

ЛЕЧЕНИЕ БОЛЬНОГО С РАДИКУЛОПАТИЧЕСКИМ БОЛЕВЫМ СИНДРОМОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИМПУЛЬСНОЙ РАДИОЧАСТОТНОЙ НЕВРОТОМИИ ЗАДНЕГО ГАНГЛИЯ КОРЕШКА СПИННОМОЗГОВОГО НЕРВА. КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ И ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Егоров О.Е., Евзиков Г.Ю.

Клиника нервных болезней Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова

Импульсная радиочастотная невротомия (ИРН) задних ганглиев корешков спинномозговых нервов является новой малоинвазивной технологией лечения болевого синдрома, альтернативой эпидуральным инъекциям кортикостероидов для лечения хронической радикулопатической боли. Кандидатами для проведения ИРН являются пациенты, которым в связи с соматической патологией противопоказаны традиционные хирургические методы лечения, либо пациенты, отказавшиеся от операции. Манипуляция не требует общего обезболивания, проводится под рентгенологическим контролем, что позволяет добиться точного расположения иглы в месте локализации самого ганглия. Представленное клиническое наблюдение иллюстрирует результаты проведения ИРН у больного 77 лет с компрессионной радикулопатией корешка L5 и грыжей диска L4-L5. После процедуры отмечен регресс болевого синдрома с 30 до 9 баллов по шкале Освестри и с 9 до 3 баллов по визуально-аналоговой шкале. Таким образом, ИРН можно с успехом использовать для лечения хронической радикулярной поясничной боли. Это способствует значительному улучшению качества жизни и может освободить пациента от необходимости лекарственной терапии на длительное время.

Ключевые слова: хроническая радикулопатическая боль; задний ганглий корешка спинномозгового нерва; импульсная радиочастотная невротомия.

Для цитирования: Неврологический журнал. 2015; 20(1): 28–33.

Egorov O.E., Evzikov G.Yu.

REPEATED RADIOFREQUENCY DORSAL ROOT GANGLION NEUROTOMY IN A PATIENT WITH PAINFUL RADICULOPATHY. A CASE REPORT AND LITERATURE REVIEW

The clinic of nervous diseases of I.M. Sechenov First Moscow Medical State University of Ministry of health of Russia, Moscow

Repeated radiofrequency dorsal root ganglion neurotomy (RRN) is a new minimally invasive procedure for pain syndrome treatment which is an alternative method to epidural injections of corticosteroids in treatment of chronic radicular pain (CRP). The candidates for RRN are the patients who has contraindications to traditional surgical treatment due to somatic pathology or the patients who refused the surgeon. The procedure does not need general anesthesia; the needle is precisely located near the ganglion under x-ray control. Presented case report demonstrates the results of RRN in a patient of 77 years old with compressive radiculopathy of L5 and L4-5 protruded disc. The procedure reduced pain syndrome from 30 till 9 points according Oswesrty disability index and from 9 till 3 points according visual analogue scale. Thus RRN can be used in treatment of chronic radicular lumbar pain. The procedure increases the quality of life and exempts the necessity of using drugs for a long period of time.

Key words: chronic radicular pain; dorsal root ganglion of spinal nerve; repeated radiofrequency neurotomy

Citation: Nevrologicheskij zhurnal. 2015; 20(1): 28–33.

Боль в поясничном отделе позвоночника хотя бы раз в жизни испытывали 60–85% людей. Распространенность хронической радикулопатической боли (ХРБ) достигает 10–20% среди населения [1–3].

ХРБ носит характер острой, стреляющей, либо жгучей. Патофизиология ХРБ, помимо механических, включает также воспалительные и иммунологические факторы [4]. ХРБ может сопровождаться расстройством чувствительности, мышечной слабостью, потерей мышечной массы, утратой рефлексов [1, 5, 6].

Традиционным методом консервативного лечения ХРБ в настоящее время являются кортикостероидные блокады пораженных корешков спинномозговых нервов, которые эффективны не во всех случаях и, как правило, дают непродолжительный эффект.

Импульсная радиочастотная невротомия (ИРН) задних ганглиев корешков спинномозговых нервов является новой малоинвазивной технологией лечения ХРБ, альтернативой эпидуральным инъекциям кортикостероидов. По уровню инвазивности технология сопоставима с интрафораминарным введением кортикостероидов под рентгеновским контролем. К настоящему времени в литературе нет описания клинических наблюдений значимых осложнений ИРН [7, 8].

Кандидатами для проведения ИРН являются пациенты с неэффективной консервативной тера-

Сведения об авторах:

Егоров Олег Евгеньевич – канд. мед. наук, врач-нейрохирург отделения нейрохирургии Клиники нервных болезней УКБ № 3 Первого МГМУ им. И.М. Сеченова; e-mail: oeeorov@yandex.ru; Евзиков Григорий Юльевич – д-р мед. наук, проф. кафедры нервных болезней и нейрохирургии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова; e-mail: mmaevsikov@mail.ru.

