радикулопатии наблюдается асимметричное повышение минимальной латентности [18, 37].

В литературе имеются сообщения о том, что чувствительность метода оценки F-волны в диагностике радикулопатии достигает 80 % [25, 44, 45] и повышается при исследовании хронодисперсии F-волн, особенно в отношении радикулопатий L<sub>5</sub>-S<sub>1</sub> [2, 18, 35, 39, 40]. В ряде исследований [13, 37, 46, 50] проводилось изучение F-волны у пациентов с поражением корешков спинного мозга при узком позвоночном канале. Было установлено, что увеличение хронодисперсии F-волны происходит при изменении положения тела в пространстве, например, при кратковременном нахождении пациента в положении стоя, что указывает на целесообразность изучения F-волны для оценки функции нервных корешков при статических нагрузках в динамике.

Специфические изменения H-рефлекса наблюдаются у пациентов с остеохондрозом поясничного и пояснично-крестцового отделов позвоночника. Регистрируется двустороннее снижение прямой и рефлекторной возбудимости мотонейронов, замедление проведения импульса по дуге H-рефлекса на стороне боли и двустороннее локальное форсирование проведения импульса на дистальном участке эфферентной части дуги H-рефлекса от подколенной ямки до камбаловидной мышцы [2, 26, 43]. Положительная динамика параметров H-рефлекса происходит в результате эффективной терапии. Таким образом, H-рефлекс может использоваться в качестве чувствительного маркера в диагностике и терапии миофасциального синдрома у больных с упомянутой патологией.

#### **ЭМГ при остеохондрозе позвоночника**

Определённый научный интерес при остеохондрозе позвоночника представляет изучение сократительных свойств скелетных мышц в изометрическом режиме [24, 26]. С помощью датчиков, преобразующих механические изменения в электрические, регистрируют отдельные мышечные сокращения, что позволяет одновременно изучать основные функциональные периоды работы мышцы: передачу нервного импульса с нерва на мышцу и проведение возбуждения по саркомере; электромеханическое сопряжение; функцию контрактильных элементов; механизмы энергетического снабжения мышцы. Таким способом удаётся регистрировать сокращения отдельных мышечных клеток.

При остеохондрозе позвоночника мягкие ткани задействованы в патологическом процессе наряду с межпозвоноковыми дисками. Выраженность и характер изменений в мышцах, их тонические реакции напрямую зависят от степени патологического процесса, протекающего в позвоночнике. В работах ряда авторов [31, 49] с помощью диагностической электромиографии (ЭМГ) дана оценка состояния нервно-мышечного аппарата с учётом повреждения определённого сегмента позвоночника. В настоящее время электромиография признана основным методом в диагностике заболеваний периферической

нервной системы. С помощью анализа показателей ЭМГ подбирают адекватную терапию, оценивают результаты проведённого курса лечения [30, 31, 32]. Электромиографическое исследование в 90 % случаев позволяет определить сегмент локализации межпозвоночных грыж: для диагностики поражения нервных корешков сегментов L<sub>4</sub>, L<sub>5</sub>, S<sub>1</sub> позвоночника проводят исследование четырёхглавой мышцы бедра, передней большеберцовой мышцы и медиальной головки икроножной мышцы [3, 22, 29, 41]. В исследовании Н.И. Стрелковой с соавт. [31] показано, что одновременно с выраженными клиническими проявлениями заболевания изменяется биоэлектрическая активность мышц. Самые глубокие изменения на электромиограммах авторы наблюдали у больных с каудальным и радикулоишемическим синдромами. Экспериментальными исследованиями Ф.А. Хабирова [32] также было продемонстрировано изменение сократительных свойств передней большеберцовой мышцы при проблемах поясничного отдела позвоночника. По мнению ряда авторов, благодаря ЭМГ представилась возможность выявления неврологических нарушений, характерных для начальных стадий остеохондроза позвоночника. Помимо этого, изучение показателей ЭМГ в динамике позволяет судить об эффективности проведённого лечения, а также прогнозировать заболевание [3, 6, 27]. В исследованиях Е.Л. Мачерет с соавт. [22] подчёркивается ведущая роль клинико-электромиографических показателей в диагностике остеохондроза позвоночника при отсутствии достоверных рентгенологических признаков. Подобного рода ЭМГ проводились у пациентов с шейным остеохондрозом в ИНЦХТ [3, 13, 14]. В итоге анализа фактических ЭНМГ показателей обнаружены аналогичные модификации параметров, что является подтверждением нарушения функции нервно-мышечного аппарата соответствующего позвоночно-двигательного сегмента вследствие компрессионных и рефлекторных механизмов, сопровождающихся воспалением и нарушением микроциркуляции и в конечном итоге приводящих к нарушению функционального состояния периферического нейромоторного аппарата. По мнению специалистов [3, 6, 13, 14], электромиографическое обследование больных остеохондрозом позвоночника позволяет уточнить уровень повреждения периферического нейромоторного аппарата и его характер, что является важным для постановки диагноза и разработки новых патогенетически обоснованных алгоритмов лечения.

