


ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ
ДЕПАРТАМЕНТ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ГОРОДА МОСКВЫ

СОГЛАСОВАНО

Главный внештатный нейрохирург
Департамента здравоохранения
города Москвы

д.м.н., профессор, член-корр. РАН

 А.А. Гринь

01 апреля 2024г.

РЕКОМЕНДОВАНО

Экспертным советом по науке
Департамента здравоохранения

города Москвы ⁷



2024г.

КЛИНИЧЕСКАЯ И НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ
ДИАГНОСТИКА ДЕГЕНЕРАТИВНО-ДИСТРОФИЧЕСКИХ
ЗАБОЛЕВАНИЙ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА
И ИХ ОСЛОЖНЕНИЙ

Методические рекомендации № 27

Москва - 2024

УДК: 616.833

ББК: 56.12

Авторский знак: С -29

Организация-разработчик: ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы».

Авторы-составители:

Селиверстова Е.Г., Минкин М.В., Кордонский А.Ю., Талыпов А.Э, Гринь А.А., Душенкова Алена.

Рецензенты:

Евзиков Григорий Юльевич - д.м.н., нейрохирург, профессор кафедры нервных болезней, руководитель нейрохирургического отделения Клиники нервных болезней ПМГМУ им. И. М. Сеченова.

Шихкеримов Рафиз Каирович – д.м.н., главный невролог Департамента здравоохранения ЮАО г. Москва. Врач-невролог ГБУЗ «ГП №166 Департамента здравоохранения г. Москвы», врач-невролог ФГБУ «Поликлиника №4» Управления Делами Президента РФ.

Клиническая и нейрофизиологическая диагностика дегенеративно-дистрофических заболеваний поясничного отдела позвоночника/

Селиверстова Е.Г., Синкин М.В., Кордонский А.Ю. [и др.] М.: ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н. В. Склифосовского Департамента здравоохранения г. Москвы», 2024. – 42 с.

Предназначение: для врачей неврологов, нейрохирургов, мануальных терапевтов, травматологов-ортопедов, врачей функциональной диагностики.

Методические рекомендации разработаны в рамках выполнения НИР 1.5.23.25 «Совершенствование алгоритма обследования, лечения и профилактики осложнений у пациентов после нейрохирургических вмешательств».

Данный документ является собственностью
Департамента здравоохранения города Москвы
и не подлежит тиражированию и распространению
без соответствующего разрешения

ISBN

© Департамент здравоохранения города Москвы. 2024г.

© ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», 2024г.

© Коллектив авторов, 2024

СОДЕРЖАНИЕ:

| | |
|--|----|
| Введение | 6 |
| 1. Клинические проявления | 7 |
| 2. Инструментальная диагностика | |
| 2.1. Магниторезонансная томография (МРТ) | 15 |
| 2.2. Электромиография | 16 |
| 2.2.1. Показания к исследованию | 16 |
| 2.2.2. Общая характеристика метода | 16 |
| 2.2.3. Стимуляционная электронейромиография | 17 |
| 2.2.4. Игольчатая электромиография | 19 |
| 3. Дифференциальная диагностика верхней поясничной радикулопатии | 22 |
| 4. Дифференциальная диагностика радикулопатии L5 | 25 |
| 5. Дифференциальная диагностика крестцовых радикулопатий | 26 |
| 6. Игольчатая миография параспинальных мышц | 27 |
| 6.1. Анатомия, иннервация, физиология паравертебральных мышц | 28 |
| 6.2. Методология исследования параспинальных мышц на поясничном уровне | 30 |
| 7. Диагностическая транскраниальная магнитная стимуляция | 34 |
| 8. Сомато-сенсорные вызванные потенциалы | 34 |
| Список литературы | 37 |
| Приложение | 41 |

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем документе использованы ссылки на следующие нормативные документы:

Федеральный закон от 21 ноября 2011 г. N 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации».

Федеральный закон от 25.12.2018 № 489-ФЗ «О внесении изменений в статью 40 Федерального закона «Об обязательном медицинском страховании в Российской Федерации» и Федеральный закон «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» по вопросам клинических рекомендаций".

Клинические рекомендации «Дегенеративные заболевания позвоночника (2021 г., одобрены Минздравом России). Разработчики: Межрегиональная общественная организация «Ассоциация хирургов-вертебрологов», Общероссийская общественная организация «Ассоциация нейрохирургов России», Общероссийская общественная организация «Ассоциация травматологов-ортопедов России»

Клинические рекомендации «Дискогенная пояснично-крестцовая радикулопатия», разработанные Межрегиональной общественной организацией «Общество по изучению боли», Одобрено Научно-практическим Советом Минздрава РФ (протокол от 23.10.2023 №28). В соответствии с Правилами поэтапного перехода медицинских организаций к оказанию медицинской помощи на основе клинических рекомендаций, разработанных и утвержденных в соответствии с частями 3, 4, 6 –9 и 11 статьи 37 Федерального закона «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации», утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 19.11.2021 № 1968, клинические рекомендации применяются следующим образом:

– размещенные в Рубрикаторе после 1 июня 2022 года – с 1 января 2024 года.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

| | |
|--------|---|
| ВАШ | - визуальная аналоговая шкала (боли) |
| ДДЗП | - дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника |
| КПС | - крестцово-подвздошное сочленение |
| МКБ 10 | - международная классификация болезней 10-го пересмотра |
| МПД | - межпозвонковый диск |
| МРТ | - магнитно-резонансная томография |
| ПДЕ | - потенциал двигательной единицы |
| ПОВ | - положительная острая волна |
| ПСС | - поясничный спинальный стеноз |
| ПФ | - потенциал фибрилляции |
| ПФц | - потенциал фасцикуляции |
| СА | - спонтанная активность |
| СК | - спинномозговой корешок |
| СКХ | - синдром конского хвоста |
| СМН | - спинномозговой нерв |
| ТЛ | - Тест Ласега |
| УДД | - уровень достоверности доказательств |
| УУР | - уровень убедительности рекомендаций |
| ЭМГ | - электромиография |
| ЭНМГ | - электронейромиография |

Введение.

Дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника (ДДЗП) – мультифакториальные, хронические, рецидивирующие заболевания, при которых первичные изменения появляются в пульпозном ядре межпозвонкового диска (МПД), распространяются на фиброзное кольцо, затем на другие элементы позвоночного двигательного сегмента, проявляющееся в определенных условиях полиморфными (рефлекторными, компрессионными, компрессионно-рефлекторными и рефлекторно-компрессионными) неврологическими синдромами [1].

Диагностика ДДЗП и их осложнений, а также отбор пациентов для хирургического лечения остается наиболее актуальной междисциплинарной проблемой в неврологии и нейрохирургии.

Радикулопатия вследствие ДДЗП является одной из самых частых причин обращения за нейрохирургической помощью. Распространенность дискогенной пояснично-крестцовой радикулопатии колеблется от 1.6% до 13.4%. Она преобладает в возрасте 45-64 лет, чаще встречается у мужчин [3]. Основной причиной компрессионной радикулопатии являются грыжи межпозвонковых дисков [4, 5]. В половине случаев (48%) наблюдается поражение L5 корешка, компрессия S1 встречается в 30% случаев, 17% приходится на радикулопатию L4, доля поражения корешков L3, S2 и L2 составляет 5%, 4% и 3% соответственно (рис.1) [6].



Рис.1. Процентное распределение уровней поражения корешков при поясничной радикулопатии.

Радикулопатии часто ассоциированы с развитием устойчивого болевого синдрома конечностной локализации, тянущегося длительное время и приводящего к развитию тревожно-депрессивных нарушений, которые значительно снижают качество жизни пациентов.

Дискогенная пояснично-крестцовая радикулопатия в течение 4 недель расценивается как острая, в период 5-11 недель – подострая, после 12 недель – хроническая.

1. Клинические проявления радикулопатии варьируют в зависимости от выраженности компрессии спинномозгового корешка (СК) и уровня пораженного сегмента позвоночника.

Пояснично-крестцовая радикулопатия (код по МКБ 10 M54, M51.1, M48.0) – неврологический синдром, возникающий в результате компрессии СК, который может проявляться болью, чувствительными и двигательными нарушениями в соответствующих дерматоме и миотоме, снижением или утратой одного из рефлексов – коленного, ахиллова или рефлекса медиального подколенного сухожилия [2].

Чувствительные нарушения.

Пояснично-крестцовая радикулопатия может проявляться различными сенсорными нарушениями, включающими боль, гипестезию и парестезию. Нарушения чувствительности всегда носят субъективный характер и зачастую трудны для описания пациентами. Парестезия, наблюдаемая в 63-72% случаев повреждения поясничного СК между тем, остается недооцененным симптомом в клинической практике [7, 8]. Чувствительные нарушения и иррадиация боли проявляются в соответствующем компримированному СК дерматоме (рис.2).

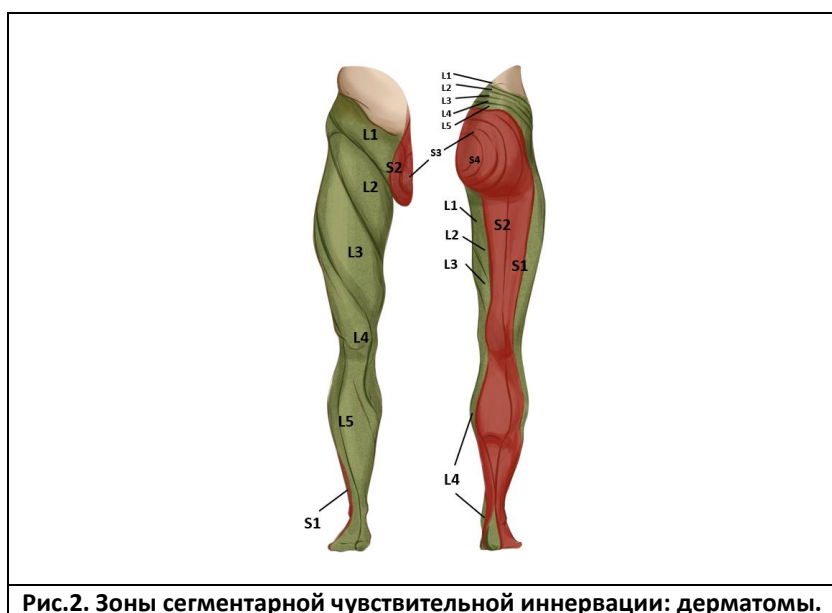


Рис.2. Зоны сегментарной чувствительной иннервации: дерматомы.

Представления о механизмах боли при поражении СК за последние годы значительно изменились. В настоящее время не вызывает сомнений, что выраженность корешкового болевого синдрома не коррелирует с размерами грыжи МПД.

Выделяют несколько вариантов механизма развития болевого синдрома. Боль возникает уже при натягивании менингеальной ткани, в которую заключен преганглионарный сегмент сенсорного корешка. Наружная оболочка СК является продолжением твердой мозговой оболочки спинного мозга и находится в непосредственном контакте с ликвором. Однако она не обеспечивает такой же защиты от механических повреждений как эпинеурий периферических нервов. Вследствие

того, что эндоневрий СК содержит меньшее количество коллагена, недостаточно организованного вокруг нервных волокон, эндоневральные капилляры находятся в менее защищенном состоянии. Также оказывается уязвимой и переходная область между спинным мозгом и его СК (зона Оберштайнера-Редлиха), где шванновские клетки замещают олигодендроциты.

Возникновение болевого синдрома обусловлено в том числе и при нарушении микроциркуляции в компримированном СК. Приток артериальной крови замедляется или полностью прекращается в том случае, когда давление на СК достигает критического уровня. При нарушении венозного оттока собственные сосуды СК не могут компенсировать потребности нервной ткани в кислороде, что приводит к локальной ишемии, интраневральному отеку и стазу крови.

Вследствие компрессии грыжей МПД может нарушаться кровоток в собственной сосудистой сети корешка СМН и вызывать функциональные изменения даже при низком давлении, если компрессия сохраняется в течение продолжительного периода времени. Кровоток в сосудах микроциркуляторного русла СК может восстановиться после устранения причины, вызвавшей стаз крови, в то время как в окружающих тканях сохраняются дистрофические изменения, которые могут быть обратимы после проведения декомпрессии СК.

При прогрессировании стаза развивается сладж, что отчасти объясняет причину эффекта «no-reflow», делающего невозможным быстрое восстановление кровообращения после длительной ишемии, и что, вероятно, обуславливает длительно сохраняющийся болевой синдром после микрохирургической декомпрессии СК. Раннее восстановление кровотока в собственных сосудах СК, вероятно, обуславливает купирование корешкового болевого синдрома и регресс неврологического дефицита сразу после дискэктомии.

Помимо непосредственной механической компрессии СК с появлением очагов эктопической патологической активности и избыточной экспрессии потенциалзависимых натриевых каналов, боли могут быть связаны с раздражением ноцицепторов МПД и других смежных структур (в первую очередь задней продольной связки). Кроме того, определенную роль играет асептический воспалительный процесс, при котором медиаторы воспаления, локально воздействуя на нервные окончания в тканях, также участвуют в генерации болевых ощущений. Еще одним механизмом хронической боли является центральная сенситизация - повышенная чувствительность и активность сенсорных нейронов заднего рога. Вследствие снижения порога возбуждения этих нейронов любая неболевая периферическая стимуляция может приводить к генерированию болевых импульсов, что клинически проявляется аллодинией. Особо следует подчеркнуть важную роль генетических, культурологических, психогенных и социальных факторов в развитии и хронизации болевого синдрома, детально описанных в специальной литературе.

По данным ретроспективного исследования Huang P. [9] при хирургической декомпрессии СК регресс болевого синдрома происходит в первые 6 недель после оперативного лечения, в то время как исчезновение парестезий происходит в течение

3 месяцев, а полное восстановление чувствительности в соответствующем дерматоме может продолжаться до 1 года.

Двигательные нарушения.

Поскольку мышцы конечностей получают перекрестную иннервацию от разных корешков, симптомы двигательных нарушений наблюдаются реже. Основная часть неврологического обследования сосредоточена на оценке силы квадрицепса (L3, L4), тыльного сгибания стопы и большого пальца стопы (L5), силы подошвенного сгибания (S1). Особое внимание стоит уделять оценке силы проксимальной группы мышц - бицепса бедра и ягодичных мышц, играющей важную роль в дифференциальной диагностике радикулопатии и других неврологических заболеваний периферической нервной системы.

При проведении дифференциальной диагностики между радикулопатией L3 и нейропатией бедренного нерва слабость приводящих мышц (рис. 3) в сочетании со слабостью квадрицепса будет указывать на корешковое поражение. При изолированной нейропатии бедренного нерва слабость будет проявляться только в четырехглавой мышце бедра.



Рис.3. Оценка силы приводящих мышц бедра при подозрении на радикулопатию L3.

Нарушение сухожильных рефлексов.

Для диагностики радикулопатии L5 может быть исследован рефлекс медиального подколенного сухожилия (РМПС), вызываемый постукиванием по полусухожильной или полумембранозной мышце проксимальнее подколенной ямки (рис.4). Наличие радикулопатии L5 следует подозревать при асимметрии рефлекторного сокращения.