пией, которым в связи с соматической патологией противопоказаны традиционные хирургические методы лечения, либо пациенты, отказавшиеся от декомпрессивных вмешательств на корешках спинномозговых нервов. Этот метод лечения может быть предложен пациентам, у которых отсутствуют прогрессирующий моторный и сенсорный дефицит и нарушение функции тазовых органов, отмечаются признаки корешковой компрессии по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ), задокументировано кратковременное исчезновение корешковой боли после введения небольшого количества анестетика в область соответствующего межпозвоночного отверстия [9].

В настоящее время методику ИРН задних ганглиев корешков спинномозговых нервов в России практически не используют. Представляем клиническое наблюдение, которое иллюстрирует результаты проведения данной процедуры у больного, проходившего лечение в отделении нейрохирургии клиники нервных болезней им. А.Я. Кожевникова Первого МГМУ им. И.М. Сеченова.

Больной Г., 77 лет, поступил в нейрохирургическое отделение с жалобами на острые боли в поясничной области с иррадиацией в левую ногу по задней поверхности до пятки, усиление боли во время ходьбы и вследствие этого затруднение ходьбы, онемение по задней поверхности левой голени, по наружной поверхности левой стопы. Периодические боли в поясничной области беспокоят в течение 5 лет, боли в левой ноге отмечает в течение 1 года, медикаментозная терапия эффекта не оказала. Со слов больного известно, что он страдает ревматоидным артритом, по поводу которого постоянного лечения не получает. В октябре 2009 г. перенес операцию: протезирование аортального клапана по поводу ревматического порока сердца – стеноза аортального клапана. В настоящее время принимает варфарин в дозе 5 мг под контролем международного нормализованного отношения (МНО).

Соматический статус: состояние при поступлении удовлетворительное, больной умеренного питания, астенического телосложения. Кожные покровы чистые, обычной окраски. Пульс 76 ударов в минуту, ритмичный, АД 140/90 мм рт. ст. Дыхание везикулярное, хрипов нет, частота дыхания 16 в мин., одышки нет. Живот мягкий, безболезненный во всех отделах, печень не увеличена. Перистальтика выслушивается, физиологические отправления в норме. Пульсация на периферических артериях сохранена, вены не увеличены, отеков конечностей нет.

Неврологический статус: больной в сознании, контактен, адекватен. Со стороны черепных нервов нарушений нет. Координаторных расстройств нет. Мышечная сила и объем активных движений в руках и ногах не изменены. Отмечается гипестезия по наружной поверхности левой голени, тыльной поверхности левой стопы и в области большого пальца. Положительны симптомы Лассега – слева 45°, справа 60°. Положителен симптом Дежерина. Опре-

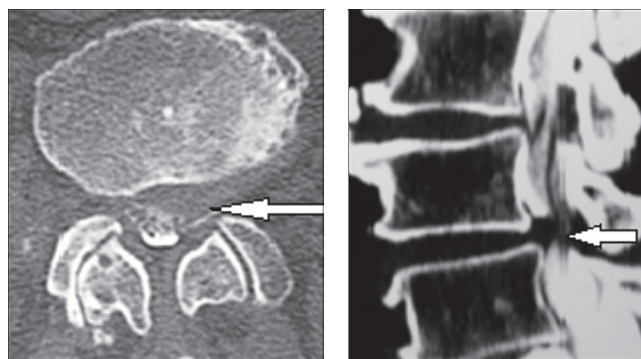


Рис. 1. КТ-миелограммы больного Г., выполненные в сагиттальной и аксиальной проекциях. Отчетливо видна левосторонняя заднебоковая грыжа диска L4-L5 (указана стрелками). Корешок L5 слева компримирован.

деляется защитное напряжение паравертебральных мышц в поясничной области.

Выраженность болевого синдрома по шкале Освестри – 30 баллов, по визуальной аналоговой шкале (ВАШ) – 9 баллов.

ЭКГ: синусовый ритм, ЧСС 74 мин, признаки гипертрофии миокарда левого желудочка.

Данные лабораторных исследований крови и мочи – без отклонений от нормальных значений.

КТ-миелография: грыжа диска L4-L5, латерализованная влево (рис. 1).

С целью подтверждения корешковой природы болевого синдрома выполнена диагностическая фораминная новокаиновая блокада корешка L5 слева. Под рентгеновским контролем произведено перирадикулярное введение 1,0 мл 2% р-ра новокаина в область межпозвоночного отверстия L5-S1. Отмечен регресс болевого синдрома на 2 ч. Результат диагностической новокаиновой блокады корешка L5 слева признан положительным. Диагноз: компрессионная радикулопатия L5 слева. Левосторонняя заднебоковая грыжа диска L4-L5.

