

УДК 616.8-089

https://doi.org/10.33619/2414-2948/99/28

СОВРЕМЕННЫЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ТРАВМАТИЧЕСКИХ ПОРАЖЕНИЙ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ НЕРВОВ

- ©**Яриков А. В.**, ORCID: 0000-0002-4437-4480, SPIN-код: 8151-2292, канд. мед. наук, Приволжский окружной медицинский центр; Городская клиническая больница №39, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород, Россия, anton-yarikov@mail.ru
- ©**Лобанов И. А.**, ORCID: 0000-0002-2572-3200, Федеральный Сибирский научно-клинический центр, г. Красноярск, Россия, igolobano@mail.ru
- ©**Казакова Л. В.**, д-р мед. наук, Приволжский окружной медицинский центр, г. Нижний Новгород, Россия, klara200463@inbox.ru
- ©**Корнакова О. С.**, Федеральный Сибирский научно-клинический центр, г. Красноярск, Россия
- ©**Фраерман А. П.**, SPIN-код: 2974-3349, д-р мед. наук, Городская клиническая больница №39, г. Нижний Новгород, Россия
- ©**Перльмуттер О. А.**, SPIN-код: 1243-9601, д-р мед. наук, Городская клиническая больница №39, г. Нижний Новгород, Россия
- ©**Цыбусов С. Н.**, SPIN-код: 1774-4646, д-р мед. наук, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород, Россия, tzibusov56@mail.ru
- ©**Павлова Е. А.**, ORCID: 0000-0002-7234-1547, Дальневосточный окружной медицинский центр, г. Владивосток, Россия
- ©**Комкова Е. Ф.**, Центральная городская больница г. Арзамаса, г. Арзамас, Россия, kit.ket@bk.ru
- ©**Зайцева Н. Е.**, Выксунская ЦРБ, г. Выкса, Россия, nadya_denisova_1989@mail.ru

MODERN INSTRUMENTAL METHODS OF DIAGNOSIS OF TRAUMATIC LESIONS OF PERIPHERAL NERVES

- ©**Yarikov A.**, ORCID: 0000-0002-4437-4480, SPIN-code: 8151-2292, M.D., Privolzhsky District Medical Center; City Clinical Hospital no. 39, Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia, anton-yarikov@mail.ru
- ©**Lobanov I.**, ORCID: 0000-0002-2572-3200, Federal Siberian Scientific and Clinical Center, Krasnoyarsk, Russia, igolobano@mail.ru
- ©**Kazakova L.**, Dr. habil., Privolzhsky District Medical Center, Nizhny Novgorod, Russia, klara200463@inbox.ru
- ©**Kornakova O.**, Federal Siberian Scientific and Clinical Center, Krasnoyarsk, Russia
- ©**Fraerman A.**, SPIN-code: 2974-3349, Dr. habil., City Clinical Hospital no. 39, Nizhny Novgorod, Russia
- ©**Perlmutter O.**, SPIN-code: 1243-9601, Dr. habil., City Clinical Hospital no. 39, Nizhny Novgorod, Russia
- ©**Tsybusov S.**, SPIN-code: 1774-4646, Dr. habil., Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia, tzibusov56@mail.ru
- ©**Pavlova E.**, ORCID: 0000-0002-7234-1547, Far Eastern Regional Medical Center, Vladivostok, Russia
- ©**Komkova E.**, Central City Hospital of Arzamas, Arzamas, Russia, kit.ket@bk.ru
- ©**Zaitseva N.**, Vyksa Central District Hospital, Vyksa, Russia, nadya_denisova_1989@mail.ru

Аннотация. Повреждение периферической нервной системы представляет серьезную медико-социальную проблему из-за высокой инвалидизации и высоких экономических потерь. Для повышения результатов лечения необходима точная диагностика степени и уровня поражения нервов. В данной статье раскрываются все современные инструментальные методы диагностики травматических повреждений периферической нервной системы: электронейромиография, ультразвуковое исследование, магнитно-резонансная томография. Описаны преимущества и недостатки каждого из методов.

Abstract. Damage to the peripheral nervous system is a serious medical and social problem due to high disability and high economic losses. To improve the results of treatment, an accurate diagnosis of the degree and level of nerve damage is necessary. This article reveals all modern instrumental methods for the diagnosis of traumatic injuries of the peripheral nervous system: electroneuromyography, ultrasound, magnetic resonance imaging. The advantages and disadvantages of each method are described.

