

Информативность миографии параспинальных мышц в диагностике радикулопатии L5

Е.Г. Селиверстова¹, М.В. Синкин^{1,2}, А.Ю. Кордонский¹, А.А. Гринь^{1,3}

¹ГБУЗ города Москвы «Научно-исследовательский институт скорой помощи имени Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия;

²ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова», Москва, Россия;

³ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова», Москва, Россия

Аннотация

Введение. Электромиография является важным инструментальным методом диагностики радикулопатии. С 1990-х гг. применяют метод параспинального картирования, основанный на выявлении спонтанной активности в параспинальных мышцах (ПМ) на уровне нескольких позвоночных сегментов и предположительно обладающий высокой информативностью для диагностики корешкового повреждения. Основным недостатком такого подхода является зависимость сроков возникновения и сохранения спонтанной активности от длительности заболевания.

Цель исследования — определение информативности миографии ПМ с учётом анализа потенциалов двигательных единиц (ПДЕ) в диагностике поясничной радикулопатии.

Материалы и методы. Обследовано 58 пациентов (26 мужчин и 32 женщины) в возрасте от 26–73 лет с клиническими проявлениями монорадикулопатии L5 вследствие грыжи межпозвоночного диска L4–L5 по данным МРТ. Исследование включало оценку неврологического статуса, игольчатую миографию мышцы-напрягателя широкой фасции бедра (*m. tensor fasciae latae*, TFL) и ПМ на L4–L5 и L3–L4 уровнях на симптомной и здоровой сторонах накануне проведения микрохирургической декомпрессии корешка спинномозгового нерва. Исходы хирургического лечения оценивали путём анкетирования в раннем и позднем послеоперационных периодах.

Результаты. Средняя длительность ПДЕ в ПМ на уровне и стороне поражения статистически значимо отличается от показателей ПДЕ на противоположной стороне сегментом выше ($p < 0,001$). При сроке заболевания до 3 мес статистически значимо чаще выявляли нейрогенный паттерн в ПМ на уровне и стороне поражения ($p = 0,031$): нейрогенная перестройка ПДЕ в ПМ была выявлена у 73,3% пациентов, в то время как в TFL (L5) нейрогенные изменения зарегистрированы только у 47,4% пациентов. По результатам сравнения средней длительности ПДЕ с нормой выявлены статистически значимые различия средних показателей длительности ПДЕ в TFL ($p = 0,001$) и в ПМ на уровне и стороне поражения ($p < 0,001$) как у пациентов с двигательными нарушениями, так и в группе пациентов с изолированным болевым или синдромом чувствительных нарушений.

Выводы. Чувствительность игольчатой миографии ПМ в диагностике радикулопатии составляет 82,6% (48/58, 95% ДИ 70,6–91,4%). Наибольшая информативность исследования ПМ по сравнению с исследованием миотома конечностей — у пациентов со сроком заболевания до 3 мес. Миография ПМ информативна у пациентов с изолированным болевым синдромом или чувствительными нарушениями для диагностики корешкового повреждения.

Ключевые слова: радикулопатия; электромиография; потенциалы двигательной единицы; грыжа диска

Этическое утверждение. Исследование проводилось при добровольном информированном согласии пациентов. Протокол исследования одобрен комитетом по биомедицинской этике ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», (протокол № 3-22 от 29.03.2022).

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешних источников финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Адрес для корреспонденции: 129090, Россия, Москва, Большая Сухареvская пл., д. 3. ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ». E-mail: e.seliverstova.md@gmail.com. Селиверстова Е.Г.

Для цитирования: Селиверстова Е.Г., Синкин М.В., Кордонский А.Ю., Гринь А.А. Информативность миографии параспинальных мышц в диагностике радикулопатии L5. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2023;17(3):66–73. DOI: <https://doi.org/10.54101/ACEN.2023.3.8>

Поступила 28.10.2022 / Принята в печать 30.01.2023 / Опубликовано 25.09.2023

Value of Paraspinal Muscle Myography in Diagnosing L5 Radiculopathy

Ekaterina G. Seliverstova¹, Mikhail V. Sinkin^{1,2}, Anton Y. Kordonskiy¹, Andrey A. Grin^{1,3}

¹*Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow, Russia;*

²*A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia;*

³*Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia*

Abstract

Introduction. Electromyography (EMG) is an important diagnostic tool for the evaluation of radiculopathy. Since 1990s a paraspinal mapping technique is used, which detects spontaneous activity in paraspinal muscles (PM) at the level of several vertebral segments. This modality seems to be highly conclusive for diagnosing radicular lesions. The main limitation of this method is spontaneous activity dependence on the disease duration.

The aim of the study is to assess if PM EMG with motor unit potential (MUP) analysis is conclusive for diagnosing lumbar radiculopathy.

Materials and methods. The study examined 58 patients (26 men and 32 women) aged 26–73 years with MRI-confirmed symptomatic L5 mono-radiculopathy due to L4–L5 herniated discs. The study assessed the neurological status and needle EMG of m. tensor fasciae latae (TFL) and PM at L4–L5 and L3–L4 levels on both symptomatic and healthy sides immediately before radicular microscopic decompression surgery. Surgery outcomes were evaluated by early and late postoperative questioning.

Results. In PMs of the affected level and side, the average MUP duration was significantly different from opposite MUPs at the higher segment ($p < 0.001$). At 3-month disease duration, a neurogenic pattern was significantly more frequent in affected PMs ($p = 0.031$) with neurogenic PM MUP rearrangement in 73.3% of patients. In the TFL (L5), neurogenic changes were reported only in 47.4% of patients. When compared to normal values, significant differences were found in the average duration of TFL MUPs ($p = 0.001$) and PM MUPs of the affected level and side ($p < 0.001$) both in patients with motor disorders and those with isolated pain syndrome or sensory disorders.