Учитывая возраст больного, соматическую отягощенность, невозможность отмены варфарина, проведение микродискэктомии признано нецелесообразным. В связи с этим в качестве малоинвазивной процедуры под местной анестезией больному произведена ИРН ганглия заднего корешка L5 слева. Манипуляция произведена под рентгеновским контролем. Электрод установлен в межпозвоночном отверстии L5-S1. Воздействие осуществлено импульсным током с частотой импульсов 2 Гц и экспозицией в течение 8 мин (методика невротомии подробнее будет изложена ниже). Сразу же после процедуры отмечен регресс болевого синдрома до 2 баллов по шкале Освестри и 0 баллов по шкале ВАШ. Нарастания неврологического дефекта не отмечено. При динамическом наблюдении больного через 3 мес после процедуры сохраняется хороший результат, однако было отмечено нарастание болевого синдрома по шкале Освестри до 9 баллов, по шкале ВАШ – до 3 баллов. Больной не принимает анальгетических препаратов.

Обсуждение

В ранних клинических исследованиях, посвященных радиочастотной невротомии ганглиев задних корешков спинномозговых нервов, авторы отдавали предпочтение термической радиочастотной невротомии (ТРН), так как полагали, что она способна избирательно вызывать разрушение слабомиелинизированных С-волокон [10, 11]. Позднее было доказано, что радиочастотное воздействие с нагревом тканей выше 42 °С вызывает тотальную деструкцию нервных волокон, и только высокочастотная невротомия с температурой ниже 42 °С оказывает избирательное воздействие на болевые волокна [12]. Нагрев тканей выше 45 °С вызывает безусловную деструкцию миелинизированных волокон как малого, так и большого диаметра. При этом коагуляционный некроз нервной ткани происходит без какой-либо селективности ноцицептивных волокон. Таким образом, использование ТРН для лечения невропатической боли является спорным, так как невроабляция может приводить к продолжительному двигательному дефекту и деафферентационным болям [13]. Противоречивые наблюдения результатов ТРН (часто временная потеря чувствительности в ассоциированном дерматоме при сохранении корешковой боли) показали, что температурное воздействие не является оптимальным механизмом подавления боли [14].

ИРН была разработана как альтернатива ТРН [15].

Изучение механизмов действия, сопутствующих биологических эффектов отставало от применения ИРН в клинической практике [16]. Первая ИРН заднего ганглия корешка спинномозгового нерва была произведена в 1998 г. [17]. Позднее последовало множество сообщений о применении этой методики при радикулопатическом болевом синдроме, при лицевой боли вследствие тригеминальной невралгии, при дисфункции крестцово-подвздошных сочленений, артропатии фасеточных суставов и миофасциальном болевом синдроме [18].

При ИРН максимальный электрический ток и связанный с ним эффект возникают в точке непосредственного соприкосновения с концом электрода, где создается электрическое поле наиболее высокого напряжения [19]. ИРН создает напряжение в виде коротких импульсов по 20 мс, с перерывами длительностью 480 мс, что позволяет предотвратить нагревание окружающих тканей выше 42 °С и избежать их повреждения. Импульсный режим способен создавать гораздо большее по площади и объему электрическое поле, чем стандартный. Однако по мере удаления от кончика электрода электрическое поле экспоненциально убывает и на расстоянии 0,5 мм сохраняется лишь частично [20]. Большая часть тканей-мишеней подвергаются воздействию слабого либо умеренного электрического поля, что является частью механизма действия ИРН. В настоящее время считается, что электрическое поле индуцирует трансмембранную разность потенциалов, которая в значениях 0,1–1 В может вызывать электропорацию

(процесс деформации, образования пор) клеточных мембран [20].

Механизм возникновения анальгезии до конца неясен. Большинство авторов связывает его с нарушением синаптической передачи [21]. Воздействуя на ганглий, низкочастотная высоковольтная ИРН вызывает долговременное угнетение синаптической передачи в задних рогах и выступает в роли антагониста долговременного потенцирования в задних рогах, которое лежит в основе многих хронических болевых состояний [22, 23].

Одной из характерных особенностей ИРН являются изменения в экспрессии генов нейронами задних рогов спинного мозга и усиление клеточного стресса [24, 25]. В эксперименте влияние импульсного высокочастотного тока на клеточные культуры приводило к немедленной ранней экспрессии генов, что не наблюдалось при температурном воздействии [26]. В исследованиях *in vivo* при сравнении стандартной методики (ТРН) и ИРН отмечено усиление активности нейронов поверхностного листка задних рогов через 3 ч после воздействия ИРН на ганглий задних корешков спинномозговых нервов. Это позволяет считать, что активация модулирующих боль нейронов не зависит от температуры нагрева тканей [27]. Предполагается, что экспрессирующие нейроны могут быть ингибирующими интернейронами, уменьшающими ноцицепцию [28]. В этом случае изменения в экспрессии генов, индуцированные ИРН, могут отражать изменения свойств задних рогов спинного мозга, приводящих к уменьшению ноцицепции.