Ключевые слова: нейровизуализация, МРТ периферических нервов, диагностика периферической нервной системы, УЗИ периферических нервов, топическая диагностика периферической нервной системы.

Keywords: neuroimaging, MRI of peripheral nerves, diagnosis of the peripheral nervous system, ultrasound of peripheral nerves, topical diagnosis of the peripheral nervous system.

Повреждение периферической нервной системы (ПНС) является важной клинической проблемой с тяжелыми последствиями для пациентов [1]. Около \$150000000000 в США тратится ежегодно на лечение пациентов с травмами ПНС, в том числе затраты на лечение травм срединного и локтевого нервов оцениваются примерно в \$70000 и \$45000 соответственно, 87% этих затрат обусловлены результатом временной нетрудоспособности [2].

При этом повреждения ПНС в 2004 г. в США вызывали трудопотери (8 500 000 дней нетрудоспособности) и ежегодное выполнение более 200 000 операций [3]. Среди общего травматизма повреждения ПНС составляют 1,5–12%, при этом частота травм нервов верхней конечности, в частности, локтевого, срединного и лучевого, достигает 60–70% [4, 5]. Ятрогенные повреждения ПНС составляют 7–20% от всех поражений ПНС [6].

Ввиду особенностей анатомо-топографических взаимоотношений ПНС с окружающими тканями в 20–22% травмы ПНС сочетаются с повреждением сухожилий, в 12–15% — крупных сосудов, в 14–25% с переломами трубчатых костей, а также могут сопровождаться одномоментным повреждением всех анатомических структур [7, 8].

Хотя такие травмы и не представляют угрозы для жизни больного в изолированной форме, но в 60–65% случаев могут приводить к длительной или полной утрате трудоспособности [9].

Даже после лечения в узкоспециализированных учреждениях около 30% больных становятся инвалидами или вынуждены сменить профессию [3, 10].

В Российской Федерации ежегодно регистрируется от 150000 до 700000 случаев повреждений ПНС [11]. Ежегодно в России в хирургическом лечении нуждается 4–7 тыс лиц с травматическими повреждениями ПНС [4, 12]. Наиболее частыми причинами являются транспортный, производственный и бытовой травматизм, а также огнестрельные ранения.

Стоит отметить, что около 45% повреждений нервов приходится на молодой возраст от 21 до 30 лет, что, в свою очередь, обуславливает высокую социальную значимость данной проблемы. К закрытым повреждениям относят — растяжение (тракция), сдавление, к открытым — колотые и резанные (стеклом, ножом и т. д.) [13, 14].

Клиническая картина. Согласно классификации Н. Seddon (1943 г.), все повреждения ПНС делят, в зависимости от сохранности аксона и соединительнотканых структур, на 3 группы:

– нейрапраксия — обратимое повреждение нерва, когда отмечается частичный блок проведения электрического сигнала через поврежденный сегмент нерва, но нет никакой валлеровской дегенерации, базальная мембрана интактная. Транспорт по аксонам нарушен. Период восстановления от нескольких часов до нескольких месяцев, в среднем 6–8 недель;

– аксонотмезис — повреждение нерва, приводящее к гибели аксона при сохранности эпинеурия, перинеурия, эндоневрия и шванновских клеток. Восстановление функций происходит за счет регенерации аксона. Скорость и степень восстановления зависит от уровня поражения, возраста (у молодых регенерация происходит быстрее) и общего состояния больного. В случаях, когда прорастание аксона происходит медленно, может произойти рубцевание эндоневральной трубки, в которую прорастает аксон, и восстановление не наступает. По этой же причине неблагоприятный прогноз имеется в случаях, когда дефект нервного ствола имеет значительную длину;

– нейротмезис — полное пересечение нерва или дезорганизация его рубцовой тканью. Из-за того, что повреждаются эндоневральные трубки, невозможным становится прорастание в них аксонов, регенерация аксонов приводит к образованию травматической невромы.

В последующем Sunderland предложил свою классификацию (Таблица 1) [15].

Таблица 1.

КЛАССИФИКАЦИЯ Sunderland 1978 г.