#### **ЭНМГ-контроль эффективности лечения**

В отечественной и зарубежной литературе встречается достаточно много публикаций, посвящённых хирургическому лечению дискогенных компрессионных радикулопатий [8, 26, 29, 42, 46, 49]. В работах ряда авторов [26, 46, 49] отмечено, что оперативное лечение неврологических расстройств при остеохондрозе шейного отдела позвоночника не всегда позволяет достичь желаемого результата, поскольку невозможно учесть все факторы, определяющие патогенез их развития. Установлено, что в 4 % случаев после оперативного вмешательства на шейном отделе позвоночника возникают серьёзные

осложнения [42], которые можно объяснить тем, что результатом ламинэктомии, переднего корпородеза является декомпрессия отдельных невралжных элементов спинного мозга без учёта присутствующей нестабильности в позвоночно-двигательных сегментах. Ряд исследователей считают перспективным для решения данной проблемы сочетание оперативного хирургического лечения с электростимуляцией спинного мозга [29, 34, 38]. При сравнении результатов лечения авторы исследовали две группы больных: основную, в которой пациентам во время операции проводилась электростимуляция, и контрольную. Для оценки тяжести клиническо-неврологического состояния использовали данные шкалы JOA (Японская ортопедическая ассоциация) [39] и ЭНМГ-исследования: М-ответ с *m. hypothenar* и СРВ по нервным стволам плечевого сплетения (*n. ulnaris*) до и после лечения. До операции изучаемые показатели в основной и контрольной группах не имели статистически значимых различий. Вместе с тем уже в раннем послеоперационном периоде после сеансов электростимуляции статистически значимо ( $p < 0,05$ ) увеличивались и показатели шкалы JOA и ЭНМГ: амплитуда М-ответа изменилась с  $1,1 \pm 0,8$  до  $2,2 \pm 0,6$  мВ. Анализируя полученные данные, авторы приходят к выводу, что предложенный ими подход к оперативному лечению больных с неврологическими осложнениями шейного остеохондроза является весьма перспективным направлением, приводит к улучшению результатов лечения и в раннем, и в отдалённом послеоперационном периоде.

В литературе имеются сведения по изучению динамики восстановления мышц плечевого пояса при мышечно-тоническом синдроме с помощью метода ЭМГ. Доказано, что при разных синдромах остеохондроза шейного отдела позвоночника в той или иной степени страдает трапецевидная мышца, особенно в средней её части, поэтому в этом месте проводилась миоэлектрическая стимуляция и ЭМГ [12, 15]. При глобальной ЭМГ трапецевидной мышцы наблюдалась асимметрия биопотенциалов за счёт снижения величины амплитуды на стороне поражения, которая в среднем составила на больной стороне  $322 \pm 24,1$  мкВ, на противоположной стороне –  $461 \pm 26$  мкВ ( $p < 0,05$ ). К концу лечения с применением электростимуляции показатель амплитуды потенциалов возрос до  $487 \pm 27,8$  мкВ, восстановление же данных показателей после комплексного лечения без электростимуляции происходило через 1 месяц. Под влиянием лечения восстанавливался нормальный тонус мышц, о чём свидетельствует показатель эффективности сокращения, а также возрастала сила мышц кисти.

Ряд учёных рекомендуют применение ЭНМГ при дорсопатиях пояснично-крестцовой локализации, поскольку данная патология наиболее часто встречается среди нозологических форм заболевания и сопровождается периодически возобновляющимся болевым синдромом [7, 11]. Для мониторинга функционального состояния спинномозгового корешка используется определённый набор нейрофизиологических методов: исследование параметров прямого и рефлекторного ответов, F-волны [5, 25]. По нашему

мнению, актуальность задачи продвижения и повышения качества электронейромиографического обследования больных с пояснично-крестцовыми радикулопатиями не только обусловлена элементом диагностики, но и имеет принципиальное значение для выбора вида лечения: хирургического или консервативного [3, 4].

На наш взгляд, специфика использования электростимуляции для лечения послеоперационных осложнений остеохондроза позвоночника при различных видах операций изучена недостаточно, поэтому существует необходимость анализа результативности предлагаемой методики комбинированного лечения [29, 34] с использованием показателей электронейромиографии.

Специалисты по мануальной терапии представили данные электронейромиографических исследований у больных с шейными компрессионно-радикулярными синдромами до и после комплексного консервативного лечения с применением мануальной терапии, в сравнении с группой пациентов, получавших только медикаментозное лечение [12, 15]. Сравнение данных ЭНМГ в основной группе и в группе сравнения свидетельствовало о том, что мануальная терапия, направленная на коррекцию патогенетических функциональных патобиомеханических изменений с закреплением саногенетических реакций локомоторного аппарата, позволяет более эффективно влиять на состояние корешкового сегмента, уменьшая тем самым субъективные и объективные проявления заболевания [12, 15]. С.В. Никонов [26] приводит данные о повышении амплитуды максимального М-ответа у больных основной группы (с применением мануальной терапии) после курса лечения на 32,7 % ( $p < 0,01$ ), что статистически значимо отличается данных группы сравнения, составивших 12,2 % ( $p < 0,05$ ), и указывает на большую эффективность комплексного подхода с применением мануальной терапии у больных с шейными компрессионно-радикулярными синдромами. Одновременно авторами отмечена и положительная динамика показателей F-волны.