Для корректного проведения процедуры невротомии задних ганглиев корешков спинномозговых нервов необходимо добиться точного расположения иглы в месте локализации самого ганглия. Поэтому процедуру следует проводить только под рентгеновским контролем. Для контроля точности установки иглы ганглий можно идентифицировать с помощью радикулографии. В зависимости от индивидуальных особенностей он находится в разной степени удаления от дурального мешка. В поясничном отделе расположение ганглия может быть интраспинальным, интрафораминальным и экстрафораминальным. В большинстве случаев задние ганглии корешков спинномозговых нервов занимают интрафораминальное расположение, за исключением ганглия S1, который расположен интраспинально у 80% людей [29].

Первая публикация с описанием чрескожной термической невротомии чувствительной порции корешков спинномозговых нервов принадлежит S. Uematsu и соавт. [10]. Авторы использовали высокочастотный электрод, который устанавливали в соответствующем межпозвоночном отверстии под рентгеновским контролем. Близость электрода к нерву-цели подтверждалась электрической стимуляцией с частотой импульсов 2 Гц, и напряжением тока от 0,5 до 2 В, которая вызывала боль и мышечные сокращения в соответствующем дерматоме.



Рис. 2. Схематичный рисунок аксиального вида поясничного позвонка: правильная установка высокочастотного электрода через межпозвоночное отверстие на поясничном уровне.

В последующем техника установки электрода совершенствовалась [30, 31]. В настоящее время рекомендовано осуществлять введение электрода из латеральной паравертебральной позиции в верхнемедиальном направлении [17] (рис. 2). Приняты следующие конечные требования к электрическим параметрам ИРН [32]: 1) порог чувствительной стимуляции ниже 0,6 В (от 0,3 до 0,6 В с частотой 50–100 Гц); при этом вызываются парестезии, совпадающие с зоной обычного распределения боли, ощущение стимуляции должно распространяться вниз к голени-стопе для корешков L4,L5,S1, к паховой области для L1,L2, по передней поверхности бедра вниз до колена для L3; 2) порог моторной стимуляции (2 Гц) должен быть в 1,5 раза больше, чем порог сенсорной стимуляции; 3) следует осуществлять контроль импеданса полной электрической цепи, значение которого должно находиться в пределах от 200 до 400 Ом. Традиционным считается время экспозиции импульсным током в течение 120 с, но некоторые авторы демонстрировали хорошие результаты при большем времени экспозиции – от 4 до 10 мин [33, 37].

Рентгенологические ориентиры установки электрода на поясничном уровне следующие: 1) в переднезадней проекции конец электрода должен проецироваться медиальнее латеральной границы суставного столба; 2) в боковой проекции конец иглы размещают в ретроневральной позиции таким образом, чтобы его конец располагался непосредственно дорсальнее искомого спинального нерва. Чтобы определить соотношение позиций заднего ганглия корешка спинномозгового нерва и конца иглы, а также исключить интрадуральную установку иглы, перед началом высокочастотной деструкции выполняют радикулографию. После получения изображения нерва в виде дефекта наполнения контраста в иглу вводят 0,5–1,0 мл 2% р-ра лидокаина для адекватной анальгезии последующей невротомии [32].

Некоторые авторы используют косое рентгенов-

ское изображение межпозвоночного отверстия, что облегчает коаксиальное введение электрода [35, 36]. На первом этапе введения электрода достигается контакт электрода с костным краем в месте соединения поперечного и суставного отростков [37]. После этого электрод продвигают в переднем направлении так, чтобы его конец был установлен в проекции середины суставного столба или напротив середины верхней ножки, ограничивающей межпозвоночное отверстие сверху [38] (см. рис. 2). В латеральной рентгеновской проекции конец электрода размещается в дорсокраниальном квадранте межпозвоночного отверстия.

В случае денервации корешка S1 рентгенологическая позиция электрода при рентгеноскопии аналогична той, которая описывается при корешковой блокаде S1: в латеральной проекции конец иглы проецируется на передней поверхности задней стенки крестцового отдела позвоночного канала; в переднезадней проекции конец электрода располагается тотчас каудальнее ножки S1, посередине или немного медиальнее ее [32].

Большинство авторов сообщали о значительном регрессе радикулярных болей в поясничном отделе в сроки от 3–4 мес до 1 года и более после процедуры [28, 32, 39–41].