Степень повреждения	Описание Sunderland	Корреляция с Seddon	Восстановление
I	При этой степени имеется перерыв проведения по аксону (или дендриту) в месте повреждения. Непрерывность нервного проводника от тела клетки до органа или эффектора сохранена. Местная блокада проведения. Может наблюдаться местная демиелинизация.	Нейропраксия	Как правило, восстановление болевой чувствительности опережает восстановление тактильной и может происходить в течение нескольких минут. Парестезии сохраняются несколько дней. Начало восстановления движений парализованных мышц колеблется в интервале от 1–2 дней до нескольких месяцев. Симптом Тинеля отрицателен, так как нет дегенерации нервных проводников. Не требует операции, и восстановление протекает спонтанно. Необходимость невролиза может возникнуть в случаях, когда повреждающий агент не устранен

<i>Степень повреждения</i>	<i>Описание Sunderland</i>	<i>Корреляция с Seddon</i>	<i>Восстановление</i>
II	Повреждение аксонов с сохранением поддерживающих структур — эндоневрия. Наблюдается валлеровская дегенерация.	Аксонотмезис	Клинически имеется полное нарушение моторной, сенсорной и вегетативной функций в автономных представительствах нерва. Интервал между моментом повреждения и началом восстановления функции определяется: уровнем повреждения и длительностью денервации эффекторных тканей; типов поврежденных проводников. После этой степени повреждения возможно полное спонтанное восстановление всех функций.
III	Повреждение эндоневрия, но эпиневрий и периневрив сохранен. При внешнем осмотре нерв может выглядеть неповрежденным	Аксонотмезис	Восстановление может быть от плохого до полного, в зависимости от степени внутрипучкового фиброза. О динамике восстановления можно судить по симптому Тинеля,
IV	Повреждение сопровождается разрушением периневральной оболочки с сохранностью эпиневрив. Пучки разобщаются, но непрерывность нервного ствола сохранена. Наблюдаются выраженная дезинтеграция и нарушение проводимости.	Аксонотмезис	Очень мало проводников достигают периферии, и самопроизвольное восстановление функции крайне неудовлетворительное. Это повреждение требует иссечения невroma и хирургического восстановления нерва.
V	Полное анатомическое пересечение с потерей целостности. Это приводит к полному выпадению моторной, чувствительной и вегетативной функций. Симптом Тинеля будет определяться в зоне повреждения (над областью проксимальной культы).	Нейротмезис	На проксимальном отрезке нерва образуется невroma. Дистальный отрезок подвергается дегенерации, и спонтанная регенерация нерва невозможна.

В Таблице 2 представлены гистологические изменения в зависимости от вида травма ПНС.

Таблица 2.

**РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ГИСТОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ
 ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СТЕПЕНЯХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПНС**

<i>Степень повреждения (Sunderland)</i>	<i>Миелин</i>	<i>Нервное волокно</i>	<i>Эндоневрий</i>	<i>Периневрив</i>	<i>Эпиневрив</i>
I	+				
II	+	+			
III	+	+	+		
IV	+	+	+	+	
V	+	+	+	+	+

Однако хирург, ревизирующий рану должен правильно ответить на вопрос, когда восстанавливать нерв (Таблица 3).

Таблица 3.

СТЕПЕНЬ ПОВРЕЖДЕНИЯ ПНС,
ВОЗМОЖНОСТЬ ЕГО СПОНТАННОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ И НЕОБХОДИМОСТЬ ОПЕРАЦИИ

Степень повреждения	Симптом Тинеля	Спонтанное восстановление	Скорость восстановления	Операция
I	-/-	Полное	От 1 дня до 12 недель	Не нужна
II	+/+	Полное	1 мм/сут	Не нужна
III	+/+	Большие различия	1 мм/сут	Не нужна или невролиз
IV	+/+	Нет	Нет восстановления	Шов или реконструкция нерва
V	+/-	Нет	Нет восстановления	Шов или реконструкция нерва

Травма ПНС редко бывает изолированный и часто сочетается с повреждением кровеносными сосудами, сухожилий, связками, мышцами или костями [16–18].

Наличие феномена перекрытия зон иннервации (дерматомы и миотомы могут получать двойную и тройную иннервацию) и повреждений структур опорно-двигательного аппарата могут осложнять оценку клинической картины [11, 19, 20].

Вариантное строение ПНС и разнообразие клинических проявлений при ее патологии приводят к большому количеству диагностических, тактических и технических ошибок [7].

Нейрохирург должен хорошо владеть топической диагностической нервной системы, которая позволяет выявлять уровень поражения ПНС. Мышечная сила оценивается по системе M0-M5 BMRC (British Medical Research Council grading system) [21].

Субъективную оценку функции верхней конечности осуществляется с помощью опросника QuickDASH [22, 23].