В своем исследовании на выборке из 100 пациентов с пояснично-крестцовой радикулопатией Esene Ignatius Ngene с соавт. в 2012 году показали, что наибольшей чувствительностью и специфичностью обладает коленный рефлекс, которые составили 87,5% и 85,9% соответственно. Чувствительность РМПС (75,8%) ниже, чем у ахиллова рефлекса (82,5%), но специфичность РМПС выше (85,3%), чем у ахиллова рефлекса (56,7%). Также была продемонстрирована хорошая воспроизводимость РМПС. Результатом данного исследования явилась рекомендация о необходимости

включения РМПС в рутинное неврологическое обследование пациента с подозрением на радикулопатию L5 [10].

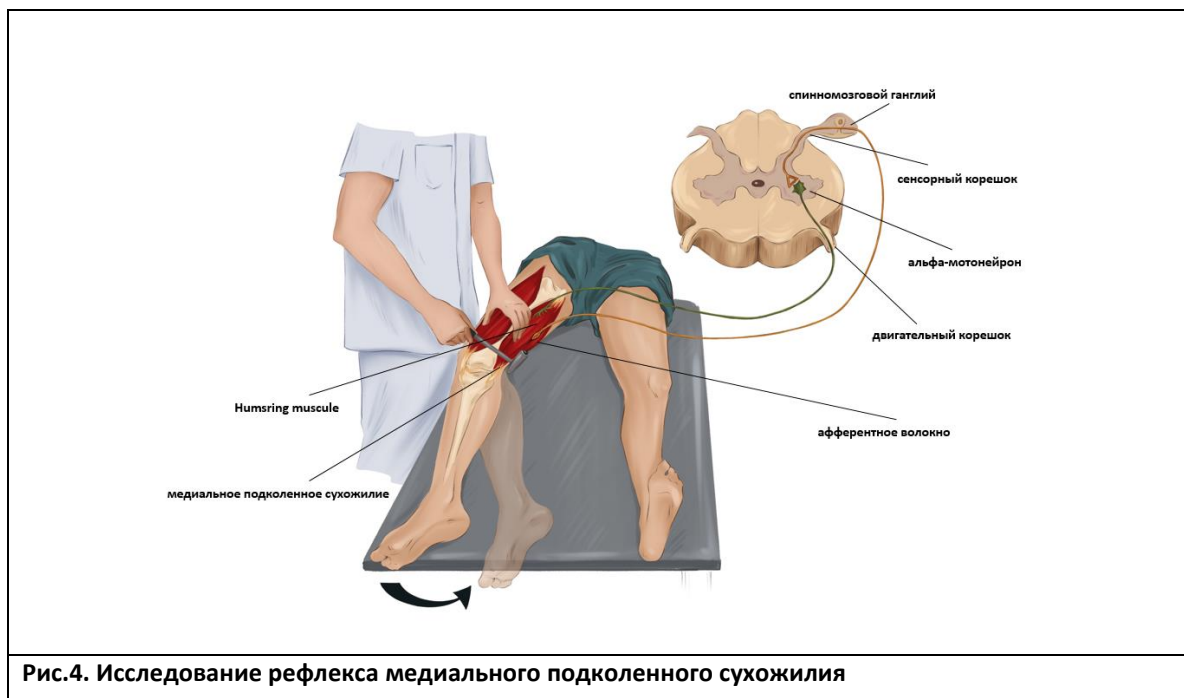


Рис.4. Исследование рефлекса медиа́льного подколенного сухожилия

Тесты и маневры для клинической диагностики поясничной радикулопатии.

1. Чувствительным, но не специфичным является **тест на поднятие прямой ноги** [11, 12]. Тест считают положительным, если возникают симптомы ишиаса - боль, которая иррадирует по ноге в область ниже колена, а не просто локализуется в спине или подколенной области [11].

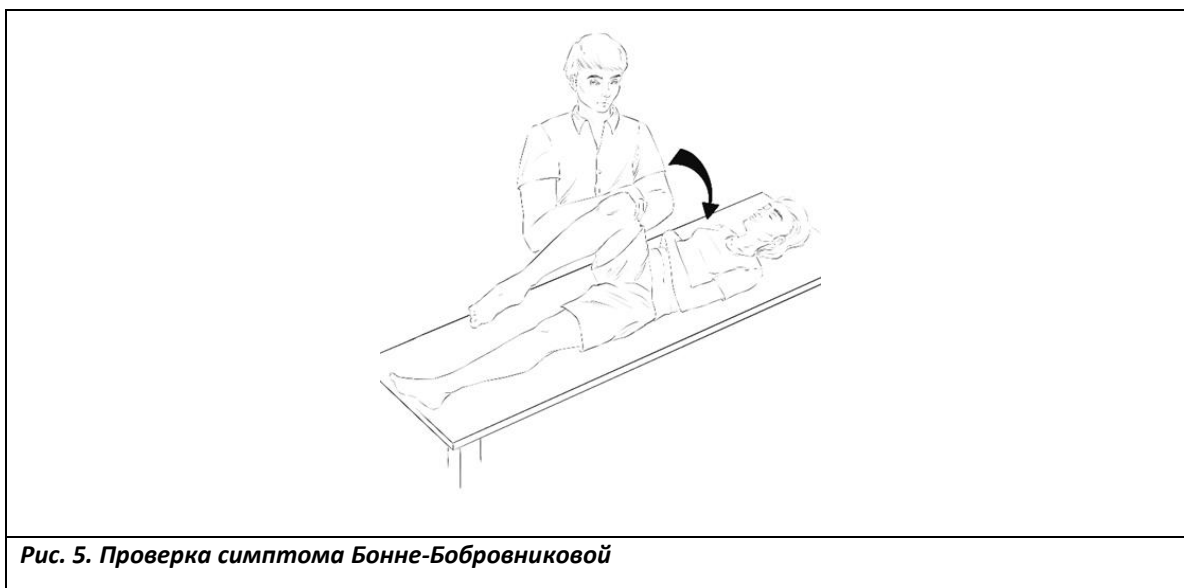
Daniëlle AWM van der Windt с соавт. в своем литературном обзоре, касающемся точности диагностических тестов при пояснично-крестцовой радикулопатии, отметили, что во многих исследованиях существует терминологическая путаница. Тест поднятия прямой ноги большинство исследователей проводят в положении пациента на спине и пассивном подъеме одной из нижних конечностей. Тест поднятой ноги наиболее информативен в случае диагностики радикулопатии L4 и S1 [13].

2. **Тест Ласега (ТЛ)** — существует несколько вариантов проведения этого теста. Большинство исследователей считает, что это продолжение теста поднятия прямой ноги, при котором нижнюю конечность опускают на пять-десять градусов, а стопу сгибают назад. При возникновении боли ТЛ считается положительным. Vucetic (1996) в своих трудах описывал совершенно иной маневр - пассивное сгибание бедра с разогнутым коленом, за которым следует пассивное сгибание бедра с согнутым коленом, называя такую манипуляцию симптомом Ласега [14].

ТЛ, известный во всем медицинском мире последние 150 лет, на самом деле был описан не самим французским врачом Шарлем Ласегом, а его учеником. Дж.

Форст задокументировал описание симптома в своей докторской диссертации в 1881 году. Оба врача, Ласег и Форст, предлагали проводить тест в два последовательных этапа [15]. На первом этапе пациенту, лежащему на спине, экзаменатор поднимал прямую ногу, что провоцировало возникновение ишиалгии. На втором – ногу, согнутую в бедре и колене, что не вызывало болевых ощущений у пациента.

3. Симптом Бонне - Бобровниковой при радикулопатии L5, S1 – воспроизведение боли при пассивном приведении бедра с одновременной ротацией его внутрь. Пассивное сгибание ноги в тазобедренном и коленном суставах с фиксацией её в приведённом положении при радикулопатии вызывает появление боли по ходу седалищного нерва (рис. 5).



Положительные симптомы натяжения Вассермана и Мацкевича выявляют при радикулопатии L3, L4.

4. Симптом Вассермана – в положении лежа на животе производят пассивное разгибание в тазобедренном суставе. При компримировании спинномозговых корешков появляется боль по передней поверхности бедра (по ходу бедренного нерва).

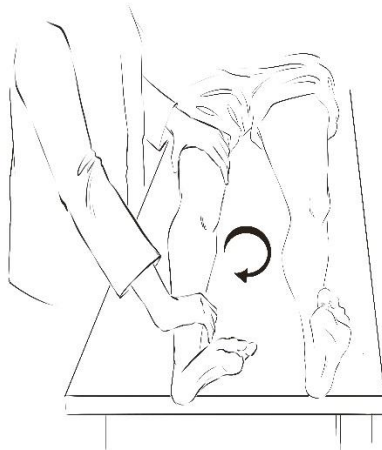

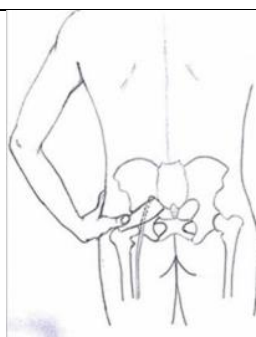
5. Симптом Мацкевича - исследуют также в положении лежа на животе. Выполняется резкое пассивное сгибание голени в коленном суставе. Возникновение боли аналогично, как и при оценке симптома Вассермана - в зоне иннервации бедренного нерва.

6. Наиболее часто используемые провокационные маневры в дифференциальной диагностике поясничной радикулопатии

Боль в нижней части спины следует дифференцировать с другими болевыми синдромами, причиной которых может быть фасеточный синдром, синовиальные кисты, спинальный стеноз и др. [16]. Различные провокационные маневры,

помогающие распознать конкурирующие заболевания, представленные в таблице 1. В таблице 2 перечислены клинические особенности заболеваний, клиническая картина которых схожа с радикулопатией.

Таблица 1. Наиболее часто используемые провокационные маневры в дифференциальной диагностике поясничной радикулопатии.

| Название маневра | Описание маневра | Иллюстрация |
|---|--|--|
| Синдром грушевидной мышцы | | |
| Фрейберга (Freiberg's test) | Провокация боли при сильном внутреннем вращении бедра. |  |
| Симптом Гроссмана | При ударе молоточком или сложенными пальцами по нижнепоясничным или верхнекрестцовым остистым отросткам происходит сокращение ягодичных мышц | |
| FAIR (Flexion Adduction Internal Rotation) Test, симптом Пэйса | В положении лежа на боку врач сгибает ногу в тазобедренном и коленном суставах, а затем производит вращательные движения в бедре. |  |
| "Знак руки на бедре" | пациент самостоятельно описывает боль в ягодичной области |  |

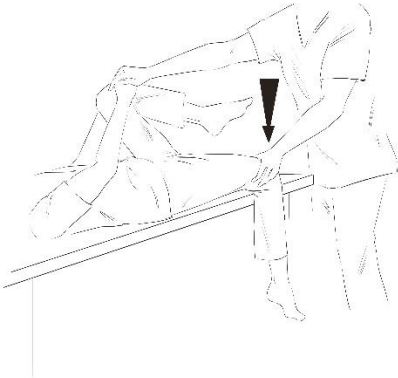
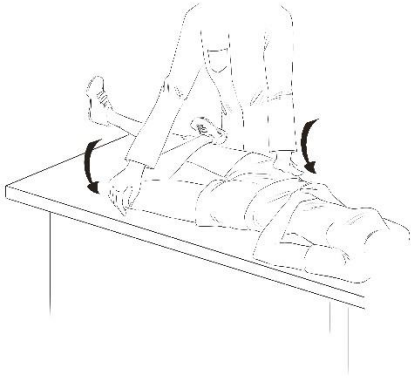
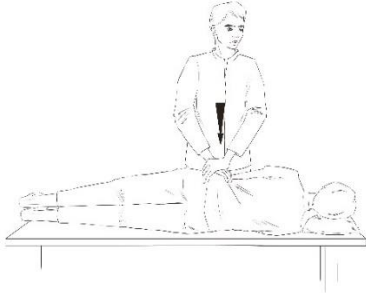

| Патология крестцово-подвздошного сочленения | | |
|---|--|--|
| Генслена (Gaenslen's Test) | Пассивное переразгибание ноги, свисающей за край стола. |  |
| Тест Патрика, FABER Test | Сгибание бедра, приведение и вращение ноги наружу. |  |
| Тест давления на подвздошную кость | В положении лежа на боку врач осуществляет сдавление таза. |  |
| Анкилозирующий спондилит | | |
| Тест Бехтерева | Поднятие прямых ног из положения сидя. |  |

Таблица 2 Дифференциальная диагностика болевого синдрома при ишиалгии различного генеза [17, 18]

| | Радиклопатия | Синдром грушевидной мышцы | Фасеточный синдром | Дисфункция КПС |
|-------------------------------------|---|---|---|---|
| Характеристика боли | Различные типы боли: стреляющая боль, похожая на удар электрическим током, пульсирующая, сжимающая, постоянная тупая, ноющая. | Различные типы боли: стреляющая, похожая на удар электрическим током, пульсирующая, постоянная тупая, ноющая или по типу преходящего дискомфорта, может сопровождаться ощущением покалывания. | Тупая, ноющая | Острая, колющая и/или стреляющая боль |
| Локализация, иррадиация боли | В поясничной области, с иррадиацией по соответствующему дерматому. | В ягодичной области, иррадиация по задней поверхности бедра, может распространяться до икры и стопы | В нижней части спины, иногда и в ягодичной области и/или бедрах (обычно не распространяется ниже колена) | Непосредственно над КПС, распространяется вниз по задней поверхности бедра, не ниже колена. |
| Провоцирующий фактор | Физическая нагрузка, наклоны туловища вперед, усиление при чихании, кашле, натуживании. | Длительное сидение, ходьба, подъем по лестнице, наклон туловища вперед. | В начале движения, после длительных периодов бездействия, по утрам, после длительного сидения, например, за рулем, тяжелой физической нагрузки и / или при повороте или наклонах назад. | Длительное сидение, при смене положения тела – наклонах туловища, вставании, поворотах в постели |
| Уменьшение боли | После отдыха | При растяжении спазмированной грушевидной мышцы | При наклонах вперед | После отдыха или после ходьбы |
| Диагностика | Положительный с-м поднятой ноги (Ласега), с-м Бонне-Бобровниковой | Положительный с-м поднятой ноги (Ласега), положительный маневр Фрейберга, тест Гроссмана), Пейса, с-м Бонне-Бобровниковой. | Положительный эффект диагностической блокады | Положительные маневры Генслена, Патрика, тест давления на подвздошную кость. Положительный эффект диагностической блокады КПС под |

| | | | | |
|--|--|--|--|-----------------------|
| | | Диагностическая блокада под рентгенконтролем | | рентген контролем. |
|--|--|--|--|-----------------------|

Синдром конского хвоста (СКХ) – остро возникающий и требующий неотложной нейрохирургической помощи симптомокомплекс, возникающей в результате компрессии спинномозговых корешков конского хвоста и сопровождающийся вялым нижним парапарезом/параплегией, нарушением функции тазовых органов, болевым синдромом и чувствительными нарушениями, локализующимися в области промежности и ягодиц. Болевой синдром в поясничной области с иррадиацией в нижние конечности развивается у 70% пациентов.

По данным литературы, в 2/3 случаев СКХ имеет травматический генез, однако по некоторым данным его доля вследствие грыжи МПД поясничного отдела позвоночника составляет 45% [19].

При оказании своевременной хирургической помощи в первые 48 часов от начала заболевания у 70% пациентов происходит восстановление функции тазовых органов в течение последующих 2-х лет [20].

2. Инструментальная диагностика.