Так например, D. Abejon и соавт. докладывали об использовании ИРН у 54 пациентов с хроническим радикулярным болевым синдромом [42]. Через 60 сут после процедуры отмечено значительное уменьшение показателей по болевым шкалам у всех больных с грыжами межпозвоночных дисков и поясничными стенозами, за исключением пациентов с рецидивом болевого синдрома после хирургических вмешательств. Схожие результаты были опубликованы А. Teixeira и соавт.: у 11 из 13 пациентов наблюдался регресс болевого синдрома, который длился от 11 до 23 мес [39]. Н.-К. Tsou и соавт. докладывали о большой группе из 127 больных, из которых у 49 имел место хронический радикулярный болевой синдром; регресс болевого синдрома на 50% и более отмечен у 27 из 49 пациентов через 3 мес после процедуры и у 20 (44%) из 45 через 1 год [41]. S.C. Chao и соавт. также докладывали о регрессе радикулярного болевого синдрома на 50% и более у 52 (44%) из 116 больных через 3 мес после процедуры [28]. По данным рандомизированного контролируемого исследования T. Simoroulos и соавт., включающего 78 больных, при сравнении групп больных после ИРН и после ИРН с последующей ТРН обе группы показали снижение показателей болевых шкал на 50% через 8 нед после лечения [32]. Это доказывает, что сочетание ИРН и последующей ТРН не сопровождается дополнительным улучшением. В литературе нет упоминаний о каких-либо очевидных, стойких неврологических выпадениях после ИРН, таких как дизестезии и гипестезии, моторные расстройства. Отмечены единичные случаи преходящих чувствительных нарушений [14].

Таким образом, у пациентов пожилого и старческого возраста, при наличии серьезной соматиче-