Conclusions. For diagnosing radiculopathy, the sensitivity of needle PM EMG is 82.6% (48/58; 95% CI 70.6–91.4%). Compared to limb myotome assessment, the highest informative value of PM EMG was reported in patients with the disease duration for up to 3 months. PM EMG was conclusive for diagnosing radicular lesions in patients with isolated pain syndrome or sensory disorders.

Keywords: radiculopathy, electromyography, motor unit potentials, herniated disc

Ethics approval. The study was conducted with the informed consent of the patients. The research protocol was approved by the Biomedical Ethics Committee of the Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine (protocol No. 3-22, March 29, 2022).

Source of funding. This study was not supported by any external sources of funding.

Conflict of interest. The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For correspondence: 129090, Russia, Moscow, Bolshaya Sukharevskaya sq., 3. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine. E-mail: e.seliverstova.md@gmail.com. Seliverstova E.G.

For citation: Seliverstova E.G., Sinkin M.V., Kordonskiy A.Y., Grin A.A. Value of paraspinal muscle myography in diagnosing L5 radiculopathy. *Annals of Clinical and Experimental Neurology*. 2023;17(3):66–73. (In Russ.)

DOI: <https://doi.org/10.54101/ACEN.2023.3.8>

Received 28.10.2022 / Accepted 30.01.2023 / Published 25.09.2023

Введение

Поясничная радикулопатия (РП) — неврологический синдром, возникающий в результате компрессии одного или нескольких спинномозговых корешков L1–L5. Он может проявляться болью, чувствительными и двигательными нарушениями в соответствующих дерматоме и миотоме, снижением или утратой коленного рефлекса или рефлекса медиального подколенного сухожилия [1].

Распространённость дискогенной пояснично-крестцовой РП колеблется от 1,6% до 13,4%, она преобладает в возрасте 45–64 лет, чаще встречается у мужчин, чем у женщин [2]. Большинство компрессионных пояснично-крестцовых РП приходится на уровни L4–L5, L5–S1, РП L5 встречается почти в половине случаев (48%) [3].

Инструментальные методы диагностики позволяют определить уровень и степень компрессии нервных корешков, оценить состояние скелетно-мышечных структур, состав-

ляющих стабилизирующую систему пояснично-крестцового отдела позвоночника, и на сегодняшний день представляют собой неотъемлемое звено формирования индивидуальной стратегии реабилитационного лечения и контроля эффективности терапевтических мероприятий [4]. Основным инструментальным методом диагностики компрессии спинномозгового корешка является магнитно-резонансная томография (МРТ) [5], на основании которой определяют показания к хирургическому лечению [6]. Существенный недостаток нейровизуализации — невозможность оценки функционального состояния нервно-мышечной системы и её реакции на повреждение.

Электромиография остаётся важным инструментальным методом диагностики РП, позволяющим оценить функциональное состояние компримированного спинномозгового корешка. Среди нейрофизиологических методов значительный интерес представляет игольчатая миография параспинальных мышц (ПМ), с помощью которой возможно зарегистрировать электрографические признаки

денервации и реиннервации в глубоких мышцах спины [7]. Особенности сегментарной иннервации ПМ задними ветвями спинномозговых нервов позволяют точно локализовать уровень поражения с помощью игольчатой миографии [8], а анатомическая близость к месту компрессии корешка приводит к тому, что первые электрографические признаки денервационного процесса можно обнаружить именно в ПМ как в самых проксимальных по отношению к месту повреждения. Чувствительность миографии ПМ в диагностике РП исследовали неоднократно в сравнении с данными нейровизуализации, физикального осмотра и миографии мышц конечностей, однако во всех предыдущих публикациях в качестве биомаркера денервационного процесса соответствующего корешка оценивали спонтанную активность в виде потенциалов фибрилляций и положительных острых волн в ПМ, но не проводили анализ амплитуды и длительности ПДЕ. Основным недостатком оценки исключительно спонтанной активности является её зависимость от сроков заболевания. По данным литературы, потенциалы фибрилляций в ПМ появляются через 3–7 дней после поражения корешка [9] и сохраняются в течение 6 нед после завершения острой стадии патологического процесса [10]. Поэтому не была определена информативность исследования у пациентов с хроническим течением РП, когда спонтанная активность может уже не регистрироваться.

Особенности дизайна исследований по определению чувствительности миографии ПМ в диагностике поясничной РП представлены в табл. 1 [11]. Пока не установлена информативность методики у пациентов, имеющих изолированный болевой синдром или синдром чувствительных нарушений.

Материалы и методы

Участие в исследовании и критерии включения/невключения

Проспективное исследование проведено на базе нейрохирургического отделения ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ» и было одобрено локальным комитетом по биомедицинской этике (протокол № 3-22 от 29.03.2022), все пациенты подписали добровольное информированное согласие.

Критерии включения в исследование:

- подписанное информированное согласие;
- клинические проявления поясничной РП;
- наличие грыжи межпозвонкового диска на уровне L4–L5 по данным МРТ;
- длительность заболевания от 2 нед до 1 года;
- проведение микрохирургической декомпрессии поясничного корешка после исследования.