Рядом исследователей при вертеброрадикулярном конфликте шейной локализации были выявлены ЭНМГ-изменения двух видов. Одни из них указывают на «патогенетический» характер повреждений периферической нервной системы, другие – на «саногенетический» характер. Они требуют от врача мануальной терапии каждый особого подхода к проведению лечебных манипуляций. Попытки снятия блокады саногенного характера может привести к углублению компрессии корешков, усилению болевого и мышечно-тонического синдрома [26, 32].

В работах сотрудников ИНЦХТ последних лет показано, что во время диагностической процедуры ЭНМГ осуществляется лечебное стимулирующее воздействие, аналогичное электроакупунктуре, поэтому в день проведения ЭНМГ авторы не рекомендуют проводить рефлексотерапию и физиолечение [3]. В материалах по изучению эффективности лечения осложнений остеохондроза шейного и пояснично-крестцового отделов позвоночника представлены динамика ЭМГ- и ЭНМГ-показателей до и после курса

терапии [13, 14]. Согласно алгоритму лечения, разработанному в ИНЦХТ, пациентам клиники нейрохирургии проводилось медикаментозное и немедикаментозное лечение, включающее физиотерапию, рефлексотерапию, массаж. В случае преобладания болевого и мышечно-тонического синдромов применяли седативные методики физиотерапии и рефлексотерапии. Если же были выявлены корешковые реакции в виде нейропатии, применяли тонизирующие методики. Контролем качества служила динамика показателей ЭНМГ. В случае положительной динамики показателей ЭНМГ продолжали лечение согласно алгоритму, а при отсутствии динамики больному планировалось оперативное лечение.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализируя данные отечественной и зарубежной литературы по применению методик электронейромиографии для изучения периферического аппарата нервной системы, можно сделать определённые выводы. Модификации стимуляционной электромиографии, применяемые в исследовании неврологических больных, являются объективными методами, позволяющими с помощью маркерных показателей выявить ранние проявления остеохондроза позвоночника, когда рентгенологические признаки ещё не визуализируются. Это даёт возможность с помощью немедикаментозных методов лечения стабилизировать процесс и своевременно начать профилактику осложнений. Электронейромиографическое исследование позволяет провести топическую диагностику поражённого ПДС, а также оценить функциональное состояние периферического отдела нервной системы при остеохондрозе позвоночника. Результаты проведённых ЭНМГ-исследований помогают в выборе тактики лечения (консервативного или хирургического). Проведение ЭНМГ-исследования в динамике позволяет оценить эффективность лечения и даёт возможность прогнозирования дальнейшего течения заболевания.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бадалян Л.О., Скворцов И.А. Клиническая электронейромиография: руководство для врачей. – М.: Медицина, 1986. – 368 с.
2. Беляков В.В. Значение F-волны и H-рефлекса для оценки функционального состояния спинномозговых нервов у больных с дистрофическим поражением межпозвоночных дисков // Мануальная терапия. – 2004. – № 2. – С. 82.
3. Верховина Т.К., Сороковиков В.А., Складенко О.В., Ипполитова Е.Г. Диагностика и рефлексотерапия болевых синдромов при остеохондрозе поясничного отдела позвоночника. – Иркутск: НЦРВХ СО РАМН, 2011. – 140 с.
4. Герасимова М.М., Петушков А.Ю., Власенко Н.Ю. Клинико-электронейромиографическая характеристика пояснично-крестцовых радикулопатий // Журнал неврологии и психиатрии. – 2006. – № 2. – С. 52–54.
5. Гехт Б.М., Касаткина Л.Ф., Самойлов М.И., Санадзе А.Г. Электромиография в диагностике нервно-

мышечных заболеваний. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1997. – 370 с.