ской отягощенности ИРН может с успехом использоваться для лечения хронической радикулярной поясничной боли, является эффективной альтернативой стероидным корешковым блокадам. Методика также может применяться в случае отказа от инвазивного хирургического лечения. ИРН задних ганглиев корешков спинномозговых нервов может привести к значительному улучшению качества жизни и освободить пациента от необходимости в лекарственной терапии на длительное время.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боль: Руководство для студентов и врачей / Под ред. Н.Н. Яхно. Москва: Медпресс-Информ, 2010.
2. Skovron M.L. Epidemiology of low back pain. *Baillieres Clin. Rheumatol.* 1992; 6:559–573.
3. Waddell G. *The Back Pain Revolution*. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1998.
4. Howe J.F., Loeser J.D., Calvin W.H. Mechanosensitivity of dorsal root ganglia and chronically injured axons: a physiological basis for the radicular pain of nerve root compression. *Pain.* 1977; 3: 25–41.
5. Подчуфарова Е.В., Яхно Н.Н. Боль в спине. М.: Гэотар Медиа, 2013. 368.
6. Govind J. Lumbar radicular pain. *Aust. Fam. Physician.* 2004; 33: 409–12.
7. Benedetti E., Siritwetchadarak R., Stanec J., Rosenquist R. Epidural steroid injections: complications and management. *Tech. Reg. Anesth. Pain Manag.* 2009; 13: 236–50.
8. Houten J.K., Errico T.J. Paraplegia after lumbosacral nerve root block. *Spine J.* 2002; 2:70–75.
9. Nagda J.V., Davis C.W., Bajwa Z.H., Simopoulos T.T. Retrospective review of the efficacy and safety of repeated pulsed and continuous radiofrequency lesioning of the dorsal root ganglion/segmental nerve for lumbar radicular pain. *Pain Physician.* 2011; 14: 371–6.
10. Uematsu S., Udvarhelyi G.B., Benson D.W., Siebens AA. Percutaneous radiofrequency rhizotomy. *Surg. Neurol.* 1974; 2: 319–25.
11. Brodkey J.S., Miyazaki Y., Ervin F.R., Mark V.H. Reversible heat lesions with radiofrequency current. A method of stereotactic localization. *J. Neurosurg.* 1964; 21: 49–53.
12. Smith H.P., McWhorter J.M., Challa V.R. Radiofrequency neurolysis in a clinical model. Neuropathological correlation. *J. Neurosurg.* 1981; 55: 246–53.
13. Mikeladze G., Espinal R., Finnegan R. et al. Pulsed radiofrequency application in treatment of chronic zygapophyseal joint pain. *Spine J.* 2003; 3(5): 360–2.
14. Racz G.B., Ruiz-Lopez R. Radiofrequency procedures. *Pain Pract.* 2006, 6(1):46–50.
15. Imani F. Using pulsed radiofrequency for chronic pain. *Anesth. Pain.* 2012; 1(3):155–156.
16. Chua N.H.L., Vissers K.C., Sluijter M.E. Pulsed radiofrequency treatment in interventional pain management: mechanisms and potential indications – a review. *Acta Neurochir.* 2011; 153: 763–71.
17. Sluijter M.E., Cosman E.R., Rittman W.B., Van Kleef M. The effects of pulsed radiofrequency fields applied to the dorsal root ganglion: A preliminary report. *Pain. Clin.* 1998; 11: 109–17.
18. Cohen S.P., Van Zundert J. Pulsed radiofrequency: rebel without cause. *Reg. Anesth. Pain Med.* 2010; 35(1): 8–10.
19. Bogduk N. Pulsed radiofrequency. *Pain Med.* 2006; 7:396–407.
20. Cosman E.R. Jr, Cosman E.R. Sr. Electric and thermal field effects in tissue around radiofrequency electrodes. *Pain Med.* 2005, 6(6):405–424.
21. Cahana A., Vutskits L., Muller D. Acute differential modulation of synaptic transmission and cell survival during exposure to pulsed and continuous radiofrequency energy. *J. Pain.* 2003; 4:197–202.
22. Richebe P., Rathmell J.P., Brennan T.J. Immediate early genes after pulsed radiofrequency treatment: neurobiology in need of clinical trials. *Anesthesiology.* 2005; 102: 1–3.
23. Sandkuhler J., Chen J.G., Cheng G., Randic M. Low-frequency stimulation of afferent Adelta-fibers induces long-term depression at primary afferent synapses with substantia gelatinosa neurons in the rat. *J. Neurosci.* 1997; 17: 6483–91.
24. Hamann W., Abou-Sherif S., Thompson S., Hall S. Pulsed radiofrequency applied to dorsal root ganglia causes a selective increase in ATF3 in small neurons. *Eur. J. Pain.* 2006; 10: 171–6.
25. Higuchi Y., Nashold B.S. Jr, Sluijter M., Cosman E., Pearlstein R.D. Exposure of the dorsal root ganglion in rats to pulsed radiofrequency currents activates dorsal horn lamina I and II neurons. *Neurosurgery.* 2002; 50: 850–5; discussion 856.
26. Archer S., Li T.T., Evans A.T., Britland S.T., Morgan H. Cell reactions to dielectrophoretic manipulation. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 1999; 257: 687–98.
27. Van Boxem K., Van Eerd M., Brinkuijze T. et al. Radiofrequency and pulsed radiofrequency treatment of chronic pain syndromes: the available evidence. *Pain Pract.* 2008; 8: 385–393.
28. Chao S.C., Lee H.T., Kao T.H., Yang M.Y. et al. Percutaneous pulsed radiofrequency in the treatment of cervical and lumbar radicular pain. *Surg. Neurol.* 2008; 70: 59–65; discussion 65.
29. Hasegawa T., Mikawa Y., Watanabe R., An H. Morphometric analysis of the lumbosacral nerve roots and dorsal ganglia by magnetic resonance imaging. *Spine.* 1996; 21: 1005–9.
30. Sluijter M.E., Koetsveld-Baart C.C. Interruption of pain pathways in the treatment of the cervical syndrome. *Anaesthesia.* 1980, 35: 302–7.
31. Sluijter M.E., Mehta M. Treatment of chronic pain in the back and neck by percutaneous thermal lesions. In: *Persistent Pain: Modern Methods of Treatment / Eds J. Miles, S. Lipton*. London; New York: Academic Press; 1981; vol. 3. 141–79.
32. Simopoulos T.T., Kraemer J., Nagda J.V., Aner M., Bajwa Z.H. Response to pulsed and continuous radiofrequency lesioning of the dorsal root ganglion and segmental nerves in patients with chronic lumbar radicular pain. *Pain Physician.* 2008; 11: 137–44.
33. Akkoc Y., Uyar M., Oncu J., Ozcan Z., Durmaz B. Complex regional pain syndrome in a patient with spinal cord injury: management with pulsed radiofrequency lumbar sympathectomy. *Spinal Cord.* 2008; 46: 82–4.
34. Navani A., Mahajan G., Kreis P., Fishman S.M. A case of pulsed radiofrequency lesioning for occipital neuralgia. *Pain Med.* 2006; 7: 453–6.
35. Stolker R.J., Vervest A.C., Groen G.J. The treatment of chronic thoracic segmental pain by radiofrequency percutaneous partial rhizotomy. *J. Neurosurg.* 1994; 80: 986–92.
36. Cohen S.P., Sireci A., Wu C.L., Larkin T.M., Williams K.A., Hurley R.W. Pulsed radiofrequency of the dorsal root ganglia is superior to pharmacotherapy or pulsed radiofrequency of the intercostal nerves in the treatment of chronic postsurgical thoracic pain. *Pain Physician.* 2006; 9: 227–35.
37. Sluijter M.E. Percutaneous facet denervation and partial posterior rhizotomy. *Acta Anaesthesiol. Belg.* 1981; 32: 63–79.
38. Geurts J.W., Van Wijk R.M., Wynne H.J. et al.: Radiofrequency lesioning of the dorsal root ganglia for chronic lumbosacral radicular pain: A randomized, double-blind, controlled trial. *Lancet.* 2003; 361: 21–6.
39. Teixeira A., Grandinson M., Sluijter M.E. Pulsed radiofrequency for radicular pain due to herniated intervertebral disc: An initial report. *Pain Pract.* 2005, 5: 111–5.
40. Shabat S., Pevsner Y., Folman Y., Gepstein R. Pulsed radiofrequency in the treatment of patients with chronic neuropathic spinal pain. *Minim. Invasive Neurosurg.* 2006; 49: 147–9.
41. Tsou H.-K., Chao S.-H., Wang C.-J., Chen H.-T., Shen C.-C. et al. Percutaneous pulsed radiofrequency applied to the L-2 dorsal root ganglion for treatment of chronic low-back pain: 3-year ex-