Критерии не включения в исследование:

- выраженность болевого синдрома 8–10 баллов по ВАШ;
- длительность заболевания менее 14 дней;
- признаки компрессии спинномозгового корешка на контралатеральной стороне;
- наличие грыжи диска на уровне L3–L4 по данным МРТ;
- рецидив грыжи диска L4–L5;
- спинальная хирургия в анамнезе;
- варианты развития позвоночника — люмбализация S1, сакрализация L5;
- наличие нервно-мышечных заболеваний;
- отказ пациента от участия в исследовании на любом его этапе;
- отказ пациента от хирургического лечения.

Дизайн исследования включал определение локализации и выраженности болевого синдрома по шкале ВАШ, двигательного дефицита по шкале Medical Research Council Weakness Scale и чувствительных нарушений.

Игольчатую миографию проводили на приборе «Скайбокс» («Нейрософт»). Протокол включал исследование проксимальной мышцы нижней конечности — напрягатель широкой фасции бедра (*m. tensor fasciae latae*, TFL) на стороне поражения, ПМ на уровне поражённого сегмента и уровнем выше с двух сторон. Выбор проксимальной мышцы конечности обусловлен её большей чувствительностью при РП L5, достигающей, по данным литературы, 100% [12].

Методология проведения игольчатой миографии параспинальных мышц на поясничном уровне

Исследование проводили в положении пациента лёжа на животе. Пальпаторно определяли ости подвздошных костей,

Таблица 1. Особенности дизайнов исследований по определению чувствительности миографии ПМ в диагностике поясничной РП [11]

Table 1. Study designs to assess PM EMG sensitivity for diagnosing lumbar radiculopathy

Источник Source	Объём выборки Sample size	Золотой стандарт Gold standard	Чувствительность Sensitivity	Специфичность Specificity
Haig A.J. Clinical experience with paraspinal mapping. II: a simplified technique that eliminates three-fourths of needle insertions. <i>Arch. Phys. Med. Rehabil.</i> 1997;78:1185–1190. DOI: 10.1016/s0003-9993(97)90329-4	114 (35 контроль control)	Данные нейровизуализации Imaging data	66,7	92
Dillingham T.R., Dasher K.J. The lumbosacral electromyographic screen: revisiting a classic paper. <i>Clin. Neurophysiol.</i> 2000;111:2219–2222. DOI: 10.1016/s1388-2457(00)00461-2	206	Интраоперационная картина, данные нейровизуализации Intraoperative data, imaging data	89–92	Не определена Not determined
Haig A.J., Tong H.C., Yamakawa K.S. et al. The sensitivity and specificity of electrodiagnostic testing for the clinical syndrome of lumbar spinal stenosis. <i>Spine.</i> 2005;30:2667–2676. DOI: 10.1097/01.brs.0000188400.11490.5f	60	Анамнез, физикальный осмотр, МРТ Medical history, physical examination, MRI	29,2	100

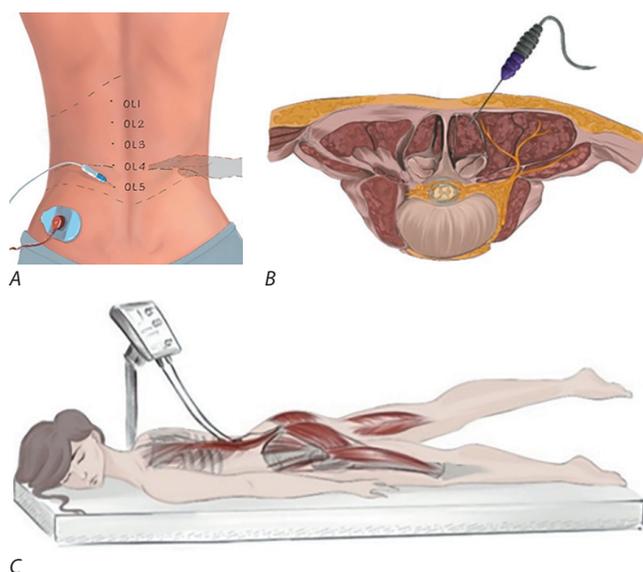


Рис. 1. Методология проведения игольчатой миографии ПМ на поясничном уровне.

A — определение анатомических ориентиров; *B* — положение игольчатого электрода; *C* — активация ПМ.

Fig. 1. Procedure for needle EMG of lumbar PMs.

A: determination of anatomic landmarks. *B*: positioning a needle electrode. *C*: PM activation.

проводили условную линию, соединяющую их. Остистый отросток, пальпируемый на полученной линии, в большинстве случаев соответствует 4 поясничному позвонку. Игольчатый электрод вводили перпендикулярно волокам многораздельной мышцы примерно на 2–3 см латеральнее остистого отростка позвонка, в медиальном направлении на 30–45° таким образом, чтобы его кончик достиг соединения между остистым и поперечным отростками тела позвонка, после чего электрод продвигали в обратном направлении. Активацию мышц проводили подъёмом вытянутой прямой ноги на стороне исследования (рис. 1). Затем исследовали мышцу, перемещая электрод в ростральном и каудальном направлениях для набора необходимого количества ПДЕ [13].

За 2021–2022 г. критериям включения удовлетворяли 83 пациента, госпитализированных в отделение нейрохирургии ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ» по поводу поясничной РП. По результатам предварительного осмотра 16 пациентам было невозможно выполнить полный протокол электромиографического обследования из-за выраженного болевого синдрома и плохой переносимости исследования; 4 пациента были выписаны в связи с выявленным положительным результатом анализа ПЦР на COVID-19 после проведения миографии до оперативного вмешательства; 5 пациентов имели клинические, радиологические и нейрофизиологические признаки поражения более чем 1 корешка.