Теста Вебера применяется для оценки качественной и количественной чувствительности [24].

Оценка восстановления познавательной чувствительности применяется тест Моберга. Выраженностью болевого синдрома оценивается помощью различных шкал боли (VAS, LANSS, NTSS-9, DN4) [25, 26].

Диагностика. Уточнение состояния поврежденного нерва является принципиальным в дооперационной диагностике при травме ПНС [27, 28].

Сроки и объем оперативного вмешательства на травме ПНС могут быть определены лишь после оценки анамнеза, неврологического статуса и данных нейровизуализации [7].

За последние время произошли изменения в области диагностики и лечения травм ПНС, получены серьезные успехи применения современной инструментальной дооперационной диагностики (электронейромиография (ЭНМГ), УЗИ, МРТ) [29, 30].

Среди инструментальных методов стимуляционная ЭНМГ и игольчатая электромиография (ЭМГ) являются наиболее объективными средствами оценки функционального состояния ПНС и мышечной ткани. Стимуляционная ЭНМГ широко используется как при постановке диагноза, установлении топического уровня, выраженности и характера поражения, так и для объективного контроля эффективности лечения и оценки прогноза исхода травмы. Игольчатая ЭМГ позволяет оценить характер изменения потенциалов двигательных единиц (ПДЕ), выраженность денервационных изменений и

наличие реиннервации. Однако на практике результаты ЭНМГ могут расходиться с клинической картиной. При этом тактика и цели ЭНМГ-исследования зависят не только от периода заболевания, но и от степени и уровня поражения. При частичных травматических повреждениях ЭНМГ может уже на 5–7 сутки достоверно оценить количество оставшихся функционирующих аксонов и качество миелиновой оболочки. Однако, чем проксимальнее будет находиться уровень поражения и чем тяжелее будет степень поражения, тем позднее возникает необходимость в выполнении данного исследования. Первая оценка проведения по нерву и игольчатая ЭМГ должны проводиться не ранее, чем через 3–4 недели после травмы (острый период), после выхода аксонов из состояния парабиоза. С помощью ЭНМГ хорошо определяются две функциональные формы повреждения ПНС — аксонопатия и миелінопатия, которые не в полной мере отражают степень повреждения на макро- или микроскопическом уровнях.

При исследовании невралного проведения на уровне поражения наблюдается замедление скорости проведения; нередко на уровне травмы ПНС выявляется блок проведения в виде снижения амплитуды М-ответа, полученного при стимуляции выше места поражения, относительно М-ответа, полученного при стимуляции ниже места поражения. Однако снижение амплитуды М-ответа может возникнуть вследствие парабиотических изменений аксонов. Повреждение миелиновой оболочки также может приводить к локальному замедлению проведения импульса на поврежденном сегменте; демиелинизирующее поражение может наблюдаться при ушибах ПНС, сдавлении костными отломками, гематомами и др. Частичный аксональный перерыв подразумевает сохранность той или иной части аксонов нерва, иннервирующего определенную мышцу. При исследовании невралной проводимости отмечаются выраженное снижение амплитуды до 0,1 мВ (на 50% и более), значительное уменьшение скорости проведения импульса на стороне поражения, развитие блока проведения на поврежденном сегменте. При полном аксональном перерыве, возникающем при невротмезисе или аксонотмезисе с полным нарушением аксонального транспорта, происходит гибель аксонов и развитие валлеровской дегенерации; при проведении исследования отмечается выпадение М-ответа как при дистальной стимуляции, так, возможно, и при проксимальной стимуляции. За отсутствие М-ответа принимают значение менее 100 мкВ (0,1 мВ). Часто для решения спорных вопросов и объективной оценки полного аксонального перерыва рекомендуется выполнение игольчатой миографии мышц, иннервируемых поврежденным нервом. Электрофизиологическое исследование может быть использовано для поиска предикторов клинического исхода травматических невропатий. Так, повышение амплитуды S-ответа может служить ранним показателем аксональной регенерации и могло бы предшествовать мышечной реиннервации, восстановлению силы и улучшению М-ответа [31].

Также при анализе современной литературы было установлено, что в настоящее время нет четких прогностических нейрофизиологических критериев процесса реиннервации. Было предложено достаточное количество ЭНМГ-критериев, позволяющих решать эти задачи, однако отсутствует консенсус относительно наиболее рациональных показателей для оценки функционального восстановления [32].