- perience Clinical article. *J. Neurosurg. Spine*. 2010; 12: 190–6.
42. Abejon D., Garcia-del-Valle S., Fuentes M.L., Gomez-Arnau J.I., Reig E., van Zundert J. Pulsed radiofrequency in lumbar radicular: Clinical effects in various etiological groups. *Pain Pract*. 2007; 7: 21–6.

REFERENCES

- The Pain: Handbook for Students and Physicians. Eds. N.N. Yachkho Moscow: Medpress-Inforn, 2010. (in Russian)
- Skovron M.L. Epidemiology of low back pain. *Baillieres Clin. Rheumatol*. 1992; 6:559–573.
- Waddell G. *The Back Pain Revolution*. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1998.
- Howe J.F., Loeser J.D., Calvin W.H. Mechanosensitivity of dorsal root ganglia and chronically injured axons: a physiological basis for the radicular pain of nerve root compression. *Pain*. 1977; 3: 25–41.
- Podchufarova E.V., Yachkho N.N. *Back Pain*. Moscow: Geotar Media; 2013. (in Russian)
- Govind J. Lumbar radicular pain. *Aust. Fam. Physician*. 2004, 33: 409–12.
- Benedetti E., Siriwetcharak R., Stanec J., Rosenquist R. Epidural steroid injections: complications and management. *Tech. Reg. Anesth. Pain Manag*. 2009; 13: 236–50.
- Houten J.K., Errico T.J. Paraplegia after lumbosacral nerve root block. *Spine J*. 2002; 2:70-75.
- Nagda J.V., Davis C.W., Bajwa Z.H., Simopoulos T.T. Retrospective review of the efficacy and safety of repeated pulsed and continuous radiofrequency lesioning of the dorsal root ganglion/segmental nerve for lumbar radicular pain. *Pain Physician*. 2011; 14: 371–6.
- Uematsu S., Udvarhelyi G.B., Benson D.W., Siebens AA: Percutaneous radiofrequency rhizotomy. *Surg. Neurol*. 1974; 2: 319–25.
- Brodkey J.S., Miyazaki Y., Ervin F.R., Mark V.H. Reversible heat lesions with radiofrequency current. A method of stereotactic localization. *J. Neurosurg*. 1964; 21: 49–53.
- Smith H.P., McWhorter J.M., Challa V.R. Radiofrequency neurolysis in a clinical model. Neuropathological correlation. *J. Neurosurg*. 1981; 55: 246–53.
- Mikeladze G., Espinal R., Finnegan R. et al. Pulsed radiofrequency application in treatment of chronic zygapophyseal joint pain. *Spine J*. 2003; 3(5): 360–2.
- Racz G.B., Ruiz-Lopez R. Radiofrequency procedures. *Pain Pract*. 2006, 6(1): 46–50.
- Imani F. Using pulsed radiofrequency for chronic pain. *Anesth. Pain*. 2012; 1(3):155-156.
- Chua N.H.L., Vissers K.C., Sluijter M.E. Pulsed radiofrequency treatment in interventional pain management: mechanisms and potential indications – a review. *Acta Neurochir*. 2011; 153: 763–71.
- Sluijter M.E., Cosman E.R., Rittman W.B., Van Kleef M. The effects of pulsed radiofrequency fields applied to the dorsal root ganglion: A preliminary report. *Pain. Clin*. 1998; 11: 109–17.
- Cohen S.P., Van Zundert J. Pulsed radiofrequency: rebel without cause. *Reg. Anesth. Pain Med*. 2010; 35(1): 8–10.
- Bogduk N. Pulsed radiofrequency. *Pain Med*. 2006; 7:396–407.
- Cosman E.R. Jr, Cosman E.R. Sr. Electric and thermal field effects in tissue around radiofrequency electrodes. *Pain Med*. 2005, 6(6):405–424.
- Cahana A., Vutskits L., Muller D. Acute differential modulation of synaptic transmission and cell survival during exposure to pulsed and continuous radiofrequency energy. *J. Pain*. 2003; 4:197–202.
- Richebe P., Rathmell J.P., Brennan T.J. Immediate early genes after pulsed radiofrequency treatment: neurobiology in need of clinical trials. *Anesthesiology*. 2005; 102: 1–3.
- Sandkuhler J., Chen J.G., Cheng G., Randic M. Low-frequency stimulation of afferent Adelta-fibers induces long-term depression at primary afferent synapses with substantia gelatinosa neurons in the rat. *J. Neurosci*. 1997; 17: 6483–91.