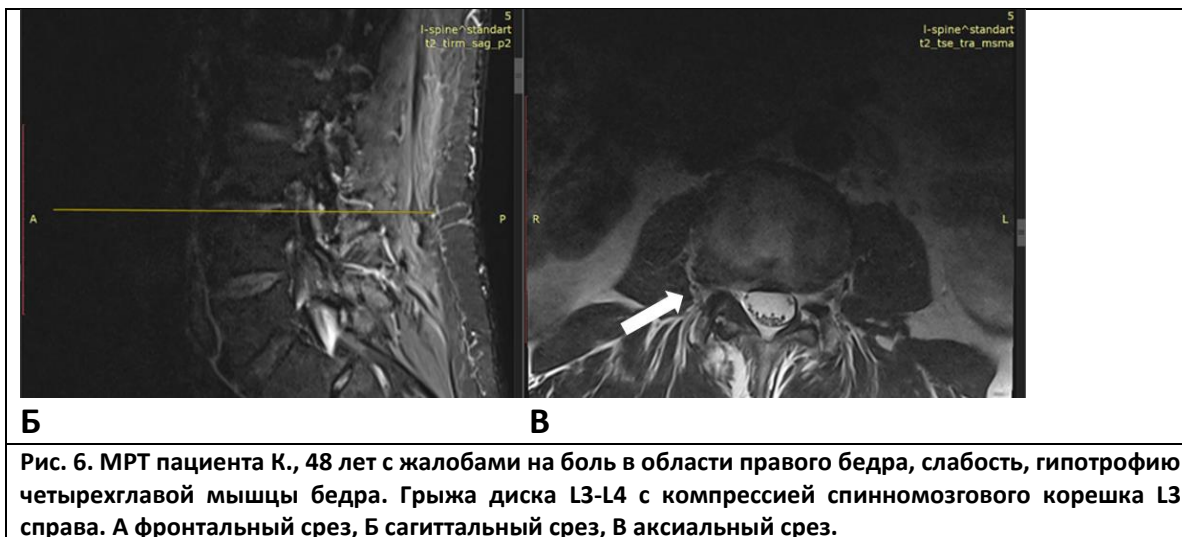
2.1. Магниторезонансная томография (МРТ)

«Золотым стандартом» инструментальной диагностики является МРТ, которая позволяет визуализировать невральную компрессию. При подозрении на радикулопатию вследствие заболевания позвоночника, нейрофизиологическое исследование является продолжением клинического осмотра пациента.

Пример диагностики экстрафораминальной грыжи диска L3-L4 с компрессией СК L3 справа представлен на рис. 6.



А



2.2. Электромиография

Диагностическая ценность миографии в диагностике повреждения спинномозговых корешков была исследована неоднократно, однако различается в зависимости от уровня их расположения. При пояснично-крестцовой радикулопатии чувствительность метода составляет от 49 до 86% [21].

Так же различны и уровни доказательности для разных способов проведения миографии. Например, при радикулопатии поясничного отдела позвоночника и электромиографии (ЭМГ) мышц ног – уровень достоверности доказательств (УДД) 2, уровень убедительности рекомендаций (УУР) В; для ЭМГ паравертебральных мышц – УДД 2, УУР В; для исследования F-волны малоберцового и большеберцового нервов и Н-рефлекса при радикулопатии S1 - УДД 2 и 3, а УУР – С [22].

2.2.1 Показаниями для проведения миографии при подозрении на пояснично-крестцовую радикулопатию являются:

- несоответствие клинической картины заболевания данным нейровизуализации,
- исключения патологии периферической нервной системы, имитирующих поражение поясничного или крестцового СК.
- проведение МРТ невозможно (наличие кардиостимулятора, металлических конструкций).
- оценка функционального состояния СК и целесообразности проведения хирургического лечения при определенной длительности компрессионной радикулопатии и наличии двигательных и чувствительных расстройств.

2.2.2 Общая характеристика метода.

Электромиография – инструментальный метод исследования функционального состояния периферического нейромоторного аппарата.

Существуют следующие виды миографии:

- Стимуляционная электронейромиография (ЭНМГ, Nerve Conduction Study, NCS).

- Игольчатая электромиография (ЭМГ, Electromyography, EMG).
Игольчатая миография

2.2.3. Стимуляционная электронейромиография (ЭНМГ, Nerve Conduction Study, NCS).

Метод стимуляционной ЭНМГ заключается в чрезкожной электростимуляции ствола нерва с регистрацией и измерением параметров возникающего суммарного потенциала действия мышцы (в русскоязычной литературе М-ответ) или нерва (S - ответ). Снижение амплитуды потенциала действия свидетельствует о повреждении аксонов, составляющих периферический нерв, а замедление скорости проведения – о демиелинизации. В диагностический алгоритм ЭНМГ при подозрении на радикулопатию обязательно входит исследование как моторной, так и сенсорной порции нерва, представляющего соответствующий сегмент позвоночника. В зависимости от предполагаемого уровня компрессии СК комбинация исследуемых нервов будет меняться. Набор тестируемых периферических нервов на примере диагностики радикулопатии L5 представлены в таблице 1.

Таблица 3. Алгоритм электронейромиографической дифференциальной диагностики радикулопатии L5 и поражения отдельных нервов нижних конечностей.

| Методы исследования | Локализация поражения | | | | |
|--|----------------------------|-------------------------|-----------------|--------------------------------|------------------|
| | Глубокий малоберцовый нерв | Общий малоберцовый нерв | Седалищный нерв | Пояснично-крестцовое сплетение | Радикулопатия L5 |
| ЭНМГ, Амплитуда М-волны | | | | | |
| n.peroneus Малоберцовый нерв. m. Extensor digitorum brevis м. короткий разгибатель пальцев. | снижена* | снижена | снижена | снижена | снижена |
| n.tibialis Большеберцовый нерв m.Abductor hallucis. м. приводящая большой палец стопы | норма | норма | +/_ ** | +/_ | +/_ |
| ЭНМГ, СП | | | | | |
| n.peroneus малоберцовый | снижена | снижена | норма | норма | норма |
| ЭНМГ, Амплитуда потенциала действия сенсорного нерва | | | | | |
| малоберцовый нерв | норма | снижена | снижена | снижена | норма |
| икроножный нерв | норма | норма | снижена | снижена | норма |
| * снижение должно превышать 50% от амплитуды М-волны мышцы со здоровой стороны ** +/_ если вовлечены волокна S1 СП – скорость проведения | | | | | |

В большинстве случаев монорадикулярного поражения снижения амплитуды М-ответа не происходит, поскольку обычно повреждается лишь небольшая доля

нервных волокон переднего корешка, а миотомы конечностей имеют полисегментарную иннервацию. Падение амплитуды М-ответа ниже нормы возникает только при повреждении 50-70% моторных аксонов, а зависимость этого показателя от индивидуального строения мышцы обуславливает обязательное сравнение со здоровой стороной [23].

Дополнительно с помощью ЭНМГ возможно оценить функциональное состояние проксимальных отделов нерва и СК. Для этого проводят исследование «поздних ответов» - F-волн и Н - рефлекса.

F-волна – низкоамплитудное полиморфное колебание суммарного потенциала действия мышцы, возникающее через короткий интервал после М-ответа. Генез появления F-волны хорошо изучен – она является результатом возбуждения пула мотонейронов передних рогов спинного мозга электрическим импульсом, распространившимся в проксимальном направлении. Методом F-волны возможно оценить скорость распространения импульса по всей длине нерва, что наиболее информативно при демиелинизирующих процессах [24].

Н – рефлекс применим только для оценки состояния корешков уровня S1 и является электрографическим аналогом ахиллова рефлекса, представляя собой моносинаптический рефлекторный ответ мышцы на электрическое раздражение сенсорных волокон нерва.

Ранее считали, что изменение параметров поздних ответов может указывать на корешковый уровень поражения. Однако, широкое внедрение методов нейровизуализации позволило доказать, что информативность этих методик для диагностики радикулопатии крайне низка, изменение показателей F-волн и Н-рефлекса не специфично и не может быть биомаркером корешкового повреждения [25].

Исследование сенсорных порций при ЭНМГ более информативно из-за наличия в составе соматосенсорного пути псевдоуниполярного спинального ганглия, располагающегося в области межпозвонкового отверстия проксимальнее слияния корешков в спинномозговые нервы.

В большинстве случаев радикулопатий вследствие компрессии грыжей МПД, спинальный ганглий лежит дистальнее грыжи. При таком анатомическом соотношении грыжа МПД повреждает чувствительный корешок до ганглия и развивающаяся вследствие повреждения аксонов, валлеровская дегенерация не распространяется вдоль ствола сенсорного нерва [26]. Это объясняет отсутствие электрографических изменений при оценке сенсорного ответа при радикулопатии (рис.7).

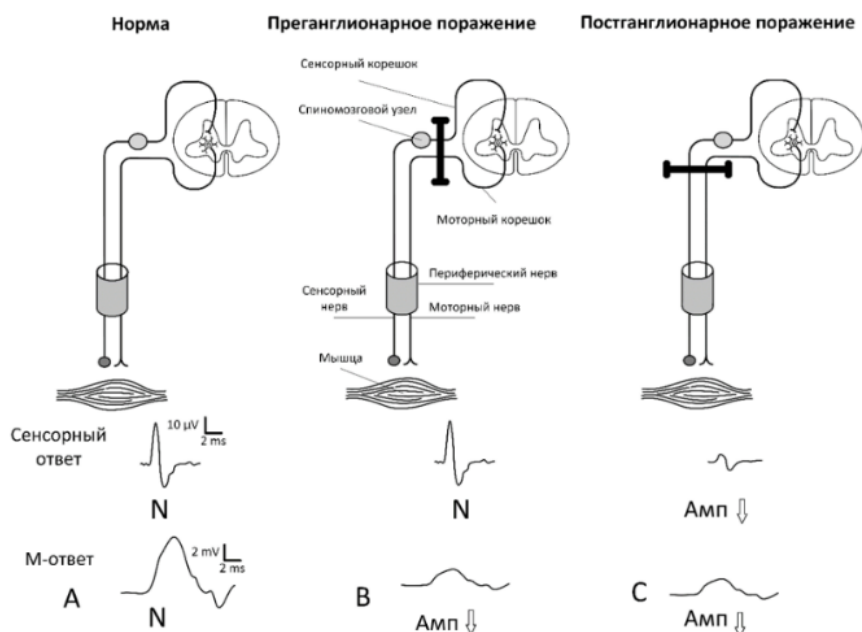


Рис. 7. Схема взаимного расположение структур периферического нейромоторного аппарата. Изменения параметров моторного и сенсорного ответов в зависимости от уровня поражения: А – норма: амплитуда моторного и сенсорного ответов в норме, В – преганглионарное поражение: амплитуда сенсорного ответа – в норме, моторного - снижена; С – постганглионарное поражение: снижена амплитуда моторного и сенсорного ответов.

В редких случаях радикулопатии L5 можно наблюдать снижение амплитуды ПД поверхностного малоберцового нерва на 50% и более по сравнению со здоровой стороной вплоть до полного его отсутствия. Данный факт объясняется анатомическим расположением в некоторых случаях дорсальных спинномозговых ганглиев L5 в углублении верхней фасетки. Наряду с этим можно наблюдать и интраканальное расположение спинномозгового ганглия, встречаемость которого по данным литературы может составлять 13-40%. Однако если толщина ганглия будет сопоставима с толщиной корешка СМН, его невозможно идентифицировать при нейровизуализации, по этой причине сложно определить точную частоту встречаемости расположения ганглия в пределах спинномозгового канала.

Учитывая низкую диагностическую ценность ЭНМГ в диагностике радикулопатий, вызванных заболеваниями позвоночника в связи с тем, что при сохранности более 50% аксонов или эффективном процессе реиннервации параметры М-ответов будут оставаться в норме, основной целью её проведения является исключение других заболеваний периферической нервной системы, симптоматика которых схожа с повреждением СК. Найденные при МРТ грыжи МПД могут быть случайной находкой на фоне другой причины жалоб, и проведение исследования периферической нервной системы позволит избежать неоправданного нейрохирургического вмешательства.

2.2.4 Игольчатая электромиография (ЭМГ, *Electromyography*, *EMG*) – инвазивный способ регистрации биоэлектрической активности мышц, которую осуществляют специальным биполярным концентрическим электродом,

выполненным в форме иглы. ЭМГ позволяет выявить электрографические признаки процессов денервации и реиннервации в миотоме иннервируемом определенным корешком даже до развития клинических проявлений, таких как слабость и гипотрофия [27]. Поэтому, методика ЭМГ значительно информативнее ЭНМГ для диагностики радикулопатий и должна быть обязательно использована во время нейрофизиологической оценки состояния СК [28].

Оценка спонтанной активности (Свободно текущая миография, Free Run) (СА) – исследование мышцы в состоянии максимального расслабления для выявления признаков продолжающегося процесса денервации. В здоровом миотоме СА мышцы отсутствует. В процессе разобщения нерва и мышцы (денервации), возникает деполяризация лишённого иннервации мышечного волокна, которая может быть зарегистрирована на свободно текущей кривой ЭМГ в виде потенциалов разной морфологии.

К электрографическим признакам денервации относят усиление активности во время введения электрода и СА мышечных волокон. В СА выделяют потенциалы фибрилляций (ПФ), положительные острые волны (ПОВ) и потенциалы фасцикуляций (ПФц). ПФ обычно указывают на острую нейропатию, но могут возникать и при первично-мышечных заболеваниях, например, при воспалительных миопатиях и миодистрофиях. ПОВ являются результатом развивающейся дистрофии мышцы. Значительное увеличение амплитуды и длительности ПОВ указывает на гибель большого количества мышечных волокон, которые ранее образовывали двигательную единицу.

ПФц – это единичный, спонтанный, произвольный разряд отдельной двигательной единицы, генератором которого является моторный нейрон или его аксон. Наличие ПФц часто связывают с заболеваниями двигательного нейрона, однако их также можно наблюдать в случаях поражения моторных аксонов, например, при радикулопатии или аксональной полинейропатии.

Существует прямая зависимость между расстоянием от места повреждения и сроками возникновения СА. Появление ПФ наступает тем позже, чем дальше расположено место повреждения от исследуемой мышцы [29]. Например, в паравертебральной мускулатуре ПФ появляются через 7 дней после поражения СК, по некоторым данным через 3 дня [30]. В мышцах конечностей СА возникает не ранее чем через 2 недели, а у некоторых пациентов через 4–6 недель. ПФ при радикулопатии могут сохраняться в паравертебральной мускулатуре в течение 6 недель после завершения острой стадии патологического процесса, в то время как в дистальных мышцах – от 12 до 24 месяцев и дольше, до тех пор, пока не завершится процесс реиннервации.

Анализ потенциала двигательных единиц (ПДЕ). При произвольном сокращении мышцы возможно зарегистрировать и оценить отдельные потенциалы действия двигательных единиц (ПДЕ). Среди анализируемых параметров основным являются амплитуда и длительность ПДЕ.

При реиннервационном процессе число мышечных волокон, иннервируемых одним мотонейроном, увеличивается. Это приводит к изменению формы ПДЕ, за счет увеличения их амплитуды и длительности [31]. Такое изменение называют «нейрогенной перестройкой ПДЕ» (рис.8). Нормативные показатели ПДЕ в миотомах отличаются и их рассчитывают отдельно для каждой мышцы.