В анализ были включены 58 пациентов (средний возраст $46,10 \pm 11,12$ года), из которых 32 (55,2%) — женщины. В соответствии с продолжительностью заболевания пациентов разделили на три группы в зависимости от длительности заболевания: до 3, 4–6 и 7–12 мес.

Выделены три подгруппы пациентов, различавшиеся по степени выраженности болевого синдрома по ВАШ: группа

«ЛБ», «УБ» и «ВБ», у которых боль была соответственно лёгкой (1–3 балла; $n = 8$; 13,8%), умеренной (4–6 баллов; $n = 24$; 41,4%) и выраженной (7–8 баллов; $n = 26$; 44,8%).

В зависимости от наличия двигательных нарушений выделены подгруппы «MD+» ($n = 30$; 51,7%) и «MD–» ($n = 28$; 48,3%). В качестве нормативов параметров ПДЕ взяты величины средней длительности ПДЕ в ПМ на уровне L5 здоровых людей, представленных в публикации М. Tomassella и соавт., где средняя длительность ПДЕ составляла $11,4 \pm 1,9$ мс [14].

Результаты хирургического лечения оценивали в раннем и позднем (через 6 мес) послеоперационном периодах путём анкетирования, содержащего вопросы, касающиеся сроков купирования болевого синдрома.

Статистическая обработка

Статистическая обработка данных проведена с использованием пакета прикладных программ «Jamovi» и «SPSS 26», применяли непараметрический критерий Вилкоксона для парных сравнений и критерий Фридмана для множественных сопоставлений. Проведён корреляционный анализ для выявления связи между показателями миографии и влияющими на них факторами (длительность заболевания, наличие моторного дефицита, выраженность болевого синдрома). Для количественной оценки влияния длительности заболевания на показатели миографии ПМ был использован регрессионный анализ с использованием метода наименьших квадратов и рассчитаны коэффициенты эластичности. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Для расчёта чувствительности метода принимали увеличение средней длительности ПДЕ по сравнению с нормативными значениями в совокупности с изменением паттерна мышцы по нейрогенному типу, являющиеся электрографическим признаком компрессии соответствующего спинномозгового корешка и сравнивали с исходами хирургического лечения, где полное купирование корешкового болевого синдрома считали «золотым стандартом».

Результаты

У 36 (62%) пациентов длительность заболевания составила менее 3 мес, у 10 (17%) — 4–6 мес, у 12 (21%) — 7–12 мес.

Клиническая картина радикулопатии: боль, сенсорные и моторные проявления

У обследованных нами пациентов наблюдали сочетания клинических симптомов (рис. 2). Частота встречаемости двигательных нарушений составила 51,7% и в подавляющем большинстве случаев (90%) была представлена умеренным парезом мышцы-разгибателя большого пальца и лишь у 2 (10%) пациентов наблюдался грубый парез мышцы-разгибателя большого пальца выявлялась только при неврологическом осмотре и не являлась активной жалобой пациентов.

Результаты миографии параспинальных мышц

При оценке спонтанной активности в ПМ, независимо от срока заболевания, ни у одного пациента не зарегистриро-

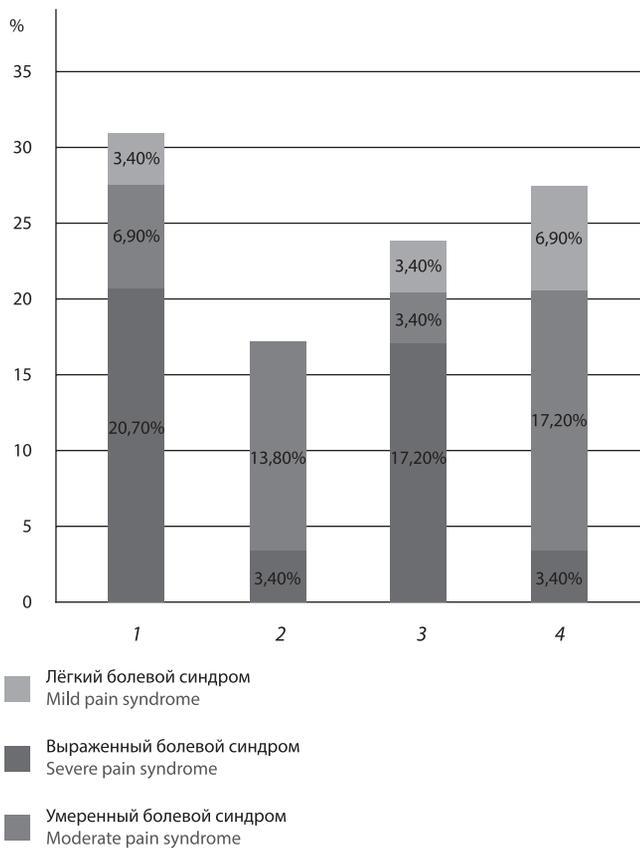


Рис. 2. Сочетание клинических симптомов.

1 — пациенты с изолированным болевым синдромом; 2 — пациенты с сочетанием болевого синдрома и чувствительных нарушений; 3 — пациенты с сочетанием болевого синдрома и двигательных нарушений; 4 — пациенты с сочетанием болевого синдрома, чувствительных и двигательных нарушений.

Fig. 2. Combination of clinical manifestations.

1: patients with isolated pain syndrome. 2: patients with a combination of pain syndrome and sensory deficit. 3: patients with a combination of pain syndrome and motor disorders. 4: patients with a combination of pain syndrome, sensory and motor deficit.

ваны потенциалы фибрилляций и положительные острые волны.