- Hamann W., Abou-Sherif S., Thompson S., Hall S. Pulsed radiofrequency applied to dorsal root ganglia causes a selective increase in ATF3 in small neurons. *Eur. J. Pain*. 2006; 10: 171–6.
- Higuchi Y., Nashold B.S. Jr, Sluijter M., Cosman E., Pearlstein R.D. Exposure of the dorsal root ganglion in rats to pulsed radiofrequency currents activates dorsal horn lamina I and II neurons. *Neurosurgery*. 2002; 50: 850–5; discussion 856.
- Archer S., Li T.T., Evans A.T., Britland S.T., Morgan H. Cell reactions to dielectrophoretic manipulation. *Biochem. Biophys. Res. Commun*. 1999; 257: 687–98.
- Van Boxem K., Van Eerd M., Brinkuize T. et al. Radiofrequency and pulsed radiofrequency radiofrequency treatment of chronic pain syndromes: the available evidence. *Pain Pract*. 2008; 8: 385–393.
- Chao S.C., Lee H.T., Kao T.H., Yang M.Y. et al. Percutaneous pulsed radiofrequency in the treatment of cervical and lumbar radicular pain. *Surg. Neurol*. 2008; 70: 59–65; discussion 65.
- Hasegawa T., Mikawa Y., Watanabe R., An H. Morphometric analysis of the lumbosacral nerve roots and dorsal ganglia by magnetic resonance imaging. *Spine*. 1996; 21: 1005–9.
- Sluijter M.E., Koetsveld-Baart C.C. Interruption of pain pathways in the treatment of the cervical syndrome. *Anaesthesia*. 1980, 35: 302–7.
- Sluijter M.E., Mehta M. Treatment of chronic pain in the back and neck by percutaneous thermal lesions. In: *Persistent Pain: Modern Methods of Treatment / Eds Miles J., Lipton. S.* London; New York: Academic Press; 1981; vol. 3. 141–79.
- Simopoulos T.T., Kraemer J., Nagda J.V., Aner M., Bajwa Z.H. Response to pulsed and continuous radiofrequency lesioning of the dorsal root ganglion and segmental nerves in patients with chronic lumbar radicular pain. *Pain Physician*. 2008; 11: 137–44.
- Akkoc Y., Uyar M., Oncu J., Ozcan Z., Durmaz B. Complex regional pain syndrome in a patient with spinal cord injury: management with pulsed radiofrequency lumbar sympathectomy. *Spinal Cord*. 2008; 46: 82–4.
- Navani A., Mahajan G., Kreis P., Fishman S.M. A case of pulsed radiofrequency lesioning for occipital neuralgia. *Pain Med*. 2006; 7: 453–6.
- Stolker R.J., Vervest A.C., Groen G.J. The treatment of chronic thoracic segmental pain by radiofrequency percutaneous partial rhizotomy. *J. Neurosurg* 1994; 80: 986–92.
- Cohen S.P., Sireci A., Wu C.L., Larkin T.M., Williams K.A., Hurley R.W. Pulsed radiofrequency of the dorsal root ganglia is superior to pharmacotherapy or pulsed radiofrequency of the intercostal nerves in the treatment of chronic postsurgical thoracic pain. *Pain Physician*. 2006; 9: 227–35.
- Sluijter M.E. Percutaneous facet denervation and partial posterior rhizotomy. *Acta Anaesthesiol. Belg*. 1981; 32: 63–79.
- Geurts J.W., Van Wijk R.M., Wynne H.J. et al.: Radiofrequency lesioning of the dorsal root ganglia for chronic lumbosacral radicular pain: A randomized, double-blind, controlled trial. *Lancet*. 2003; 361: 21–6.
- Teixeira A., Grandinson M., Sluijter M.E. Pulsed radiofrequency for radicular pain due to herniated intervertebral disc: An initial report. *Pain Pract*. 2005, 5: 111–5.
- Shabat S., Pevsner Y., Folman Y., Gepstein R. Pulsed radiofrequency in the treatment of patients with chronic neuropathic spinal pain. *Minim. Invasive Neurosurg*. 2006; 49: 147–9.
- Tsou H.-K., Chao S.-H., Wang C.-J., Chen H.-T., Shen C.-C. et al. Percutaneous pulsed radiofrequency applied to the L-2 dorsal root ganglion for treatment of chronic low-back pain: 3-year experience Clinical article. *J. Neurosurg. Spine*. 2010. 12: 190–6.
- Abejon D., Garcia-del-Valle S., Fuentes M.L., Gomez-Arnau J.I., Reig E., van Zundert J. Pulsed radiofrequency in lumbar radicular: Clinical effects in various etiological groups. *Pain Pract*. 2007; 7: 21–6.