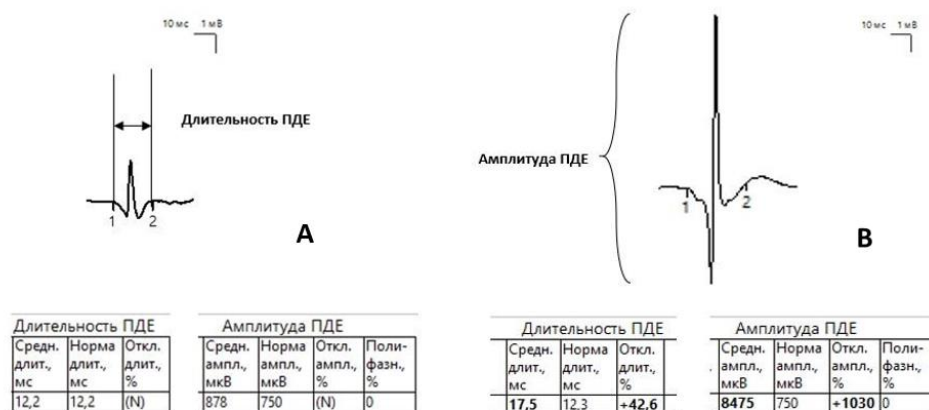


Рис.8 Игольчатая миография передней большеберцовой мышцы. А. ПДЕ в норме. В. Нейрогенная перестройка ПДЕ: увеличение средней амплитуды до 8475 мкВ при норме до 1500-1800 мкВ и средней длительности до 17,5 мс при норме до 12,3 мс.

После завершения денервации мышцы, начинается процесс её реиннервации с появлением сначала полифазных ПДЕ, а затем потенциалов с увеличенной амплитудой и длительностью. Как и денервационные, реиннервационные изменения первыми возникают в самых проксимальных от места повреждения мышцах (рис. 9). Перестройка ПДЕ в параспинальных мышцах в среднем занимает 2 месяца, в мышцах конечностей – 3 и более месяца.

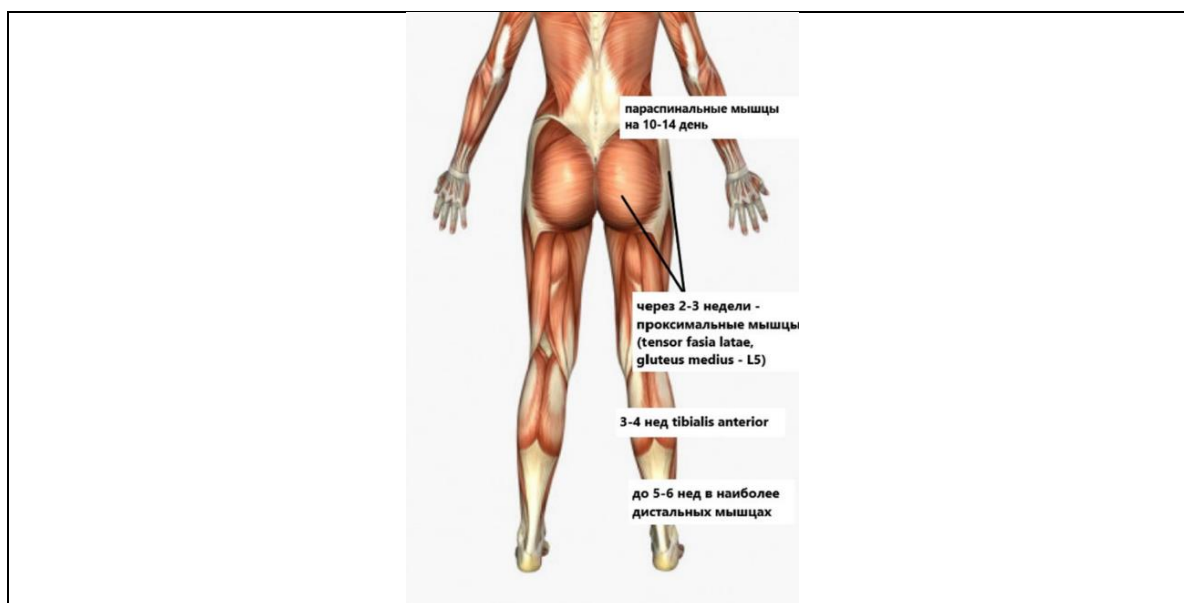
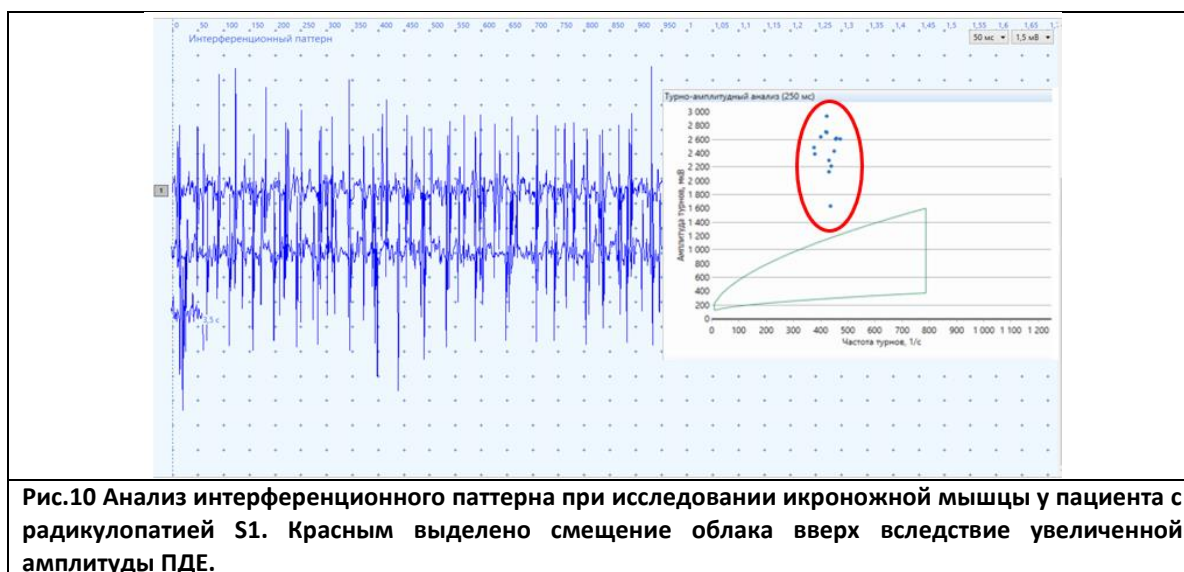


Рис. 9. Время возникновения денервационно-реиннервационных изменений в мышцах при радикулопатии L5.

Амплитуда М-ответа и параметры ПДЕ в дебюте заболевания остаются нормальными (при сохранности более 50-70% моторных аксонов), в то время как спонтанную активность регистрируют со второй недели заболевания, максимальная ее представленность в первый месяц болезни, затем регистрируют единичные потенциалы ПФ, ПОВ или ПФЦ. Нейрогенная перестройка ПДЕ, являющаяся отражением процесса реиннервации, начинается со 2-й недели заболевания и продолжается весь период сохраняющейся компрессии СК [32].

Анализ интерференционного паттерна – является дополнительной методикой ЭМГ и представляет собой количественно-визуальную оценку кривой, регистрируемой при произвольном напряжении мышцы различной силы в течение 3-5 секунд, при этом оценивается амплитуда и насыщенность паттерна. При выраженном нейрогенном процессе паттерн становится «разреженным», а его амплитуда увеличивается (рис.10). Недостатком методики является её низкая информативность в дебюте заболевания или при эффективной реиннервации.



Определение остроты процесса.

Анализ морфологии ПДЕ и наличие или отсутствие ПФ и ПОВ позволяют определить является ли радикулопатия острой (от нескольких дней до нескольких недель) или хронической (от нескольких месяцев до нескольких лет). Для развития каждого из этих изменений требуется время, поэтому наблюдаемые изменения должны быть соотнесены с временем появления симптомов.

При аксональном поражении, продолжающемся менее 3 недель, может пройти недостаточно времени для возникновения спонтанной активности и изменения морфологии ПДЕ. В редких случаях можно наблюдать единичные ПФ и ПОВ, свидетельствующие о недавней потере двигательных аксонов.

Через 3 недели появляются ПФ и ПОВ, наличие которых свидетельствует об активном поражении. При нормальных параметрах ПДЕ это состояние классифицируется как «острая радикулопатия» [59].

Стоит отметить, что при демиелинизирующем поражении СК (и отсутствии гибели аксонов) не регистрируют СА, а параметры ПДЕ будут оставаться в норме.

При хронических поражениях СК сохранившиеся двигательные аксоны пытаются реиннервировать денервированные мышечные волокна посредством коллатерального спрутинга. Этот процесс обычно занимает от 6 до 26 недель после первоначального повреждения СК. В случае обнаружения нейрогенной перестройки ПДЕ радикулопатию классифицируют как хроническую. Спонтанная активность, наблюдаемая в сочетании с нейрогенными ПДЕ, свидетельствует о хроническом, активном поражении СК.

В редких случаях самые дистальные мышцы конечностей полностью не реиннервируются, что приводит к сохранению ПФ в них и не является электрографическим признаком продолжающегося повреждения СК. При данных условиях в заключении целесообразно указать о невозможности точного определения, является ли повреждение СК активным [60].

3. Диагностика верхней поясничной радикулопатии.

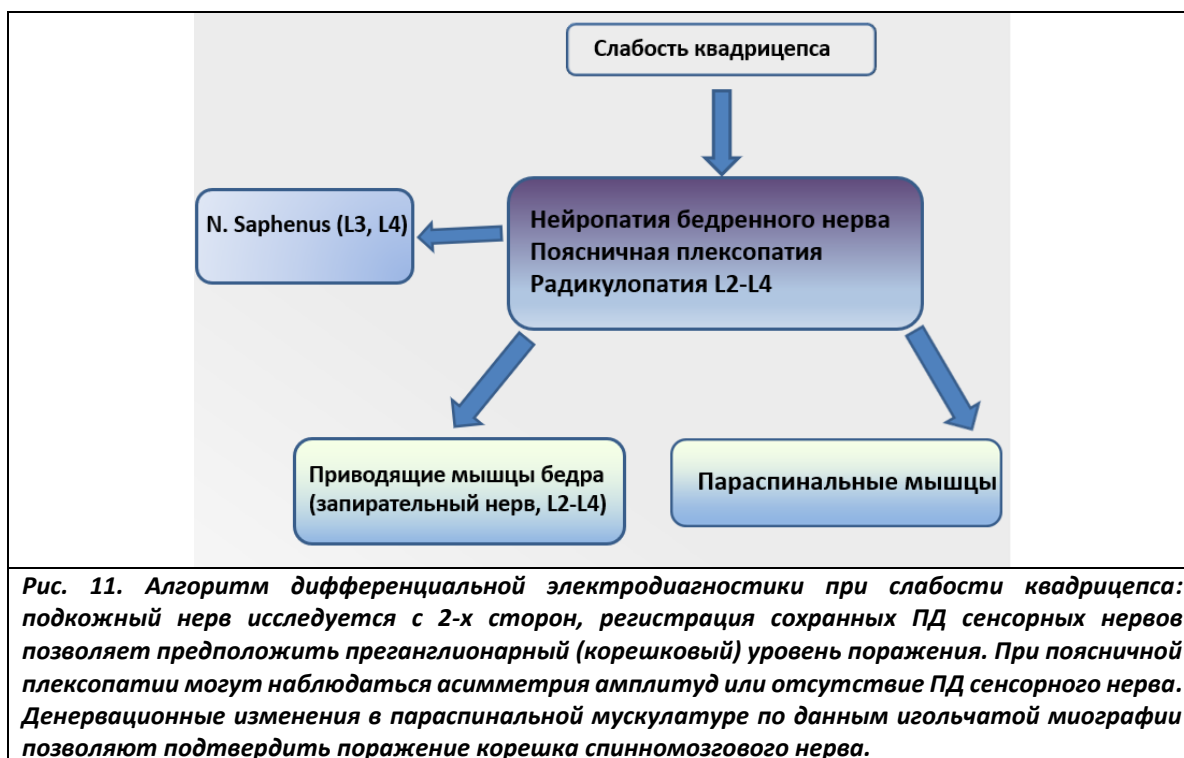
Компрессионная радикулопатия вследствие грыж межпозвоночных дисков на уровне L1-L2 и L2-L3 встречается редко и составляет в среднем порядка 5% среди всех пояснично-крестцовых радикулопатий [33]. Учитывая анатомическую узость спинномозгового канала на данном уровне, клиническая картина может представлять сочетанное поражение нескольких корешков спинномозговых нервов или мозгового конуса (рис. 11).

При проведении электромиографии у пациентов с длительной компрессионной верхнепоясничной радикулопатией денервационно-реиннервационные изменения могут быть выявлены в нескольких миотомах, как правило, в L2-S1, наблюдается грубая нейрогенная перестройка ПДЕ, спонтанную активность в большинстве случаев не регистрируют.

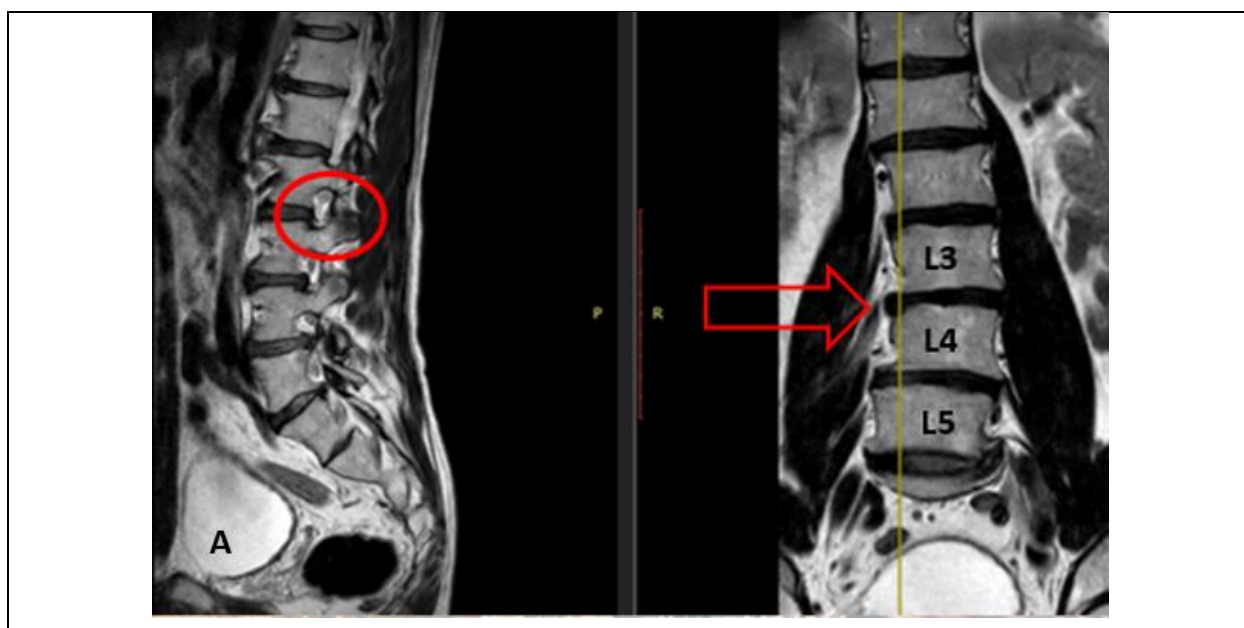
Традиционная дифференциальная электродиагностика поражения корешков спинномозговых нервов L2, L3, L4, основанная на ЭМГ мышц нижних конечностей может вызывать некоторые затруднения. Прямая, латеральная и медиальная мышцы бедра в большинстве случаев поражаются одинаково при радикулопатии любого из корешков L2, L3, L4. Единственной мышцей, иннервируемой корешками L2-L4, но запираемым нервом, является длинная приводящая мышца бедра.