6. Горбачева Ф.Е., Поняев М.Н., Зиновьева О.Е., Исайкин А.И. Диагностика уровней компрессии малоберцового нерва при остеохондрозе позвоночника // Журнал неврологии и психиатрии. – 1994. – Т. 94, Вып. 4. – С. 23–25.
7. Годованик О.О. Данные электромиографического исследования при типичных и атипичных формах дискогенного поясничного радикулита // Вопросы клинической электромиографии: сб. научн. тр. – Вильнюс, 1973. – С. 35–37.
8. Гуца А.О., Шевелев И.Н., Шахнович А.Р. Выбор хирургического доступа при шейной спондилогенной миелопатии // Вопросы нейрохирургии. – 2006. – Т. 1. – С. 8–13.
9. Епифанов В.А. Остеохондроз позвоночника. – М.: МЕДпресс-информ, 2004. – 272 с.
10. Живолупов С.А. Клиническая электронейромиография. – СПб.: ВМедА, 2007. – 152 с.
11. Живолупов С.А., Самарцев И.Н., Сыроежкин Ф.А. Современная концепция нейропластичности (теоретические аспекты и практическая значимость) // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2013. – № 10. – С. 102–108.
12. Зиняков Н.Н., Зиняков Н.Т. Биомеханическая коррекция функциональных локомоторных расстройств при шейных компрессионных синдромах // Мануальная терапия. – 2009. – № 3 (35). – С. 20–25.
13. Ипполитова Е.Г., Верховина Т.К. Электронейромиография: методические рекомендации. – Иркутск, 2015. – 23 с.
14. Ипполитова Е.Г., Верховина Т.К., Складенко О.В. Особенности электромиографических характеристик у больных дискогенным пояснично-крестцовым радикулитом до и после курса рефлексотерапии // Актуальные вопросы рефлексотерапии и традиционной медицины в области профилактики, лечения и медицинской реабилитации пациентов с различными заболеваниями: сб. тез. 1-го Байкальского международного симпозиума «Традиционная медицина и реабилитация». – 2015. – С. 39–41.
15. Кавалерский Г.М., Ченский А.Д., Тельпухов В.И., Жандаров К.А. Анатомо-морфологическое обоснование стеноза межпозвоночных каналов шейного отдела позвоночника // Мануальная терапия. – 2005. – № 4 (20). – С. 4–12.
16. Карпеев А.А., Ситель А.Б., Скоромец А.А. Мануальная терапия, диагностика и коррекция патобиомеханических изменений, возникающих при спондилогенных заболеваниях: методические рекомендации. – М., 2005. – 55 с.
17. Касаткина Л.Ф., Гильванова О.В. Электромиографические методы исследования в диагностике нервно-мышечных заболеваний. Игольчатая миография. – М.: Медика, 2010. – С. 196–248.
18. Кипервас И.П., Лукьянов М.В., Чузавкова Е.А., Петров А.В. Клиническое значение F-волны у больных с локальными невропатиями и радикулопатиями // Реабилитация больных с заболеваниями и последствиями повреждений позвоночника и крупных суставов: тез. докл. II науч.-практ. конф., посв. 5-летию

московского центра реабилитации больных и инвалидов (6–7 октября 1994 г.). – М., 1994. – С. 77–78.

19. Команцев В.Н. Методические основы клинической электронейромиографии: руководство для врачей. – СПб., 2006. – С. 170.

20. Корж А.А., Волков Е.Б. Остеохондроз позвоночника – взгляд на проблему с современных позиций // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1994. – № 4. – С. 27–30.

21. Кузнецов В.Ф. Вертеброневрология. Клиника, диагностика, лечение заболеваний позвоночника. – М.: Книжный дом, 2004. – 640 с.

22. Мачерет Е.Л., Лысенюк В.П., Гонгальский В.В. Клинико-электромиографическая оценка ранних неврологических проявлений остеохондроза позвоночного столба // Врачебное дело. – 1988. – № 11. – С. 83–86.

23. Минаева Н.Г. Обзорение иностранной литературы // Неврологический журнал. – 2001. – Т. 6, № 3. – С. 22–26.

24. Натальский А.А., Жаднов В.А. Электромиографические исследования при остеохондрозе позвоночника // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2003. – Т. 1–2. – С. 42–50.

25. Николаев С.Г. Практикум по клинической электромиографии. – Иваново, 2001. – 180 с.

26. Никонов С.В. Мануальная терапия в комплексном лечении больных с компрессионными синдромами поясничного остеохондроза в зависимости от пространственного расположения межпозвонковых грыж // Мануальная терапия. – 2005. – № 1 (17). – С. 26–36.

27. Новикова В.П. Возможности и границы метода исследования Н-рефлекса в диагностике заболеваний нервной системы // Ж. невропатологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 1981. – № 12. – С. 1804–1810.

28. Попелянский Я.Ю. Ортопедическая неврология (вертеброневрология). – М.: МЕДпресс-информ, 2003. – 672 с.

29. Розмарин В.Ш. Стимуляционная электромиография в оценке корешковых нарушений при поясничном остеохондрозе // Ж. невропатологии и психиатрии. – 1981. – Т. 81, Вып. 4. – С. 499–503.

30. Скоромец А.А., Скоромец Т.А., Шумилина А.П. Остеохондроз дисков: новые взгляды на патогенез неврологических синдромов // Неврологический журнал. – 1997. – № 6. – С. 53–55.

31. Стрелкова Н.И., Мусаев А.В. Клинико-электромиографическая характеристика больных с неврологическими синдромами поясничного остеохондроза // Периферическая нервная система: сб. статей. – Минск, 1983. – Вып. 6. – С. 114–188.

32. Хабилов Ф.А. Сократительные свойства скелетной мышцы при компрессионно-невралгических и миодистрофических синдромах поясничного остеохондроза // Ревматология. – 1990. – № 4. – С. 10–13.

33. Цивьян Я.Л. Управление ростом и формой позвонка. – Новосибирск: Наука, 1972. – 186 с.

34. Чехонацкий А.А., Шоломов И.И., Бубашвили А.И. Эффективность прямой электростимуляции спинного мозга в лечении неврологических ослож-

нений остеохондроза шейного отдела позвоночника // Ж. неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2011. – Т. 111, Вып. 6. – С. 33–36.

35. Ali A, Sabbahi MA. (2000). H-reflex changes under spinal loading and unloading conditions in normal subjects. *Clin Neurophysiol*, 4, 664–670.