Средняя и максимальная длительность ПДЕ в ПМ на уровне и стороне поражения статистически значимо отличались от показателей ПДЕ на противоположной стороне сегментом выше ($p < 0,001$; рис. 3). Средняя длительность ПДЕ в ПМ на уровне L5 ипсилатерально (Me = 12,2; Q₁-Q₃ — 11,7-13,5) и L4 контралатерально (Me = 10,9; Q₁-Q₃ — 10,7-11,9) у пациентов с монорадикулопатией L5 статистически значимо ($p < 0,001$) различались.

Различия средней длительности ПДЕ в TFL (Me = 11,7; Q₁-Q₃: 10,5-13,6) и ПМ на уровне L5 ипсилатерально (Me = 12,2; Q₁-Q₃: 11,7-13,5) были статистически не значимыми ($p = 0,117$).

Средняя длительность ПДЕ в ПМ на здоровой стороне соответствовала нормативным значениям (табл. 2), рассчитанным М. Tomasella и соавт. [14]. При оценке средней и максимальной амплитуды ПДЕ статистически значимых различий между группами не выявлено.

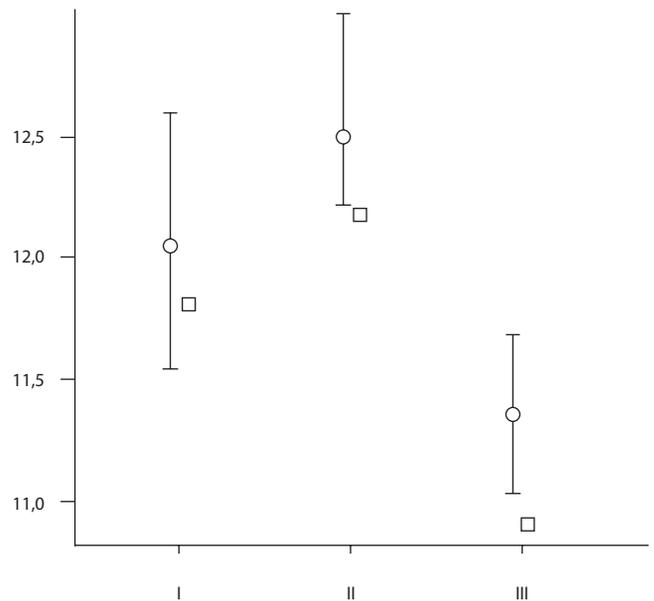


Рис. 3. Средняя длительность ПДЕ (мс) в миотоме конечности (I), в ПМ на уровне L5 на стороне поражения (II), в ПМ на уровне L4 контралатерально (III).

$p < 0,05$ (непараметрический критерий Вилкоксона).

Fig. 3. The average MUP duration (ms) in a limb myotome (I), in the L5 PM on the affected side (II), in the contralateral L4 PM (III).

$p < 0,05$ (non-parametric Wilcoxon test).

Таблица 2. Значения длительности ПДЕ в ПМ на уровне L4 и L5 с 2 сторон у пациентов с монорадикулопатией L5 ($p < 0,001$)

Table 2. Duration of PM MUPs at bilateral L4 and L5 levels in patients with L5 monoradiculopathy ($p < 0.001$)

Исследуемая мышца Muscle of interest	ПДЕ, мс MUP, msec	
	Me	Q ₁ -Q ₃
ПМ L5 ипсилатерально Ipsilateral L5 PM	12,2	11,7-13,5
ПМ L4, ипсилатерально Ipsilateral L4 PM	11,5	10,9-11,8
ПМ L5, контралатерально Contralateral L5 PM	11,0	10,4-12,1
ПМ L4, контралатерально Contralateral L4 PM	10,9	10,7-11,9

Увеличение средней длительности ПДЕ в ПМ на стороне компримированного корешка также сопровождалось увеличением амплитуды ПДЕ, полифазией и изменением интерференционного паттерна в целом в виде повышения амплитуды и его «разреженности», что позволяет говорить о наличии нейрогенной перестройки. Кроме того, не выявлено статистически значимых различий в параметрах ПДЕ в ПМ у пациентов с длительностью заболевания до 3 мес и в группе с длительностью заболевания более 6 мес ($p = 0,277$; табл. 3).

При сроке заболевания до 3 мес нейрогенный паттерн в ПМ на уровне и стороне поражения выявляли статистически значимо чаще ($p = 0,031$): нейрогенная перестройка ПДЕ в ПМ установлена у 73,7% пациентов, в то время как в TFL — только у 47,4%.

Таблица 3. Наличие нейрогенной перестройки ПДЕ в TFL и ПМ на уровне L5 ипсилатерально у пациентов с РП L5 с различной длительностью заболевания, %

Table 3. Neurogenic MUP rearrangement in the TFL and ipsilateral L5 PM in patients with L5 radiculopathy with various disease duration (%)

Длительность заболевания, мес Disease duration, months	TFL		ПМ L5 L5 PM	
	норма intact	нейрогенное поражение neurogenic lesion	норма intact	нейрогенное поражение neurogenic lesion
< 3	52,6	47,4	26,3	73,7
4–6	33,3	66,7	0,0	100
7–12	25,0	75,0	0,0	100

По результатам сравнения средней длительности ПДЕ с нормами у пациентов в подгруппе «MD–» выявлены статистически значимые различия средних показателей длительности ПДЕ в TFL ($p = 0,001$) и в ПМ на уровне и стороне поражения ($p < 0,001$). В связи с близостью показателя достоверности к пороговому значению ($p = 0,005$) необходимо отметить тенденцию к существенному различию средней длительности ПДЕ, в том числе в ПМ на стороне поражения, но сегментом выше.