ЭМГ *m. adductor magnus* играет большую роль в дифференциальной диагностике поражения бедренного нерва и радикулопатии L2-L4, однако не позволяет дифференцировать какой из поясничных корешков спинномозговых нервов L2, L3 или L4 поврежден. При полирадикулярном поражении или наличии возможных условия для компрессии более, чем одного спинномозгового корешка по данным МРТ

наиболее информативным оказывается проведение ЭМГ параспинальных мышц (рис.11).



В случае острой радикулопатии в ПМ на уровне компримированного корешка регистрируют потенциалы фибрилляций и положительные острые волны, свидетельствующие о текущем денервационном процессе (рис. 12). При хроническом течении радикулопатии выявляют признаки реиннервационного процесса в виде увеличения амплитуды и длительности ПДЕ (нейрогенная перестройка), разрежения интерференционного паттерна.



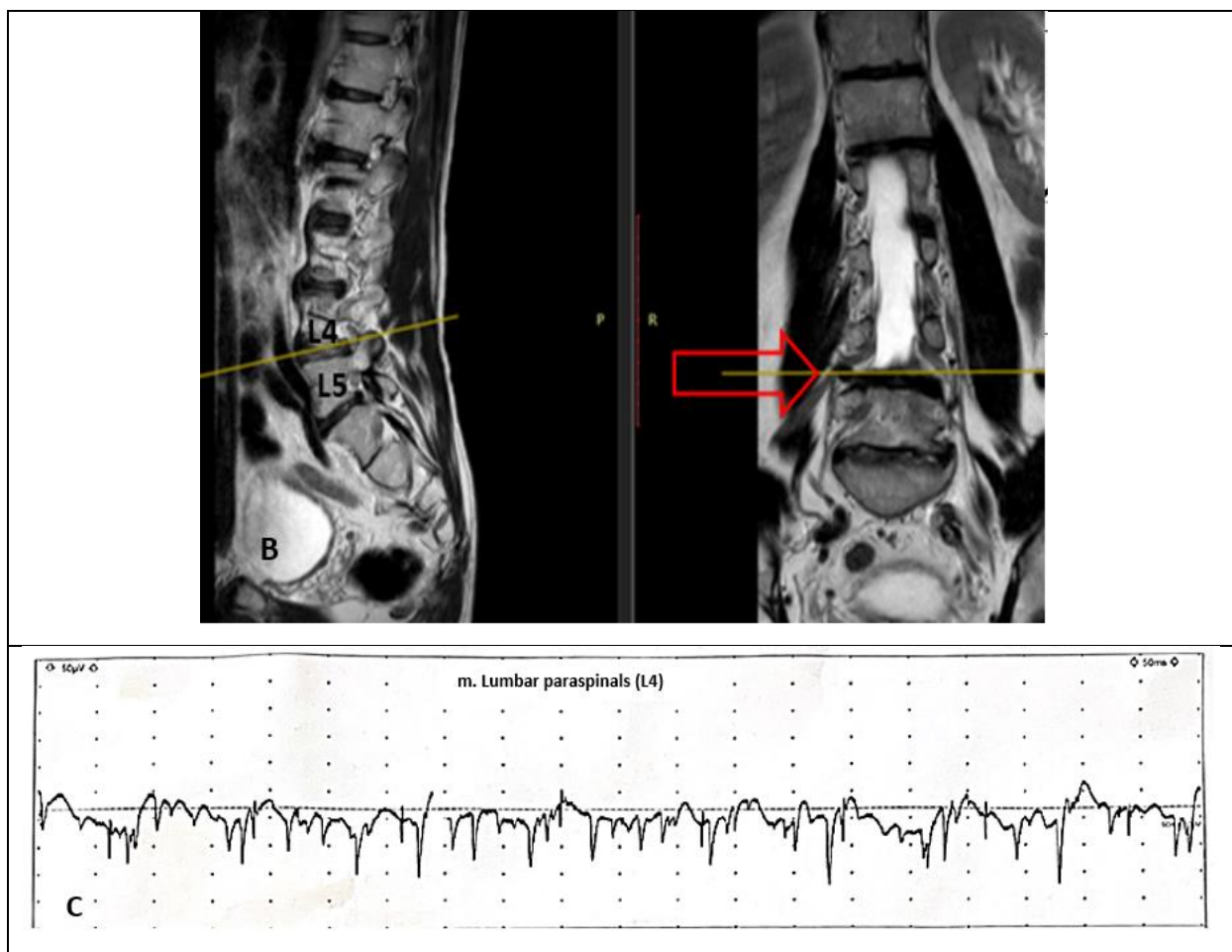


Рис. 12 МРТ пациента А. 54 лет с болевым синдромом в области правого бедра и слабостью правого квадрицепса. **(А)** По данным МРТ (T2 режим, сагиттальный и фронтальный срезы) выявлены экстрафораминальные грыжи межпозвонковых дисков L3-L4 **(А)** и L4-L5 **(В)**, красными стрелками отмечены места возможного диско-радикального конфликта. **С** спонтанная активность в параспинальных мышцах на уровне L4 справа (длительность заболевания 2 недели).

4. Диагностика радикулопатии L5 и поражения отдельных нервов нижних конечностей методом игольчатой миографии представлена в таблице 4. Напомним, что показатели ЭНМГ могут оставаться в пределах нормы при повреждении менее 50-70% моторных аксонов. При грубой или длительной компрессии корешка L5 можно наблюдать снижение амплитуды М-волны при стимуляции малоберцового нерва и/или амплитудную асимметрию М-волн более 50% при сравнении со здоровой стороной. Параметры ПД сенсорного нерва n. Peroneus superficialis при этом не меняются.

Выбор мышц для проведения игольчатой миографии будет обусловлен клинической картиной заболевания, наличием и выраженностью болевого синдрома и двигательных нарушений, анатомическими особенностями, степенью выраженности подкожно-жировой клетчатки и переносимостью исследования пациентом. Минимальный объем исследования должен включать исследование мышц, иннервируемых одним корешком, но разными периферическими нервами. В

таблице 5 представлены мышцы, иннервируемые СК L5 и S1 с учетом чувствительности их исследования при радикулопатии. Например, по данным литературы исследование мышцы напрягателя широкой фасции бедра обладает большей чувствительностью, чем исследование ягодичной мышцы [23, 34]. Схема проведения исследования m. tensor fasciae latae изображена на рис.13.

Таб. 4. Дифференциальная диагностика радикулопатии L5 и поражения отдельных нервов нижних конечностей методом игольчатой миографии [35].

| Исследуемые мышцы | Локализация поражения | | | | |
|--------------------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------|--------------------------------|------------------|
| | Глубокий малоберцовый нерв | Общий малоберцовый нерв | Седалищный нерв | Пояснично-крестцовое сплетение | Радикулопатия L5 |
| Tibialis anterior (n. peroneus) | есть | есть | есть | есть | есть |
| Peroneus longus (n. peroneus) | есть | есть | есть | есть | есть |
| Tibialis posterior (n. Tibialis) | нет | норма | есть | есть | есть |
| Gluteus medius (n. Superior gluteal) | норма | норма | норма | есть | есть |
| Параспинальные мышцы | норма | норма | норма | норма | есть |

Методология электромиографии мышцы-напрягателя широкой фасции бедра.

Исследование проводили в положении пациента лежа на здоровом боку. Место вкола электрода определяли по костным ориентирам: ниже ости подвздошной кости и впереди от большого вертела бедренной кости. Активация мышцы происходила при отведении одноименной вытянутой ноги с одновременной ее внутренней ротацией (рис.13).

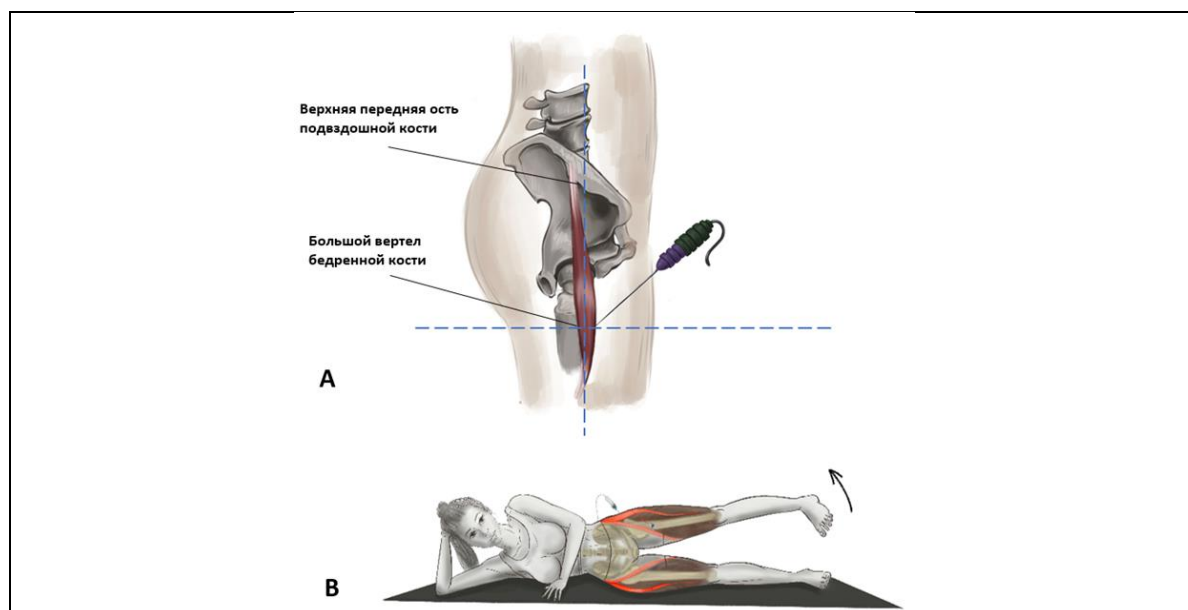


Рис. 13. Схема проведения игольчатой миографии напрягателя широкой фасции бедра:
А - костные ориентиры для определения места вкола биполярного игольчатого электрода
В - схема проведения электромиографии мышцы-напрягателя широкой фасции бедра: активация мышцы в положении лежа на здоровом боку, подъем вытянутой прямой ноги и одновременной её внутренней ротацией

Таблица 5. Мышцы, иннервируемые спинномозговыми корешками L5 и S1 с учетом чувствительности их исследования при радикулопатии методом игольчатой миографии [23].

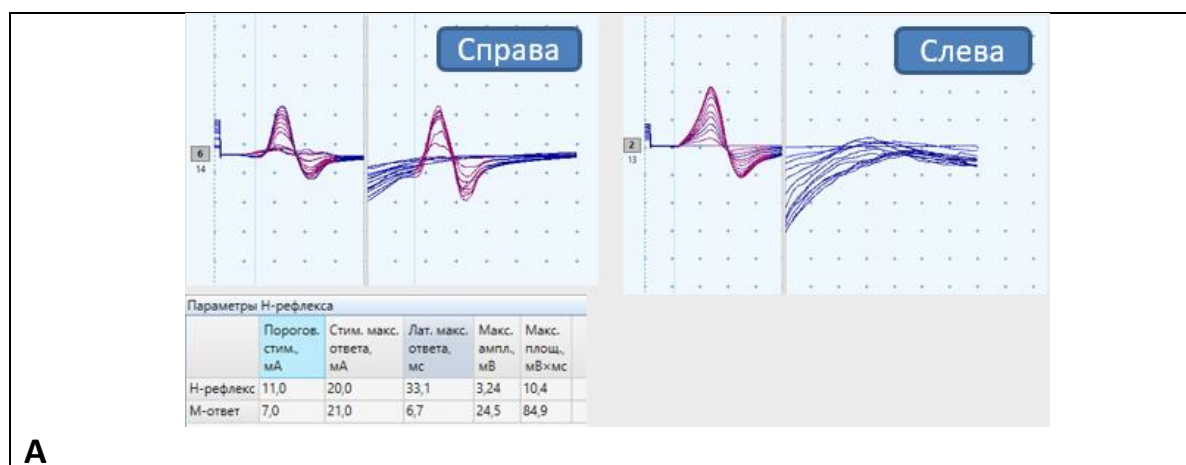
| Мышца | СК | Нерв | Специфичность |
|-------------------------------------|--------|-------------------|--------------------|
| Tibialis posterior | L5 | Большеберцовый | 92% (L5) |
| Gluteus medius | L5 | Верхний ягодичный | 50% (L5); 33% (S1) |
| Peroneus longus | L5 | Малоберцовый | 100% |
| Tensor fasciae lata | L5 | Верхний ягодичный | 100% |
| Gastrocnemius (латеральная головка) | L5, S1 | Большеберцовый | 13% (L5); 91% (S1) |
| Gluteus maximus | S1 | Нижний ягодичный | 64% (S1) |
| Medial gastrocnemius | S1 | Большеберцовый | 83% (S1) |
| Biceps femoris (короткая головка) | S1 | Седалищный | 89% |
| Biceps femoris (длинная головка) | S1 | Седалищный | 100% |

5. Диагностика крестцовых радикулопатий.

Особенностью электродиагностики поражения крестцовых спинномозговых корешков является невозможность проведения электромиографии параспинальных мышц на данном уровне.

Для диагностики радикулопатии S1 имеется возможность исследования Н-рефлекса (класс II, III, уровень C) (рис.14).

Радикулопатия S2, частота встречаемости которой не превышает 4% среди всех пояснично-крестцовых радикулопатий, в большинстве случаев ассоциированы с травмой крестца. Для оценки функции сакральных корешков возможно исследование бульбокавернозного рефлекса (S2-S4) [36, 37].