36. Aminoff MJ. (1999). *Electrodiagnosis in clinical neurology*; 4<sup>th</sup> ed. New York, 792–793.

37. Ando M, Tamaki T, Kawakami M, Minamide A, Nakagawa Y, Maio K, Enyo Y, Yoshida M. (2013). Electrophysiological diagnosis using sensory nerve action potential for the intraforaminal and extraforaminal L5 nerve root entrapment. *Eur Spine*, 22 (4), 833–839. doi: 10.1007/s00586-012-2592-5.

38. Carragee EJ, Hurwitz EL, Cheng I, Carroll LJ, Nordin M, Guzman J, Peloso P, Holm LW, Côté P, Hogg-Johnson S, van der Velde G, Cassidy JD, Haldeman S; Bone and Joint Decade 2000–2010 Task Force on Neck Pain and Its Associated Disorders. (2008). Treatment of neck pain: injections and surgical interventions: results of the bone and joint decade 2000–2010 task force on the neck pain and its associated disorders. *Spine*, 33 (4S), S153–S169. doi: 10.1097/BRS.0b013e31816445ea.

39. Japanese Orthopaedic Association. (1976). Japanese Orthopaedic Association scoring system for cervical spondylotic myelopathy. *Nippon Seikeigeka Gakkai Zasshi*, 50, 18–19.

40. Jusić A, Baraba R, Bogunović A. (1995). H-reflex and F-wave potentials in leg and arm muscles. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 35 (8), 471–478.

41. Lee DC, Ham YW, Sung PS. (2012). Effect of visual input on normalized standing stability in subjects with recurrent low back pain. *Gait Posture*, 36 (3), 580–582.

42. Lomen-Hoerth C, Aminoff MJ. (1999). Clinical neurophysiologic studies: which test is useful and when? *Neurologic Clinics*, 17 (1), 65–74.

43. Pomerantz SR, Hirsch JA. (2006). Intradiscal therapies for discogenic pain. *Semin Musculoskelet Radiol*, 10 (2), 125–135.

44. Schuchmann JA. (1978). H-reflex latency in radiculopathy. *Arch Phys Med Rehabil*, 59 (4), 185–187.

45. Strakowski JA, Redd DD, Johnson EW, Pease WS. (2001). H reflex and F wave latencies to soleus normal values and side-to-side differences. *Am J Phys Med Rehabil*, 80 (7), 491–493.

46. Tang LM, Schwartz MS, Swash M. (1988). Postural effects on F-wave parameters in lumbar root compression and canal stenosis. *Brain*, 111 (Pt 1), 207–213.

47. Tsur A, Glass I, Solzi P. (2002). Exhausting fatigue influences F-wave and peripheral conduction velocity, following lumbar radiculopathy. *Disabil Rehabil*, 24 (13), 647–653.

48. Suter E, McMorland G, Herzog W. (2005). Short-term effects of spinal manipulation on H-reflex amplitude in healthy and symptomatic subjects. *J Manipulative Physiol Ther*, 28 (9), 667–672.

49. Waguespack A, Schofferman J, Slosar P, Reynolds J. (2002). Etiology of longterm failures of lumbar spine surgery. *Pain Med*, 3 (1), 18–22.

50. Wheeler AH, Murrey DB. (2002). Chronic lumbar spine and radicular pain: pathophysiology and treatment. *Curr Pain Headache Rep*, 6 (2), 97–105.