В подгруппе «MD+» изменения затрагивали также ПМ на уровне поражённого сегмента, но на противоположной стороне ($p = 0,003$). Различия средней длительности ПДЕ в ПМ на противоположной стороне выше поражённого сегмента были статистически незначимыми в обоих случаях ($p = 0,429$ и $p = 0,133$).

Результаты хирургического лечения

Полное купирование болевого синдрома после декомпрессии корешка отметили 50 (86,2%) пациентов, у 8 (13,8%) пациентов болевой синдром сохранялся, при этом достоверных различий между подгруппами «MD+» и «MD–» не выявлено ($p < 0,085$).

Среди пациентов, отметивших купирование болевого синдрома в послеоперационном периоде, у 40 имелись изменения параметров ПДЕ в ПМ на стороне поражения, у 10 пациентов параметры ПДЕ находились в пределах референсных значений. Таким образом, чувствительность исследования ПМ для диагностики РП L5 составила 82,6% (48/58, 95% ДИ 70,6–91,4%).

Обсуждение

Первое упоминание в литературе об использовании электромиографии в диагностике РП относится к 1950 г. P.A. Shea и соавт. описали 75 пациентов с клинической картиной компрессионной РП, из которых на долю пояснично-крестцовых приходилось 60 случаев [15]. Исследование проводили при помощи монополярного игольчатого электрода, а референтом служил поверхностный электрод, который фиксировали на коже вблизи исследуемой мышцы. В скелетных мышцах, иннервируемых повреждённым корешком, зарегистрированы потенциалы фибрилляций, указывающие на денервационный процесс. В последующем данные электромиографии сопоставляли с интраоперационной картиной. В 68 случаях методика позволила точно локализовать и подтвердить наличие радикулярного поражения.

Первое упоминание об исследовании ПМ в диагностике РП относится к 1966 г., когда J.G. Gough и соавт., основываясь на особенностях иннервации глубоких мышц спины, посчитали возможным их использование для определения уровня повреждения моторного корешка [16]. E.W. Johnson и соавт. утверждали, что в 30% случаев поясничных РП признаки денервационного процесса выявляются только в паравертебральной мускулатуре [17].

Методология проведения миографии ПМ изменялась со временем. В 1961 г. В. Knutsson сообщал о необходимости неоднократного введения игольчатого электрода в мышцу до тех пор, пока не будут зарегистрированы потенциалы денервации. Если патологических изменений в 36 различных точках (положениях игольчатого электрода) зафиксировано не было, то можно судить об отсутствии денервационных изменений. Для каждой мышцы использовали 3 разных электрода, и каждый электрод вводили в 4 разных места и на 3 различные глубины. Объём исследования при подозрении на компрессию спинномозгового корешка также включал тестирование следующих мышц конечностей: *gluteus max. et med., tensor fasciae latae, biceps femoris, quadriceps femoris, peroneus longus, extensor dig. long., extensor hallucis long., tibialis ant., soleus*, медиальную и латеральную головки *m. gastrocnemius, extensor dig. brev.* Электромиографическая локализация повреждения нервного корешка была основана на обнаружении потенциалов денервации в тех мышцах, которые иннервируются компримированным корешком спинномозгового нерва (миотом) [18].

В 1991 г. A.J. Haig и соавт. в кадаверном исследовании продемонстрировали методику введения биполярных игольчатых электродов в определённые мышцы в параспинальной группе и оценили точность этой техники. Описание моносегментарной иннервации *m. multifidus* предполагает, что специфическая сегментарная денервация может быть определена при точном размещении иглы конкретно в этой мышце. Многими исследователями также было подтверждено, что предполагаемое место введения электрода находится на расстоянии 2,5 см от остистого отростка, биполярный игольчатый электрод следует располагать под углом 45° на глубину 3 см [8, 19, 20].

Два года спустя A.J. Haig и соавт. модифицировали предложенную методику [21]. Авторами было предложено использование балльной системы при оценке изменений в ПМ на различных уровнях поясничного отдела позвоночника. Данная методика получила название «параспинальное картирование». В 1997 г. A.J. Haig и соавт. предложили очередной модифицированный протокол исследования ПМ, требующий меньшее время на исследование. Он оказался менее болезненным, лучше переносился пациентами, а также был высокоинформативным в диагностике РП [22]. Основу методики также составлял поиск спонтанной активности. Недостатком метода оставалась необходимость большого числа вколов. Не установлена была информативность исследования у пациентов с хроническим течением РП, когда спонтанная активность с учётом временного фактора может уже не регистрироваться.

Кроме того, в более поздних публикациях имеются сведения о том, что до 15% здоровых людей могут иметь спонтанную активность в поясничных ПМ [23].

Вопреки изученным публикациям и согласно практике Е.Г. Селиверстовой, выполнившей более 300 миогра-

фий ПМ, спонтанная активность у пациентов с клинической картиной РП встречается крайне редко и обычно представлена единичными потенциалами фасцикуляций у больных с хроническим радикулярным синдромом. Потенциалы фибрилляций и положительные острые волны мы наблюдали у пациентов после оперативного вмешательства на поясничном отделе позвоночника, в редких случаях у амбулаторных пациентов при сроке заболевания до 1 мес.. Учитывая, что предыдущие работы были опубликованы более 30 лет назад, необходимо повторное многоцентровое исследование частоты регистрации спонтанной активности и её форм с помощью современной аппаратуры и электродов.