А

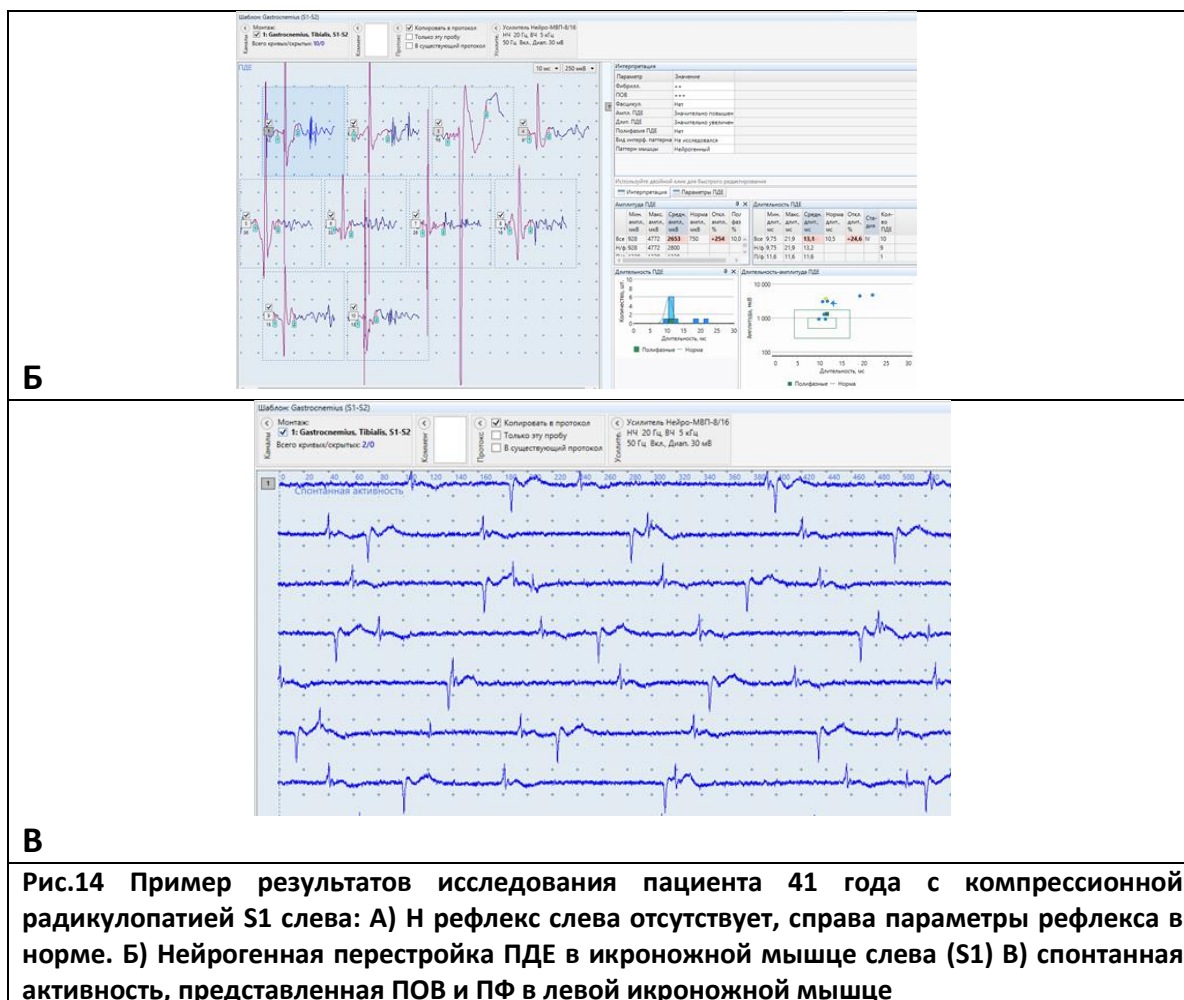


Рис.14 Пример результатов исследования пациента 41 года с компрессионной радикулопатией S1 слева: А) Н рефлекс слева отсутствует, справа параметры рефлекса в норме. Б) Нейрогенная перестройка ПДЕ в икроножной мышце слева (S1) В) спонтанная активность, представленная ПОВ и ПФ в левой икроножной мышце

6. Электромиография параспинальных мышц на поясничном уровне

6.1 Показания к исследованию

Может быть использована для определения анатомического уровня радикулопатии из-за их иннервации определенными задними ветвями СК. Её применяют в следующих случаях:

- 1) Когда полинейропатические изменения при ЭНМГ конечностей и нейрогенная перестройка ПДЕ в мышцах конечностей затрудняют диагностику уровня радикулярного поражения.
- 2) Если аномалии развития позвоночника или корешков приводят к неверной интерпретации результатов ЭМГ конечностей;
- 3) Если выраженная атрофия мышц конечностей не позволяет провести их произвольное сокращение.
- 4) Если необходимо провести дифференциальную диагностику между радикулопатией и поражением пояснично-крестцового сплетения или седалищного нерва.
- 5) Уточнить уровень радикулярного поражения при полирадикулопатии (наиболее часто вследствие стеноза позвоночного канала).

Глубокие мышцы спины прикрепляются к остистому отростку позвонка и иннервируются лишь одним нервным корешком, выходящим ниже соответствующего

остистого отростка. Из-за этих особенностей анатомии, исследование параспинальных мышц при радикулопатии S1 невозможно.

6.2. Анатомия, иннервация, физиология паравертебральных мышц

Паравертебральные мышцы (паравертебральная мускулатура) – симметричные мышцы спины, окружающие позвоночный столб и участвующие в его движениях, образуют медиальные и латеральные продольные мышечные тракты [38]. Латеральный тракт представлен мышцей, выпрямляющей позвоночник (*m. erector spinae*), она заполняет на всем протяжении спины углубление по бокам от остистых отростков. Медиальный тракт представлен поперечно-остистой мышцей (*m. transversospinalis*), пучки которой перекидываются через разное количество позвонков и формируют: полуостистую мышцу (*m. semispinalis*), через 5-7 позвонков; многораздельные мышцы (*mm. multifidi*), через 2-4 позвонка и мышцы-вращатели, через 1-2 позвонка (Рис.15).

M. erector spinae получает иннервацию от задних ветвей спинномозговых нервов, сохраняющих свое сегментарное строение, которые идут в дорсо-каудальном направлении, между поперечными отростками позвонков, в дальнейшем разделяясь на 2-3 конечные ветви, называемые латеральной, медиальной и промежуточной, а на уровне L5 имеются только две последние [39].

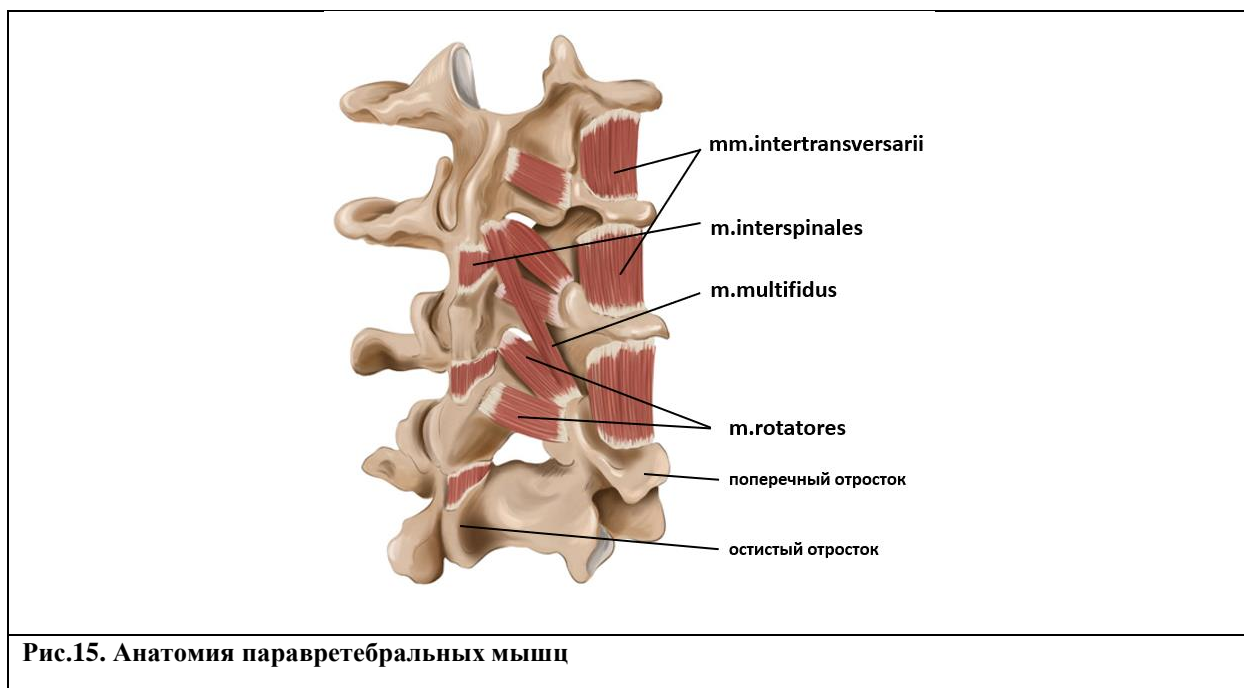


Рис.15. Анатомия паравертебральных мышц

Mm. multifidi прикрепляются медиальнее к остистым отросткам позвонков, заполняя борозды по их боковой поверхности. Медиальные ветви дорсальных корешков спинномозговых нервов моносегментарно иннервируют пучки *Mm.*

Multifidi, которые прикрепляются к остистому отростку того же сегментарного уровня, что и СМН. Например, мышечные пучки *Mm. Multifidi*, прикрепленные к остистому отростку L5 позвонка иннервируются исключительно медиальной порцией задней ветви СМН L5 (Рис. 16).

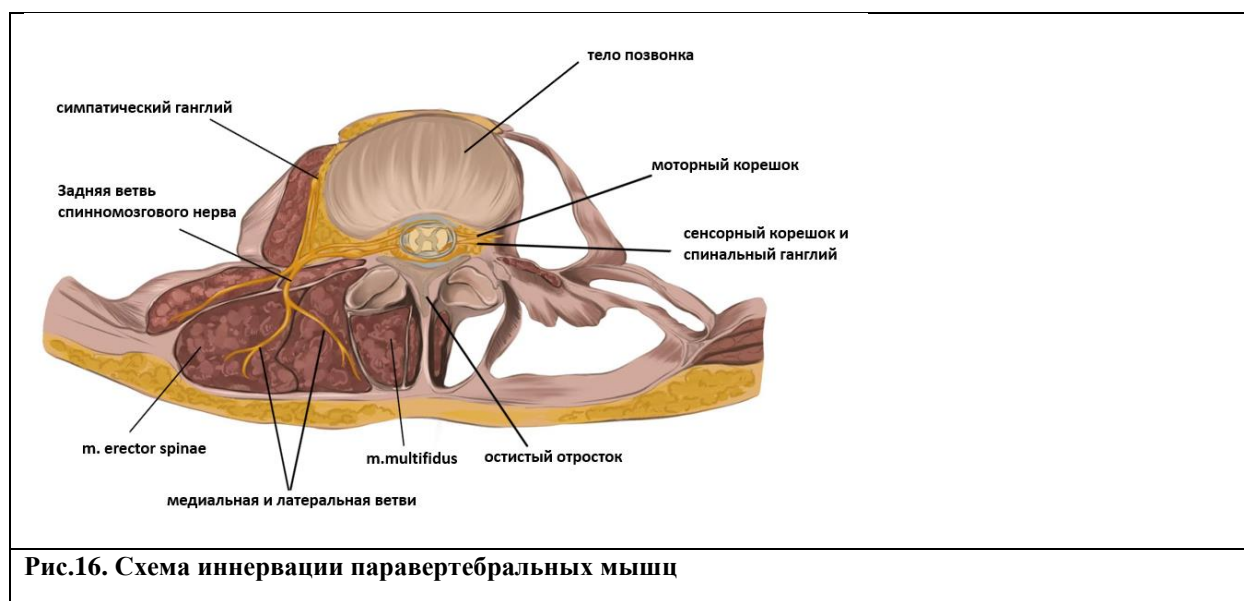


Рис.16. Схема иннервации паравертебральных мышц

Первое упоминание об исследовании параспинальных мышц в диагностике радикулопатии относится к 1966 году, когда J.G. Gough и G.H. Коерке, основываясь на особенностях иннервации паравертебральных мышц посчитали возможным их использование для определения уровня повреждения моторного корешка [40].

Исследованию коаксиальным игольчатым электродом доступны мышцы латерального и медиального трактов. Сегментарная иннервация позволяет точно локализовать уровень поражения с помощью игольчатой миографии [41]. Картирование параспинальных мышц в настоящее время используется преимущественно в качестве дополнения к ЭМГ мышц конечностей, при этом, по данным литературы, чувствительность метода в диагностике радикулопатии возрастает до 100%.

По нашим наблюдениям, у пациентов с радикулопатиями при игольчатой ЭМГ паравертебральных мышц при продолжающейся компрессии СК наблюдаются значительные отклонения параметров ПДЕ от нормы. В частности, максимальная амплитуда ПДЕ в среднем составила 3539 мкВ (рис. 16) при длительности заболевания 3-6 месяцев, а в случае более длительной компрессии достигала 4000-7000 мкВ. Средняя длительность ПДЕ превышала 12-15 мс.

В литературе имеются противоречивые данные относительно нормативных параметров ПДЕ, регистрируемых в параспинальных мышцах. В частности, Марсо Tomasella с соавт. (2002 г.) в качестве референсных значений нормальных параметров ПДЕ параспинальных мышц на уровне L5 принимают значения амплитуды 323–1377

мВ [42], в то время как значения нормативных показателей ПДЕ у А. Posa с соавт. (2017 г.) значительно отличались: амплитуда 393 ± 174 мВ, длительность 10.4 ± 2.4 мс [43].

Tina D. Jeppesen с соавт. (2020 г.) обнаружили, что, в отличие от мышц конечностей, в параспинальной мускулатуре не было возрастных различий в амплитудах или длительности ПДЕ, в том числе у пациентов с признаками жировой инфильтрации по данным МРТ. Интересно также, что наблюдался градиент амплитуд и длительностей ПДЕ от шейного отдела к каудальному, что, вероятно, указывает на различные размеры двигательной единицы в шейном отделе по сравнению с грудным и поясничным [44].

Наряду с миографией мышц конечностей электродиагностическое исследование параспинальных мышц имеет уровень доказательности II, уровень рекомендации B [22].

Различные корешковые аномалии могут затруднять как клиническую, так и инструментальную оценку радикулопатии [45]. Аномалии развития СК впервые были описаны С. Zagnoni в 1949 году. По данным литературы частота встречаемости корешковых аномалий как интраоперационных находок составляет 0,32–5,8 %.

По данным А. L. Agnoli (1976) наиболее распространенными аномалиями были: общее дуральное происхождение двух СК и общий выход пары СК через общую форамины. В 50-70% случаев их наблюдают на уровне позвоночных сегментов L4-L5 и L5-S1.

Например, отсутствие корешка СМН в предполагаемом месте его выхода или наличие двух корешков, выходящих вместе из одной форамины может вызвать неверную интерпретацию результатов миографии и привести к ошибочному выбору уровня для нейрохирургического вмешательства. Существует три основных типа аномального расположения спинномозговых корешков (Рис.17).