## REFERENCES

1. Badalyan LO, Skvortsov IA. (1986). Clinical electroneuromyography: guidelines for physicians [*Klinicheskaya elektroneyromiografiya: rukovodstvo dlya vrachey*]. Moskva, 368 p. (In Russ.)
2. Belyakov VV. (2004). The value of F-wave and H-reflex for evaluation of the functional state of spinal nerves in patients with dystrophic lesion of intervertebral discs [Znachenie F-volny i N-refleksa dlya otsenki funktsional'nogo sostoyaniya spinnomozgovykh nervov u bol'nykh s distroficheskim porazheniem mezhpozvonkovykh diskov]. *Manual'naya terapiya*, (2), 82. (In Russ.)
3. Verkhovina TK, Sorokovikov VA, Sklyarenko OV, Ippolitova EG. (2011). Diagnosis and reflexology of pain syndromes in osteochondrosis of the lumbar spine [*Diagnostika i refleksoterapiya bolevykh sindromov pri osteokhondroze poyasnichnogo otdela pozvonochnika*]. Irkutsk, 140 p. (In Russ.)
4. Gerasimova MM, Petushkov AY, Vlasenko NYu. (2006). Clinico-electroneuromyographic characteristics of lumbosacral radiculopathy [Kliniko-elektroneyromiograficheskaya kharakteristika poyasnichno-kresttsovykh radikulyatiy]. *Zhurnal nevropatologii i psikiatrii*, (2), 52-54. (In Russ.)
5. Gekht BM, Kasatkina LF, Samoylov MI, Sanadze AG. (1997). Electromyography in the diagnosis of neuromuscular diseases [*Elektromiografiya v diagnostike nervno-myshechnykh zabolovaniy*]. Taganrog, 370 p. (In Russ.)
6. Gorbacheva FE, Ponyaev MN, Zinovyeva OE, Isaykin AI. (1994). Diagnosis of the levels of compression of the peroneal nerve with osteochondrosis of the spine [Diagnostika urovney kompressii malobertsovogo nerva pri osteokhondroze pozvonochnika]. *Zhurnal nevropatologii i psikiatrii*, 94 (4), 23-25. (In Russ.)
7. Godovanik OO. (1973). Electromyographic examination data for typical and atypical forms of discogenic lumbar radiculitis [Dannye elektromiograficheskogo issledovaniya pri tipichnykh i atipichnykh formakh diskogenno poyasnichnogo radikulyati]. *Voprosy klinicheskoy elektromiografii: sbornik nauchnykh trudov*. Vil'nyus, 35-37. (In Russ.)
8. Gushcha AO, Shevelev IN, Shakhnovich AR. (2006). The choice of surgical access for cervical spondylogenic myelopathy [Vybor khirurgicheskogo dostupa pri sheynoy spondilogennoy mielopatii]. *Voprosy neyrokhirurgii*, (1), 8-13. (In Russ.)
9. Epifanov VA. (2004). Spinal osteochondrosis [*Osteokhondroz pozvonochnika*]. Moskva, 272 p. (In Russ.)
10. Zhivolupov SA. (2007). Clinical electroneuromyography [*Klinicheskaya elektroneyromiografiya*]. Sankt-Peterburg, 152 p. (In Russ.)
11. Zhivolupov CA, Samartsev IN, Syroezhkin FA. (2013). The modern concept of neuroplasticity (theoretical aspects and practical significance) [Sovremennaya kontseptsiya neyroplastichnosti (teoreticheskie aspekty i prakticheskaya znachimost')]. *Zhurnal nevropatologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova*, (10), 102-108. (In Russ.)
12. Zinyakov NN, Zinyakov NT. (2009). Biomechanical correction of functional locomotor disorders in cervical compression syndromes [Biomekhanicheskaya korrektsiya funktsional'nykh lokomotornykh rasstroystv pri sheynnykh kompressionnykh sindromakh]. *Manual'naya terapiya*, 3 (35), 20-25. (In Russ.)
13. Ippolitova EG, Verkhovina TK. (2015). Electroneuromyography: guidelines [*Elektroneyromiografiya: metodicheskie rekomendatsii*]. Irkutsk, 23 p. (In Russ.)
14. Ippolitova EG, Verkhovina TK, Sklyarenko OV. (2015). Features of electromyographic characteristics in patients with discogenic lumbosacral radiculitis before and after the course of reflexotherapy [Osobennosti elektromiograficheskikh kharakteristik u bol'nykh diskogenno poyasnichno-kresttsovykh radikulyatom do i posle kursa refleksoterapii]. *Aktual'nye voprosy refleksoterapii i traditsionnoy meditsiny v oblasti profilaktiki, lecheniya i meditsinskoy rehabilitatsii patsientov s razlichnymi zabolovaniyami: sbornik tezisov 1-go Baykal'skogo mezhdunarodnogo simpoziuma «Traditsionnaya meditsina i rehabilitatsiya»*, 39-41. (In Russ.)
15. Kavalerskiy GM, Chenskiy AD, Telpukhov VI, Zhandarov KA. (2005). Anatomico-morphological substantiation of stenosis of the intervertebral canals of the cervical spine [Anatomo-morfologicheskoe obosnovanie stenoza mezhpozvonkovykh kanalov sheynogo otdela pozvonochnika]. *Manual'naya terapiya*, 4 (20), 4-12. (In Russ.)
16. Karpeev AA, Sitek AB, Skoromets AA. (2005). Manual therapy, diagnosis and correction of pathobiomechanical changes occurring in spondylogenic diseases: guidelines [*Manual'naya terapiya, diagnostika i korrektsiya patobiomekhanicheskikh izmeneniy, vznikayushchikh pri spondilogennykh zabolovaniyakh: metodicheskie rekomendatsii*]. Moskva, 55 p. (In Russ.)
17. Kasatkina LF, Gilvanova OV. (2010). Electromyographic methods of investigation in the diagnosis of neuromuscular diseases. Needle myography [*Elektromiograficheskie metody issledovaniya v diagnostike nervno-myshechnykh zabolovaniy. Igol'chataya miografiya*]. Moskva, 196-248. (In Russ.)
18. Kiperavas IP, Lukyanov MV, Chuzavkova EA, Petrov AV. (1994). Clinical significance of F-wave in patients with local neuropathies and radiculopathy [Klinicheskoe znachenie F-volny u bol'nykh s lokal'nymi nevropatiyami i radikulyatiyami]. *Rehabilitatsiya bol'nykh s zabolovaniyami i posledstviyami povrezhdeniy pozvonochnika i krupnykh sustavov: tezis dokladov vtoroy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 5-letiyu moskovskogo tsentra rehabilitatsii bol'nykh i invalidov*. Moskva, 77-78. (In Russ.)
19. Komantsev VN. (2006). Methodical principles of clinical electroneuromyography: guidelines for physicians [*Metodicheskie osnovy klinicheskoy elektroneyromiografii: rukovodstvo dlya vrachey*]. Sankt-Peterburg, 170 p. (In Russ.)
20. Korzh AA, Volkov EB. (1994). Osteochondrosis of the spine – a look at the problem from modern positions [Osteokhondroz pozvonochnika – vzglyad na problemu s sovremennykh pozitsiy]. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye*, (4), 27-30. (In Russ.)
21. Kuznetsov VF. (2004). Vertebro-neurology. Clinic, diagnosis, treatment of diseases of the spine



[Vertebronevrologiya. Klinika, diagnostika, lechenie zabolovaniy pozvonochnika]. Moskva, 640 p. (In Russ.)