Мы впервые продемонстрировали высокую чувствительность игольчатой миографии ПМ с учётом изменений параметров ПДЕ в диагностике корешкового повреждения, которая составила 82,6% (48/58, 95% ДИ 70,6–91,4%), что в целом соответствует данным литературы [11] и определяет клиническую значимость применения метода. РП L5 наиболее распространена в популяции и является удобной моделью для оценки её информативности, а результаты, вероятно, можно распространить на все вышележащие уровни.

В ходе нашего исследования удалось установить, что наиболее чувствительным параметром является средняя длительность ПДЕ, в то время как статистически значимых изменений амплитуды не выявлено.

Нейрогенная перестройка ПДЕ в мышцах наблюдается у пациентов как с двигательным дефицитом, так и без такового.

Список источников / References

1. Гуша А.О., Коновалов Н.А., Древалъ О.Н. и др. Клинические рекомендации по диагностике и лечению грыж межпозвоночных дисков пояснично-крестцового отдела. М.; 2014. 20 с. Gushcha A.O., Konovalov N.A., Dreval O.N. Clinical recommendations for the diagnosis and treatment of hernias of intervertebral discs in the lumbosacral region. Moscow; 2014. 20 p.
2. Парфенов В.А., Яхно Н.Н., Давыдов О.С. и др. Дискогенная пояснично-крестцовая радикулопатия. рекомендации российского общества по изучению боли (РОИБ). *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2020;(4):15–24. Parfenov V.A., Yakhno N.N., Davydov O.S. et al. Discogenic lumbosacral radiculopathy. Recommendations of the Russian Association for the Study of Pain (RSSP). *Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2020;12(4):15–24. DOI: 10.14412/2074-2711-2020-4-15-24
3. Plastaras C.T. Electrodiagnostic challenges in the evaluation of lumbar spinal stenosis. *Phys. Med. Rehabil. Clin. N. Am.* 2003;14(1):57–69. DOI: 10.1016/s1047-9651(02)00050-5
4. Бородулина И.В., Мухина А.А., Чесникова Е.И. Особенности применения инструментальных методов оценки функционального состояния мышечных групп пояснично-крестцового отдела позвоночника. *Вестник восстановительной медицины*. 2021;20(5):65–72. Borodulina I.V., Mukhina A.A., Chesnikova E.I. Features of the application of instrumental methods for lumbosacral muscle groups functional state assessing. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2021;20(5):65–72. DOI: 10.38025/2078-1962-2021-20-5-65-72
5. Jarvik J.G., Deyo R.A. Diagnostic evaluation of low back pain with emphasis on imaging. *Ann. Intern. Med.* 2002;137(7):586–597. DOI: 10.7326/0003-4819-137-7-200210010-00010
6. Крылов В.В., Гринь А.А. Травма позвоночника и спинного мозга. М.; 2014. Krylov V.V., Grin A.A. Trauma of the spine and spinal cord. Moscow; 2014.
7. Yagci I., Gunduz O.H., Ekinci G. et al. The utility of lumbar paraspinal mapping in the diagnosis of lumbar spinal stenosis. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* 2009;88(10):843–851. DOI: 10.1097/PHM.0b013e3181b333a9
8. Stein J., Baker E., Pine Z.M. Medial paraspinal muscle electromyography: techniques of examination. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 1993;74(5):497–500. DOI: 10.1016/0003-9993(93)90113-0
9. Kurt S., Kutlu G., Gömceli Y.B., Kuruoğlu H.R. Diagnostic sensitivity of paraspinal needle EMG in cervical radiculopathy. *Gazi Med. J.* 2004;15(1):19–22.
10. Селиверстова Е.Г., Синкин М.В., Кордонский А.Ю. и др. Электромиографические методы в дифференциальной диагностике и обосновании

Данный факт может объясняться анатомической близостью моторного и сенсорного корешков и одновременной компрессией указанных структур в условиях патологического сужения анатомических пространств вследствие дегенеративной болезни позвоночника.

Отсутствие статистически значимых различий в параметрах ПДЕ в ПМ у пациентов с длительностью заболевания до 3 мес и в группе с длительностью более 6 мес может быть обусловлена хроническим течением дегенеративной болезни позвоночника, медленно прогрессирующей компрессией спинномозгового корешка, его ишемией с последующим развитием денервационных изменений в соответствующем миотоме.

У пациентов с продолжительностью заболевания до 3 мес наибольшую информативность в диагностике РП показало исследование ПМ на уровне и стороне компримированного спинномозгового корешка. Для определения специфичности миографии ПМ в диагностике поясничной РП необходимо проведение дополнительного исследования, включающего анализ ПДЕ у здоровых добровольцев.

Выводы

В ходе проведённого исследования определена чувствительность игольчатой миографии ПМ с учётом изменений параметров ПДЕ в диагностике корешкового повреждения, подтверждена информативность исследования у пациентов при сроке заболевания до 3 мес, а также у пациентов с изолированными болевым синдромом или синдромом чувствительных нарушений.