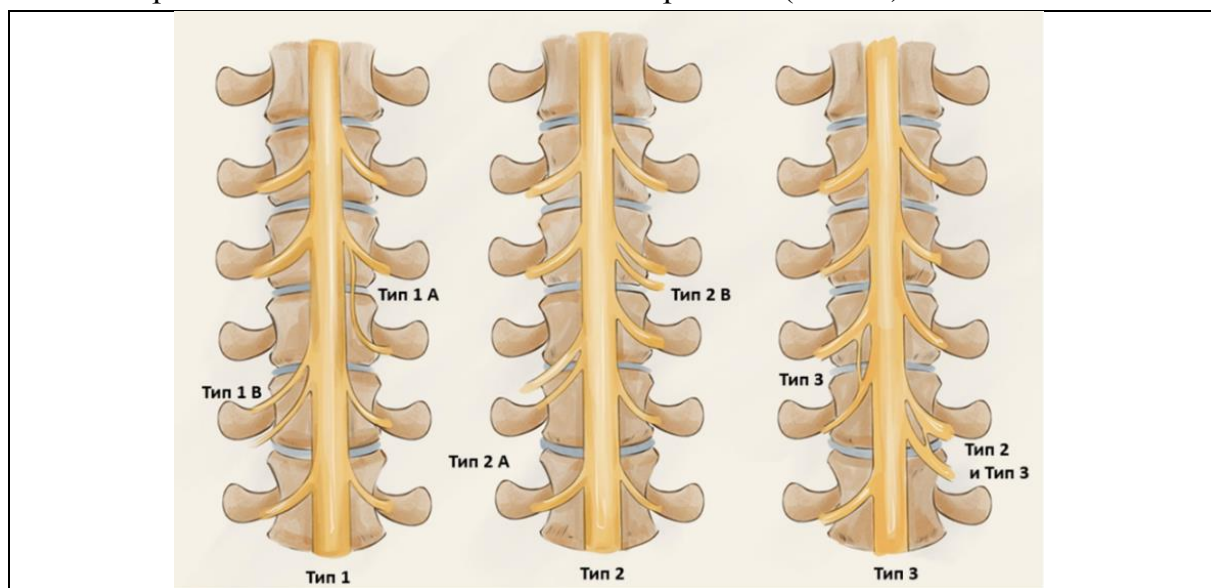


Рис. 17. Типы экстрадуральных аномалий поясничных корешков (Neidre and MacNab classification 1983г.). Аномалии 1 типа имеют aberrantный ход: тип 1 А – две пары нервных корешков могут возникать из одной дуральной манжетки, тип 2 В - дуральная манжетка образуется из

нижерасположенного дурального мешка. Аномалии 2-го типа - это те, при которых количество корешков в межпозвоночном отверстии варьируется. Тип 2 А – форамина не занимает спинномозговой нерв, и в этом случае в выше или нижележащей форамене находятся два корешка. Аномалии 3-го типа представляют собой экстрадуральные анастомозы между корешками, при которых пучок нервных волокон выходит из одной дуральной манжетки и входит в соседнюю. Этот тип аномалии может комбинироваться с аномалией 2-го типа.

6.3 Методология исследования параспинальных мышц.

Мышечные волокна *m. multifidus* относительно короткие, что приводит к меньшему перекрытию сегментарной иннервации по сравнению с более длинными мышечными волокнами других параспинальных мышц. Таким образом, денервация в них при одноуровневой радикулопатии, вероятно, будет иметь более ограниченный, локальный характер, чем в более крупных и поверхностных параспинальных мышцах [46].

У большинства взрослых людей среднего роста необходимо использовать игольчатый электрод длиной 50 мм, а для людей с чрезмерно развитой подкожно-жировой клетчаткой требуется электрод большей длины – 75 мм.

Положение пациента. Проведение исследования возможно, как в положении на животе, так и на боку (плечи и таз пациента располагаются перпендикулярно поверхности кушетки).

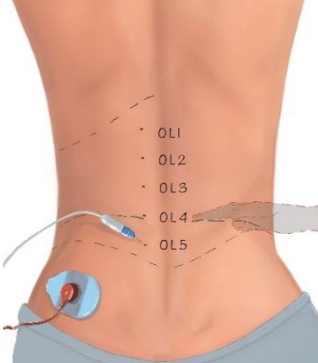
Некоторые пациенты могут испытывать чрезмерное беспокойство во время исследования, вследствие чего мышцы недостаточно расслабляются. Необходимо объяснить, что игольчатый электрод находится не «в позвоночнике или спинном мозге», а в мышце рядом с ним.

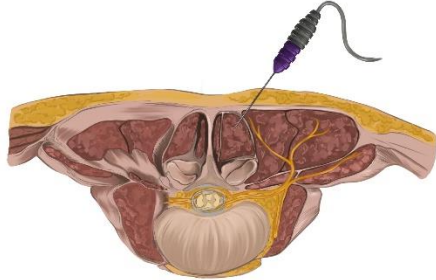

Заземляющий электрод (ground electrode) располагают на поясничной области.

Место вкола игольчатого электрода определяют согласно анатомическим ориентирам (рис. 18).

Активация мышц в положении лежа возможна во время подъема вытянутой прямой ноги на стороне исследования.

Таблица 6. Методология проведения игольчатой миографии параспинальных мышц на поясничном уровне

| Описание последовательности действий | Иллюстрация |
|---|--|
| <p>Пальпаторно определяют ости подвздошных костей, после чего проводят условную линию, соединяющую их. Остистый отросток, пальпируемый, на полученной линии, в большинстве случаев соответствует 4 поясничному позвонку. Далее производят обработку кожи раствором антисептика (рис. 18).</p> |  |

| | |
|---|---|
| <p>Игольчатый электрод вводят перпендикулярно волокнам мультифидуса, примерно на 2-3 см латеральнее остистого отростка позвонка. Электрод вводят в медиальном направлении на 30-45 градусов. Желательно, чтобы его кончик достиг соединения между остистым и поперечным отростками тела позвонка, после чего электрод необходимо продвинуть в обратном направлении (потянуть «на себя»). Далее мышца исследуется стандартно путем перемещая электрода в ростральном и каудальном направлениях [46].</p> |  |
| <p>Активация мышц в положении лежа происходит при подъеме вытянутой прямой ноги на стороне исследования.</p> |  |

Ограничения и недостатки нейрофизиологических исследований.

Абсолютных противопоказаний к проведению как стимуляционной, так и игольчатой миографии не существует. Наличие металлических имплантов, установленных подкожно электронных устройств, и заболевание эпилепсией не препятствуют исследованию.

Чрезмерное развитие подкожно-жировой клетчатки или отеки конечностей снижает информативность стимуляционной ЭНМГ – из-за объемного проведения амплитуда моторного или сенсорного ответа может снижаться, имитируя аксональное поражение. Нарушение целостности кожных покровов, наличие трофических язв ограничивают проведение игольчатой миографии [47].

Конституциональные особенности пациента

Максимальная длина биполярного игольчатого электрода, используемого в рутинной практике, составляет 7,5 см. При чрезмерно развитом слое подкожно-жировой клетчатки у пациента (толщина более 6-7 см) проведение исследования *m. multifidus* может быть технически невозможно (рис. 19).

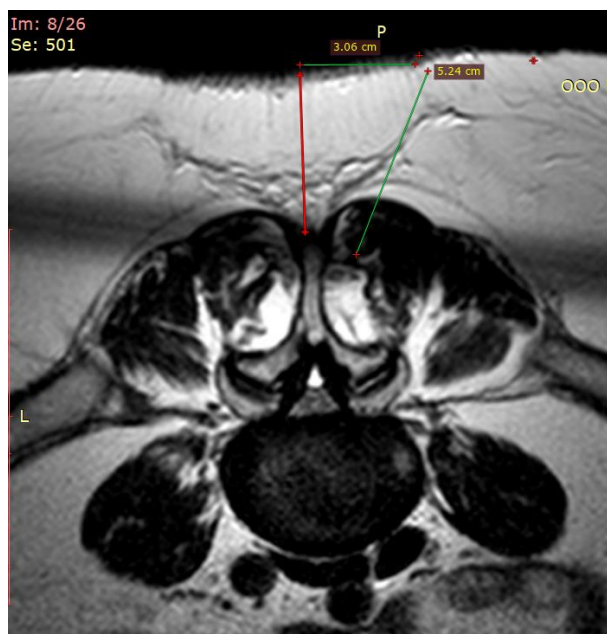


Рисунок 19. МРТ (аксиальный срез) пациентки П., 40 лет, грыжа МПД L4-L5. При введении игольчатого электрода под углом 45 град. толщина подкожно-жировой клетчатки составляет 50,2 мм

Исследование параспинальных мышц у пациентов с синдромом оперированного позвоночника принято считать малоинформативным из-за сохраняющихся в них длительное время денервационно-реиннервационных изменений после оперативного лечения, что не позволяет выявить признаки денервации при повторной электродиагностике. Сроки регистрации денервационно-реиннервационных изменений могут варьировать в настоящее время до конца не определены.

Отсутствие изменений при ЭМГ может быть при малом количестве нарушенных аксонов или в случае, когда повреждение СК ограничено только его демиелинизацией в результате незначительного компрессионного воздействия. Другой причиной ложноотрицательного результата ЭМГ является появление спонтанной активности лишь через некоторое время после сдавления СК, и может отсутствовать в первые дни после повреждения аксонов. Напротив, исследование, проведенное через длительное время после возникновения симптомов, может быть неверно воспринято из-за снижения амплитуды ПФ, вследствие атрофии мышц. Такая картина может быть через 6 месяцев после дебюта шейных, и от 12 до 18 месяцев пояснично-крестцовых радикулопатий. ЭМГ является методом подтверждения, но не исключения радикулопатии.

7. Диагностическая магнитная стимуляция

С целью оценки функционального состояния пояснично-крестцовых корешков может применяться неинвазивная методика диагностической магнитной стимуляции (дМС) [48, 49]. При помощи паравертебральной поверхностной стимуляции магнитной катушкой (койлом) в поясничной области и регистрации вызванного

моторного ответа с мышц-мишеней оценивают время периферического моторного проведения [50, 51, 52].

Метод в большей степени применим для оценки функции корешков L5 и S1 [53]. Диагностически значимой считается асимметрия латентностей (времени от подачи стимула до возникновения моторного ответа) более, чем 1 мс между симптомной и асимптомной сторонами. Наиболее важными преимуществами дМС являются неинвазивность и минимальная болезненность.

8. Соматосенсорные вызванные потенциалы

Методика соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП) представляет собой регистрацию устойчивого колебания биоэлектрической активности первичной сенсорной коры головного мозга и проксимальных отделов сенсорных нервов в ответ на электростимуляцию периферических нервов, что позволяет оценивать нарушение соматосенсорной афферентации. В случае диагностики поясничной радикулопатии предлагалось стимулировать большеберцовый нерв с 2-х сторон с последующей оценкой латентных периодов и амплитуд пиков РF (ПД заднего большеберцового нерва в области подколенной ямки); N21 (ПД в проекции поясничного утолщения), N28 (ПД в проекции шейного утолщения); P37, N45 (ПД коркового уровня) [54]. По данным имеющихся российских и зарубежных публикаций исследование ССВП не имеет достаточной доказательной базы в диагностике монорадикулярного повреждения [55, 56, 57].

Однако исследование ССВП при стимуляции большеберцового нерва и регистрации потенциалов P15 и N21 имеют высокую чувствительность (86%) в диагностике синдрома конского хвоста (СКХ) и поясничного спинального стеноза (ПСС), вероятно, ввиду большего объема повреждения – компрессии не одного, а нескольких СМК. Методика также имеет преимущество перед исследованием F-волн, чувствительность которых в диагностике ПСС составляет 36% по данным К. Matsukura и соавт. (2023) [58].

Заключение.

- Основой для диагностики радикулопатии является клиническая картина заболевания
- МРТ - золотой стандарт инструментальной диагностики компрессионного повреждения корешка СМН
- Электромиография позволяет провести дифференциальную диагностику между радикулопатией и поражением периферического нерва, плексопатией.
- При наличии полинейропатических изменений достоверно определить уровень радикулярного поражения невозможно без исследования параспинальных мышц.
- При сохранности более 50-70% моторных аксонов амплитуда М-ответа при стимуляционной ЭНМГ остается нормальной.
- При игольчатой миографии спонтанную активность регистрируют со второй недели заболевания, ее представленность максимальна в первый месяц, а затем регистрируют единичные ПФ, ПОВ и/или ПФЦ. Нейрогенная перестройка ПДЕ, являющаяся отражением процесса реиннервации, начинается со 2-й недели заболевания и продолжается весь период сохраняющейся компрессии СК.

Список литературы

1. Клинические рекомендации Дегенеративные заболевания позвоночника / А.В. Крутько, Е.С. Байков, О.Н. Леонова и др.- М.: Ассоциация нейрохирургов России, Ассоциация травматологов-ортопедов России, Ассоциация хирургов-вертебрологов, 2021. URL: <https://ruans.org/Text/Guidelines/degenerative-spinal-diseases-2021.pdf>
2. Клинические рекомендации по диагностике и лечению грыж межпозвонковых дисков пояснично-крестцового отдела / А.О. Гуца, Н.А. Коновалов, О.Н. Древаль и др.- М.: Ассоциация нейрохирургов России, 2014. URL: https://ruans.org/Text/Guidelines/lumbar_disc_herniation.pdf
3. Дискогенная пояснично-крестцовая радикулопатия. Рекомендации российского общества по изучению боли (РОИБ) / В.А. Парфенов, Н.Н. Яхно, О.С. Давыдов и др. // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика.- 2020.- Т.12, №4.- С.15-24.
4. Tarulli, A.W. Lumbosacral radiculopathy / A.W. Tarulli, E.M. Raynor // Neurol. Clin.- 2007.- Vol.25, №2.- P.387-405.
5. Левин, О.С. Вертеброгенная пояснично-крестцовая радикулопатия / О.С. Левин // Фарматека.- 2010.- №13(207).- С.26-33.
6. Plastaras, C.T. Electrodiagnostic challenges in the evaluation of lumbar spinal stenosis / C.T. Plastaras // Phys. Med. Rehabil. Clin. N. Am.- 2003.- Vol.14, №1.- P.57-69.
7. Brown, H.A. Disease of lumbar discs. ten years of surgical treatment / H.A. Brown, M.E. Pont // J. Neurosurg.- 1963.- Vol.20.- P.410-417.
8. Dydyk, A.M. Radicular Back Pain / A.M. Dydyk, M.Z. Khan, P. Singh // StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2022 Jan. URL: <https://www.statpearls.com/ArticleLibrary/viewarticle/28194>
9. Huang, P. How fast pain, numbness, and paresthesia resolves after lumbar nerve root decompression: a retrospective study of patient's self-reported computerized pain drawing / P. Huang, D.K. Sengupta // Spine (Phila Pa 1976).- 2014.- Vol.39, №8.- P.E529-536.
10. Diagnostic performance of the medial hamstring reflex in L5 radiculopathy / I.N. Esene, A. Meher, M.A. Elzoghby et al. // Surg. Neurol. Int.- 2012.- Vol.3.- P.104.
11. Deyo, R.A. What can the history and physical examination tell us about low back pain? / R.A. Deyo, J. Rainville, D.L. Kent // JAMA.- 1992.- Vol.268, №6.- P.760-765.
12. Physical examination for lumbar radiculopathy due to disc herniation in patients with low-back pain / D.A. van der Windt, E. Simons, I.I. Riphagen et al. // Cochrane Database Syst. Rev.- 2010.- Vol.17, №2.- P.CD007431.
13. Das, J.M. Lasegue Sign / J.M. Das, M. Nadi // StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2021 Jan. URL: <https://www.statpearls.com/ArticleLibrary/viewarticle/24064>
14. Vucetic, N. Physical signs in lumbar disc hernia / N. Vucetic, O. Svensson // Clin. Orthop. Relat. Res.- 1996.- №333.- P.192-201.
15. Urban, L.M. The straight-leg-raising test: a review*/ L.M. Urban // J. Orthop. Sports. Phys. Ther.- 1981.- Vol.2, №3.- P.117-133.
16. Miller, K.J. Physical assessment of lower extremity radiculopathy and sciatica / K.J. Miller // J. Chiropr. Med.- 2007.- Vol.6, №2.- P.75-82.
17. Kulcu, D.G. Differential diagnosis of intraspinal and extraspinal non-discogenic sciatica / D.G. Kulcu, S. Naderi // J. Clin. Neurosci.- 2008.- Vol.15, №11.- P.1246-1252.