22. Macheret EL, Lysenyuk VP, Gongalskiy VV. (1988). Clinical and electromyographic evaluation of early neurological manifestations of osteochondrosis of the spinal column [Kliniko-elektromiograficheskaya otsenka rannikh nevrologicheskikh proyavleniy osteokhondroza pozvonochnogo stolba]. *Vrachebnoe delo*, (11), 83-86. (In Russ.)

23. Minaeva NG. (2001). Review of foreign literature [Obzrenie inostrannoy literatury]. *Nevrologicheskiy zhurnal*, 6 (3), 22-26. (In Russ.)

24. Natalskiy AA, Zhadnov VA. (2003). Electromyographic studies in osteochondrosis of the spine [Elektromiograficheskie issledovaniya pri osteokhondroze pozvonochnika]. *Rossiyskiy mediko-biologicheskiy vestnik imeni akademika I.P. Pavlova*, (1-2), 42-50. (In Russ.)

25. Nikolaev SG. (2001). Workshop on clinical electromyography [Praktikum po klinicheskoy elektromiografii]. Ivanovo, 180 p. (In Russ.)

26. Nikonov SV. (2005). Manual therapy in the complex treatment of patients with compression syndromes of lumbar osteochondrosis depending on the spatial arrangement of intervertebral hernias [Manual'naya terapiya v kompleksnom lechenii bol'nykh s kompressionnymi sindromami poyasnichnogo osteokhondroza v zavisimosti ot prostranstvennogo raspolozheniya mezhpozvonkovykh gryzh]. *Manual'naya terapiya*, 1 (17), 26-36. (In Russ.)

27. Novikova VP. (1981). Possibilities and limits of the method of investigation of the H-reflex in the diagnosis of diseases of the nervous system [Vozmozhnosti i granitsy metoda issledovaniya N-refleksa v diagnostike zabolovaniy nervnoy sistemy]. *Zhurn. nevropatologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova*, (12), 1804-1810. (In Russ.)

28. Popelyanskiy YaYu. (2003). Orthopedic neurology (vertebroneurology) [Ortopedicheskaya nevrologiya (vertebronevrologiya)]. Moskva, 672 p. (In Russ.)

29. Rozmarin VSh. (1981). Stimulation electromyography in the evaluation of radicular disorders in lumbar osteochondrosis [Stimulyatsionnaya elektromiografiya v otsenke koreshkovykh narusheniy pri poyasnichnom osteokhondroze]. *Zhurnal nevropatologii i psikiatrii*, 81 (4), 499-503. (In Russian)

30. Skoromets AA, Skoromets TA, Shumilina AP. (1997). Osteochondrosis of discs: new views on the pathogenesis of neurologic syndromes [Osteokhondroz diskov: novye vzglyady na patogenez nevrologicheskikh sindromov]. *Nevrologicheskiy zhurnal*, (6), 53-55. (In Russ.)

31. Strelkova NI, Musaev AV. (1983). Clinico-electromyographic characteristics of patients with neurological syndromes of lumbar osteochondrosis [Kliniko-elektromiograficheskaya kharakteristika bol'nykh s nevrologicheskimi sindromami poyasnichnogo osteokhondroza]. *Perifericheskaya nervnaya sistema: sbornik statey*, (6), 114-188. (In Russ.)

32. Khabirov FA. (1990). The contractile properties of skeletal muscle in compression-neural and myodystrophic syndromes of lumbar osteochondrosis [Sokratitel'nye svoystva skeletnoy myshtsy pri kompressionno-nevral'nykh i miostroficheskikh sindromakh poyasnich-

nogo osteokhondroza]. *Revmatologiya*, (4), 10-13. (In Russ.)

33. Tsivyan YaL. (1972). Controlling the growth and shape of the vertebra [Upravlenie rostom i formoy pozvonka]. Novosibirsk, 186 p. (In Russ.)

34. Chekhonatskiy AA, Sholomov II, Bubashvili AI. (2011). Efficiency of direct electrical stimulation of the spinal cord in the treatment of neurological complications of osteochondrosis of the cervical spine [Effektivnost' pryamoy elektrostimulyatsii spinnoy mozga v lechenii nevrologicheskikh oslozhneniy osteokhondroza sheynogo otdela pozvonochnika]. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova*, 111 (6), 33-36. (In Russ.)

35. Ali A, Sabbahi MA. (2000). H-reflex changes under spinal loading and unloading conditions in normal subjects. *Clin Neurophysiol*, 4, 664-670.