- нейрохирургического лечения радикулопатий, вызванных заболеваниями позвоночника. Информативность и методология. *Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко*. 2022;86(2):109–118. Seliverstova E.G., Sinkin M.V., Kordonsky A.Yu. et al. Electrodiagnostic evaluation in differential diagnosis and neurosurgical treatment of radiculopathies caused by spine disorders. Diagnostic value and methodology. *Burdenko's Journal of Neurosurgery*. 2022;86(2):109–118. (In Russ.). DOI: 10.17116/neiro202286021109
11. Cho S.C., Ferrante M.A., Levin K.H. et al. Utility of electrodiagnostic testing in evaluating patients with lumbosacral radiculopathy: an evidence-based review. *Muscle Nerve*. 2010;42(2):276–282. DOI: 10.1002/mus.21759
 12. Burakgazi A.Z., Kelly J.J., Richardson P. The electrodiagnostic sensitivity of proximal lower extremity muscles in the diagnosis of L5 radiculopathy. *Muscle Nerve*. 2012;45(6):891–893. DOI: 10.1002/mus.23361
 13. Barkhaus P.E. Electronic myoanatomic atlas for clinical electromyography. N.Y; 1997.
 14. Tomasella M., Crielaard J.M., Wang F.C. Dorsal and lumbar paraspinal electromyographic study. Multi-MUP analysis and drawing up normal values in a reference population. *Neurophysiol. Clin.* 2002;32(2):109–117. DOI: 10.1016/s0987-7053(02)00295-2
 15. Shea P.A., Woods W.W., Werten D.H. Electromyography in diagnosis of nerve root compression syndrome. *Arch. Neurol. Psychiatry*. 1950;64(1):93–104. DOI: 10.1001/archneurpsyc.1950.02310250099009
 16. Gough J.G., Koepke G.H. Electromyographic determination of motor root levels in erector spinae muscles. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 1966;47(1):9–11.
 17. Johnson E.W., Melvin J.L. Value of electromyography in lumbar radiculopathy. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 1971;52(6):239–243.
 18. Knutsson B. Comparative value of electromyographic, myelographic and clinical-neurological examinations in diagnosis of lumbar root compression syndrome. *Acta Orthop. Scand. Suppl.* 1961;49:1–135.
 19. Haig A.J., Moffroid M., Henry S. et al. A technique for needle localization in paraspinal muscles with cadaveric confirmation. *Muscle Nerve*. 1991;14(6):521–526. DOI: 10.1002/mus.880140606
 20. Assis R.O., Souza R.R., Araujo R.C. Study on placing electromyography electrodes on lumbar multifidus muscles. *J. Morphol. Sci.* 2011;28(1):46–51.
 21. Haig A.J., LeBreck D.B., Powley S.G. Paraspinal mapping. Quantified needle electromyography of the paraspinal muscles in persons without low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1995;20(6):715–721.

22. Haig A.J. Clinical experience with paraspin mapping. II: A simplified technique that eliminates three-fourths of needle insertions. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 1997;78(11):1185–1190. DOI: 10.1016/s0003-9993(97)90329-4

Информация об авторах

Селиверстова Екатерина Геннадьевна — врач функциональной диагностики, невролог, м.н.с. отд. неотложной нейрохирургии ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», Москва, Россия, <https://orcid.org/0000-0001-9652-1457>

Синкин Михаил Владимирович — д.м.н., в.н.с. отд. неотложной нейрохирургии, рук. группы клинической нейрофизиологии ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», Москва, Россия; зав. лаб. инвазивных нейроинтерфейсов НИИ Технобиомед ФГБУ «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова», Москва, Россия, <https://orcid.org/0000-0001-5026-0060>

Кордонский Антон Юрьевич — к.м.н., нейрохирург, с.н.с. отд. неотложной нейрохирургии ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», Москва, Россия, <https://orcid.org/0000-0001-5344-3970>

Гринь Андрей Анатольевич — д.м.н., член-корреспондент РАН, зав. научным отд. неотложной нейрохирургии ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», Москва, Россия; профессор каф. фундаментальной нейрохирургии ФДПО ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия, <https://orcid.org/0000-0003-3515-8329>

Вклад авторов. *Селиверстова Е.Г., Синкин М.В., Кордонский А.Ю., Гринь А.А.* — концепция и дизайн исследования; *Селиверстова Е.Г., Синкин М.В.* — сбор и обработка материала, написание текста; *Гринь А.А., Синкин М.В., Кордонский А.Ю.* — редактирование.

23. Date E.S., Mar E.Y., Bugola M.R., Teraoka J.K. The prevalence of lumbar paraspin spontaneous activity in asymptomatic subjects. *Muscle Nerve.* 1996;19(3):350–354. DOI: 10.1002/(SICI)1097-4598(199603)19:3<350::AID-MUS11>3.0.CO;2-W

Information about the authors

Ekaterina G. Seliverstova — neurophysiologist, Clinical neurophysiology laboratory, junior researcher, Emergency neurosurgery department, Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow, Russia, <https://orcid.org/0000-0001-9652-1457>

Mikhail V. Sinkin — D. Sci. (Med.), leading researcher, Emergency neurosurgery department, Head, Clinical neurophysiology laboratory, Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow, Russia; Head, Laboratory of invasive neurointerfaces, Research Institute TechnoBioMed, A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia, <https://orcid.org/0000-0001-5026-0060>

Anton Y. Kordonsky — Cand. Sci. (Med.), neurosurgeon, senior researcher, Emergency neurosurgery department, Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow, Russia, <https://orcid.org/0000-0001-5344-3970>

Andrey A. Grin — D. Sci. (Med.), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head, Scientific department of the emergency neurosurgery, Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow, Russia; professor, Department of fundamental neurosurgery, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia, <https://orcid.org/0000-0003-3515-8329>

Author contribution. *Seliverstova E.G., Sinkin M.V., Kordonsky A.Yu., Grin A.A.* — concept and design of the study; *Seliverstova E.G., Sinkin M.V.* — collection and processing of material, writing the text; *Grin A.A., Sinkin M.V., Kordonsky A.Yu.* — editing.