18. Piriformis muscle syndrome: Diagnostic criteria and treatment of a monocentric series of 250 patients / F. Michel, P. Decavel, E. Toussirot et al. // *Ann. Phys. Rehabil. Med.*- 2013.- Vol.56, №5.- P.371-383.
19. Bednar, D.A. Cauda equina syndrome from lumbar disc herniation / D.A. Bednar // *CMAJ.*- 2016.- Vol.188, №4.- P.284.
20. Cauda equina syndrome due to lumbar disc herniation: a review of literature / S. Kapetanakis, C. Chaniotakis, C. Kazakos, J.V. Papathanasiou // *Folia Med.*- 2017.- Vol.59, №4.- P.377-386.
21. Dillingham, T.R. Evaluation of persons with suspected lumbosacral and cervical radiculopathy: Electrodiagnostic assessment and implications for treatment and outcomes (Part I) / T.R. Dillingham, T.M. Annaswamy, C.T. Plataras // *Muscle Nerve.*- 2020.- Vol.62, №4.- P.462-473.
22. Utility of electrodiagnostic testing in evaluating patients with lumbosacral radiculopathy: An evidence-based review / S.C. Cho, M.A. Ferrante, K.H. Levin et al. // *Muscle Nerve.*- 2010.- Vol.42, №2.- P.276-282.
23. Tsao, B. The electrodiagnosis of cervical and lumbosacral radiculopathy / B. Tsao // *Neurol. Clin.*- 2007.- Vol.25, №2.- P.473-494.
24. Jerath, N. F wave, A wave, H reflex, and blink reflex // N. Jerath, J. Kimura // *Handb. Clin. Neurol.*- 2019.- Vol.160.- P.225-239.
25. The comparison of multiple F-wave variable studies and magnetic resonance imaging examinations in the assessment of cervical radiculopathy / C.H. Lin, Y.H. Tsai, C.H. Chang et al. // *Am. J. Phys. Med. Rehabil.*- 2013.- Vol.92, №9.- P.737-745.
26. Preston, D.C. Electromyography and neuromuscular disorders: clinical electrophysiological correlations / D.C. Preston, B.E. Shapiro.- 2nd ed.- Boston: Butterworth-Heinemann, 2005.- 368 p.
27. Рогожин, А.А. Электромиография в диагностике радикулопатий / А.А. Рогожин, Ф.И. Девликамова // *Нервно-мышечные болезни.*- 2013.- №2.- С.28-34.
28. Tamarkin, R.G. Electrodiagnostic Evaluation Of Lumbosacral Radiculopathy / R.G. Tamarkin, A.C. Isaacson // *StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2022 Jan.* URL: <https://www.statpearls.com/ArticleLibrary/viewarticle/115845>
29. Haig, A.J. Clinical experience with paraspinal mapping. II: A simplified technique that eliminates three-fourths of needle insertions / A.J. Haig // *Arch. Phys. Med. Rehabil.*- 1997.- Vol.78, №11.- P.1185-1190.
30. Paraspinal mapping: quantified needle electromyography in lumbar radiculopathy / A.J. Haig, C. Talley, L.J. Grobler, D.B. LeBreck // *Muscle Nerve.*- 1993.- Vol.16, №5.- P. 477-484.
31. Daube, J.R. Needle electromyography / J.R. Daube, D.I. Rubin // *Muscle Nerve.*- 2009.- Vol.39, №2.- P.244-270.
32. Plataras, C.T. The electrodiagnostic evaluation of radiculopathy / C.T. Plataras, A.B. Joshi // *Phys. Med. Rehabil. Clin. N. Am.*- 2011.- Vol.22, №1.- P.59-74.
33. The unique characteristics of "upper" lumbar disc herniations / S.P. Sanderson, J. Houten, T. Errico et al. // *Neurosurgery.*- 2004.- Vol.55, №2.- P.385-389.
34. Burakgazi, A.Z. The electrodiagnostic sensitivity of proximal lower extremity muscles in the diagnosis of L5 radiculopathy / A.Z. Burakgazi, J.J. Kelly, P. Richardson // *Muscle Nerve.*- 2012.- Vol.45, №6.- P.891-893.

35. Thatte, H. Electrodiagnostic Evaluation Of Peroneal Neuropathy / H. Thatte, O. De Jesus // StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan. URL: <https://www.statpearls.com/ArticleLibrary/viewarticle/115844>
36. Previnaire, J.G. The importance of the bulbocavernosus reflex / J.G. Previnaire // Spinal Cord. Ser. Cases.- 2018.- №4.- P.2.
37. Roberts, M.M. Neurophysiology in neurourology / M.M. Roberts // Muscle Nerve.- 2008.- Vol.38, №1.- P.815-836.
38. Привес, М.Г. Анатомия человека.- 12-е изд., перераб. и доп. / М.Г. Привес, Н.К. Лысенков, В.И. Бушкович.- СПб.: Издательский дом СПбМАПО, 2006.- 720 с.
39. Манулик, В.А. Краткая анатомия мышц туловища и конечностей: учебно-методическое пособие / В.А. Манулик, Н.В. Синельникова.- Минск: БГМУ, 2017.- 21 с.
40. Gough, J.G. Electromyographic determination of motor root levels in erector spinae muscles / J.G. Gough, G.H. Koeperke // Arch. Phys. Med. Rehabil.- 1966.- Vol.47, №1.- P.9-11.
41. Haig, A.J. Paraspinal mapping. Quantified needle electromyography of the paraspinal muscles in persons without low back pain / A.J. Haig, D.B. LeBreck, S.G. Powley // Spine (Phila Pa 1976).- 1995.- Vol.20, №6.- P.715-721.
42. Tomasella, M. Dorsal and lumbar paraspinal electromyographic study. Multi-MUP analysis and drawing up normal values in a reference population / M. Tomasella, J.M. Crielaard, F.C. Wang // Neurophysiol. Clin.- 2002.- Vol.32, №2.- P.109-117.
43. Motor unit potentials of the erector spinae muscle by concentric needle electromyography / A. Posa, I. Niškiewicz, A. Emmer et al. // Brain Behav.- 2017.-Vol.7, №3.- P.e00627.
44. Quantitative electromyography: Normative data in paraspinal muscles / T.D. Jeppesen, L. Levison, L. Codeluppi, C. Krarup // Muscle Nerve.- 2020.- Vol.62, №3.- P.358-362.
45. Frank, L.W. Anatomic and technical considerations in needle electromyography of the lumbar spine / L.W. Frank, D.S. Schneider, J.P. Zuhosky // Phys. Med. Rehabil. Clin. N. Am.- 1998.- Vol.9, №4.- P.795-814.
46. Barkhaus, P.E. Electronic Myoanatomic Atlas for Clinical Electromyography / P.E. Barkhaus.- CASA, 1997.- 108 p. Available from: <https://www.siumed.edu/sites/default/files/2021-11/Muscle%20anatomy%20for%20EMG.pdf>
47. Команцев, В.Н. Краткий курс электромиографии для неврологов и врачей общей практики / В.Н. Команцев, В.Г. Помников.- СПб.: ИПК «Береста», 2021.- 184 с.
48. Никитин, С. С. Методические основы транскраниальной магнитной стимуляции в неврологии и психиатрии: руководство для врачей / С. С. Никитин, А. Л. Куренков. - Москва: ИПЦ Маска, 2006. - 167 с.
49. Транскраниальная магнитная стимуляция как диагностическая терапевтическая методика / В. Б. Войтенков, Н. В. Скрипченко, А. В. Клишкин // Неврологический журнал. – 2015. – Т. 20, № 5. – С. 4-13.
50. Magnetic stimulation in the diagnosis of lumbosacral radiculopathy / S. Chokroverty, R. Sachdeo, J. Dilullo, R. C. Duvoisin // J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry. – 1989. – Vol. 52, N. 6. – P. 767-772.
51. Magnetic-motor-root stimulation: review / H. Matsumoto, R. Hanajima, Y. Terao, Y. Ugawa // Clin. Neurophysiol. – 2013. – Vol. 124, N. 6. – P. 1055-1067.

52. The Diagnostic Value of Magnetic Stimulation in the Lumbar Radiculopathy / E. S. Park, C. I. Park, J. W. Song [et al.] // *J. Korean Acad. Rehabil. Med.* – 1995. – Vol. 19, N. 3. – P. 21.
53. Magnetic resonance imaging for diagnosing lumbar spinal pathology in adult patients with low back pain or sciatica: a diagnostic systematic review / M. Wassenaar, R. M. van Rijn, M. W. van Tulder [et al.] // *Eur. Spine J.* – 2012. – Vol. 21, N. 2. – P. 220-227.
54. Возможности исследования соматосенсорных вызванных потенциалов при патологии позвоночника / А. А. Вишневецкий, О. В. Посохина, О. Е. Рыжова [и др.] // *Хирургия позвоночника.* - 2005. - № 3. – С. 101-110.
55. An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of lumbar disc herniation with radiculopathy / D. S. Kreiner, S. W. Hwang, J. E. Easa [et al.]; North American Spine Society // *Spine J.* – 2014. – Vol. 14, N. 1. – P. 180-191.
56. Clinical practice guidelines for the management of non-specific low back pain in primary care: an updated overview / C. B. Oliveira, C. G. Maher, R. Z. Pinto [et al.] // *Eur. Spine J.* – 2018. – Vol. 27, N. 11. – P. 2791-2803
57. Laerum, E. New clinical guidelines for low back pain / E. Laerum, K. Storheim, J. I. Brox // *Tidsskr. Nor. Laegeforen.* – 2007. – Vol. 127, N. 20. – P. 2706
58. Tibial nerve SEPs in diagnosing lumbar spinal stenosis: The utility of segmental evaluation using P15 and N21 / K. Matsukura, K. Hokkoku, T. Mukai [et al.] // *Clin. Neurophys. Pract.* – 2023. – Vol. 8. – P. 49-57
59. Marquardt RJ, Levin KH. Electrodiagnostic Assessment of Radiculopathies. *Neurol Clin.* 2021 Nov;39(4):983-995. doi: 10.1016/j.ncl.2021.06.011. PMID: 34602222.
60. Mauricio EA, Dimberg EL, Kennelly KD, Rubin DI. Improving referring physicians' understanding of electromyography reports when qualifying radiculopathies: a need for standardized terminology. *Muscle Nerve.* 2014 Jan;49(1):129-30. doi: 10.1002/mus.24094. PMID: 24122745.

Приложение.

Таблица 6. Клинические симптомы, выявляемые при радикулопатии, в зависимости от локализации грыжи межпозвонкового диска.

| Пораженный СК | Моторный дефицит | Сенсорный дефицит | Выпадение рефлекса | Грыжа МПД | | |
|---------------|--|---|------------------------------------|-------------|-----------------|-------------|
| | | | | Центральная | Парацентральная | Латеральная |
| L3 | Сгибание бедра | Передняя/медиальная поверхность бедра | Коленный | Выше L2-L3 | L2-L3 | L3-L4 |
| L4 | Разгибание в коленном суставе | Передняя/медиальная поверхность бедра и голени | Коленный | Выше L3-L4 | L3-L4 | L4-L5 |
| L5 | Тыльное сгибание стопы/большого пальца | Латеральная поверхность голени, тыльная поверхность стопы | Медиального подколенного сухожилия | Выше L4-L5 | L4-L5 | L5-S1 |
| S1 | Подшвенное сгибание стопы | Задняя поверхность голени, латеральная поверхность стопы | Ахиллов | Выше L5-S1 | L5-S1 | ----- |

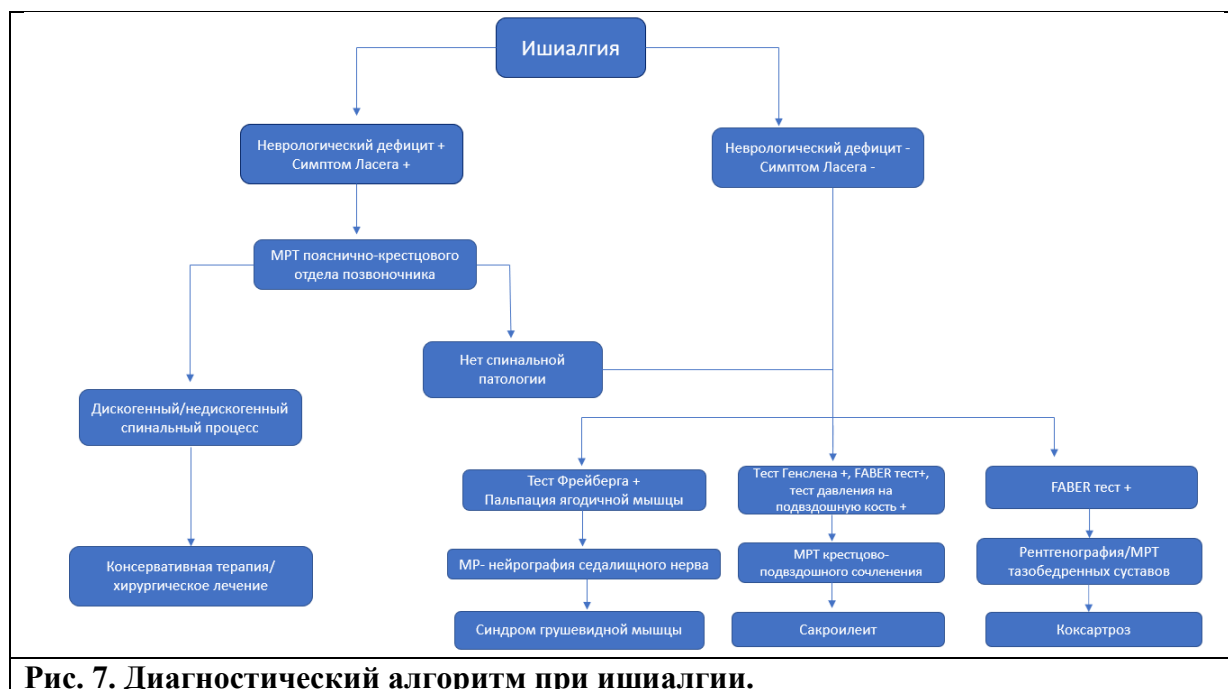


Рис. 7. Диагностический алгоритм при ишиалгии.

Таблица 7. Величины средней длительности ПДЕ в *m. erector spinae* здоровых людей по Ф. Buchthal [73] и Л. Ф. Касаткиной [19]

| Возраст | Средняя длительность (мс) |
|---------|---------------------------|
| 18 | 9,5 |
| 20 | 9,7 |
| 25 | 10,0 |
| 30 | 10,4 |
| 35 | 10,7 |
| 40 | 10,9 |
| 45 | 11,0 |
| 50 | 11,2 |
| 55 | 11,4 |
| 60 | 11,7 |
| 65 | 12,1 |
| 70 | 12,5 |
| 75 | 12,6 |
| 80 | 12,7 |

Таблица 8. Величины средней длительности ПДЕ в параспинальных мышцах (*m. multifidus*) на уровне L5 по Marco Tomasella (2001)

Воспроизводимость результатов анализа в режиме Multi-MUP (Motor Unit Potential)

| Параметр | m±SD Тест 1 | m±SD Тест 2 |
|-------------------|-------------|-------------|
| Длительность (мс) | 11,9 ± 1,6 | 11,4 ± 1,9 |