36. Aminoff MJ. (1999). Electrodiagnosis in clinical neurology; 4<sup>th</sup> ed. New York, 792-793.

37. Ando M, Tamaki T, Kawakami M, Minamide A, Nakagawa Y, Maio K, Enyo Y, Yoshida M. (2013). Electrophysiological diagnosis using sensory nerve action potential for the intraforaminal and extraforaminal L5 nerve root entrapment. *Eur Spine*, 22 (4), 833-839. doi: 10.1007/s00586-012-2592-5.

38. Carragee EJ, Hurwitz EL, Cheng I, Carroll LJ, Nordin M, Guzman J, Peloso P, Holm LW, Côté P, Hogg-Johnson S, van der Velde G, Cassidy JD, Haldeman S; Bone and Joint Decade 2000-2010 Task Force on Neck Pain and Its Associated Disorders. (2008). Treatment of neck pain: injections and surgical interventions: results of the bone and joint decade 2000-2010 task force on the neck pain and its associated disorders. *Spine*, 33 (4S), S153-S169. doi: 10.1097/BRS.0b013e31816445ea.

39. Japanese Orthopaedic Association. (1976). Japanese Orthopaedic Association scoring system for cervical spondylotic myelopathy. *Nippon Seikeigeka Gakkai Zasshi*, 50, 18-19.

40. Jusić A, Baraba R, Bogunović A. (1995). H-reflex and F-wave potentials in leg and arm muscles. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 35 (8), 471-478.

41. Lee DC, Ham YW, Sung PS. (2012). Effect of visual input on normalized standing stability in subjects with recurrent low back pain. *Gait Posture*, 36 (3), 580-582.

42. Lomen-Hoerth C, Aminoff MJ. (1999). Clinical neurophysiologic studies: which test is useful and when? *Neurologic Clinics*, 17 (1), 65-74.

43. Pomerantz SR, Hirsch JA. (2006). Intradiscal therapies for discogenic pain. *Semin Musculoskelet Radiol*, 10 (2), 125-135.

44. Schuchmann JA. (1978). H-reflex latency in radiculopathy. *Arch Phys Med Rehabil*, 59 (4), 185-187.

45. Strakowski JA, Redd DD, Johnson EW, Pease WS. (2001). H reflex and F wave latencies to soleus normal values and side-to-side differences. *Am J Phys Med Rehabil*, 80 (7), 491-493.

46. Tang LM, Schwartz MS, Swash M. (1988). Postural effects on F-wave parameters in lumbar root compression and canal stenosis. *Brain*, 111 (Pt 1), 207-213.

47. Tsur A, Glass I, Solzi P. (2002). Exhausting fatigue influences F-wave and peripheral conduction velocity,

following lumbar radiculopathy. *Disabil Rehabil*, 24 (13), 647-653.

48. Suter E, McMorland G, Herzog W. (2005). Short-term effects of spinal manipulation on H-reflex amplitude in healthy and symptomatic subjects. *J Manipulative Physiol Ther*, 28 (9), 667-672.

49. Waguespack A, Schofferman J, Slosar P, Reynolds J. (2002). Etiology of longterm failures of lumbar spine surgery. *Pain Med*, 3 (1), 18-22.

50. Wheeler AH, Murrey DB. (2002). Chronic lumbar spine and radicular pain: pathophysiology and treatment. *Curr Pain Headache Rep*, 6 (2), 97-105.

#### Сведения об авторах

**Ипполитова Елена Геннадьевна** – научный сотрудник научно-клинического отдела нейрохирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» (664003, г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1; тел. (3952) 29-03-46; e-mail: elenaippolitova@mail.ru) ● <https://orcid.org/0000-0001-7292-2061>

**Верхозина Татьяна Константиновна** – кандидат медицинских наук, заведующая отделением функциональных методов диагностики и лечения, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии»; доцент кафедры рефлексотерапии и косметологии, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России (664003, г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1; e-mail: tkverhozina@gmail.com) ● <https://orcid.org/0000-0003-3136-5005>

**Кошкарёва Зинаида Васильевна** – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник научно-клинического отдела нейрохирургии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» (664003, г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1; тел. (3952) 29-03-46) ● <http://orcid.org/0000-0002-4387-5048>

#### Information about the authors

**Elena G. Ippolitova** – Research Officer at the Clinical Research Department of Neurosurgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology (664003, Irkutsk, ul. Bortsov Revolyutsii, 1; tel. (3952) 29-03-46; e-mail: elenaippolitova@mail.ru) ● <https://orcid.org/0000-0001-7292-2061>

**Tatiana K. Verkhovina** – Cand. Sc. (Med.), Head of the Department of Functional Diagnostics and Treatment, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology; Associate Professor at the Department of Reflexotherapy and Cosmetology, Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education (664003, Irkutsk, ul. Bortsov Revolyutsii, 1; e-mail: tkverhozina@gmail.com) ● <https://orcid.org/0000-0003-3136-5005>

**Zinaida V. Koshkareva** – Cand. Sc. (Med.), Leading Research Officer at the Clinical Research Department of Neurosurgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology (664003, Irkutsk, ul. Bortsov Revolyutsii, 1; tel. (3952) 29-03-46) ● <https://orcid.org/0000-0002-4387-5048>