Известно, что результаты ЭНМГ, проведенной в период от 3 до 6 мес после травмы ПНС, обладают наибольшей прогностической ценностью. ЭНМГ-характеристики поврежденного нерва, полученные в период до 3 мес после травмы, имеют меньшую прогностическую ценность, однако эти данные более полезны при выборе тактики лечения. Оценка амплитуды М-ответа и характеристик ПДЕ позволяет прогнозировать

продолжительность травматической болезни и степень восстановления поврежденного нерва. В частности, отмечено, что прогностическим критерием благоприятного исхода перенесенной травмы периферического нерва является сохранение амплитуды дистального М-ответа $\geq 0,5$ мВ, тогда как отсутствие ПДЕ и М-ответа соответствует неблагоприятному прогнозу восстановления поврежденного нерва [31].

Кроме уже описанных предикторов благоприятного исхода был выделен наиболее ранний независимый фактор — наличие межневральных анастомозов, в том числе дополнительной иннервации эффекторных мышц. Существует ряд факторов, определяющих весомый вклад данных ЭНМГ в повышение точности прогноза исхода травмы ПНС. Известно, что по восстановлению чувствительности невозможно предсказать восстановление двигательной функции пораженного нерва. Однако повышение амплитуды S-ответа может служить ранним признаком аксональной регенерации, который может предшествовать реиннервации мышц, восстановлению силы и повышению М-ответа. Сведения об индивидуальной изменчивости и вариантах строения нервов позволяют существенно снизить риск диагностических ошибок, а также повысить эффективность лечения пациентов с повреждениями ПНС.

Существенное значение в диагностике ПНС имеют точные представления о топографической анатомии исследуемых областей и особенностях иннервации каждым нервным стволом [33].

В большинстве случаев при электрофизиологическом исследовании ПНС выявляется типичная иннервация эффекторов, однако в 15–20% случаев встречаются различные варианты развития, такие как межневральные анастомозы, приводящие к нетипичному распределению зон иннервации. При выполнении электронейромиографии (ЭНМГ) анастомозы выявляются в 5–34% случаев, что затрудняет адекватную интерпретацию электрофизиологических данных. Затруднения при дифференцировании степени тяжести повреждения ПНС могут быть обусловлены следующими причинами [34]:

-в остром периоде (первые 3 нед. после травмы) клинически невозможно определить характер поражения: невротмезис, аксонотмезис или нейропраксия;

-дерматомы и миотомы могут иннервироваться одновременно несколькими нервами (феномен перекрытия зон);

-возможны индивидуальные варианты межневральных связей (анастомозов), такие как АМГ I, II, III типов, анастомоз Мариначчи, анастомоз Рише–Канью, ветвь Берриттини, анастомоз Каплана и др.;

-сочетанное повреждение ПНС с повреждением сосудов, связок, мышц или костей (политравма), а также рефлекторные, анталгические, содружественные параличи и контрактуры могут существенно осложнять клиническую картину;

-многоуровневое поражение ПНС на нескольких сегментах, например синдром двойного аксоплазматического сдавления и частичное повреждение нерва, затрудняет определение уровня травмы ПНС. При наличии двойной иннервации локтевым и срединным нервами мышц кистей возможно отсутствие двигательных нарушений даже при полном перерыве одного из них. При этом выявляются лишь чувствительные расстройства в автономной зоне иннервации травмированного нерва. Так, при наличии АМГ III типа возможен вариант «всеульнарной кисти», когда собственные (внутренние) мышцы кисти иннервируются только локтевым нервом.

Таким образом, используемая в клинике ЭНМГ не всегда дает достаточную информацию о состоянии аксонов особенно чувствительных волокон находящихся в

досинаптической стадии регенерации, а также о минимальном числе сохранившихся волокон [35, 36].

В остром и раннем периодах течения травмы по клинико-электрофизиологическим данным практически невозможно отличить аксонотмезис от нейротмезиса. Оптимальный срок проведения ЭНМГ остается предметом дискуссий. Следовательно, существует потребность в доступном и неинвазивном методе диагностики, который способен не только визуализировать ПНС и определять вид повреждения нервов, но и дать оценку состояния окружающих тканей. УЗИ является одним из наиболее быстро развивающихся методов диагностики [37, 38].

В последние 10–15 лет УЗИ стало широко распространенным методом диагностики поражения ПНС на фоне появления высокочастотных датчиков, позволяющих получать изображение высокого разрешения [39].

Так, современные высокочастотные датчики (12–17 МГц) обладают осевым разрешением в 250 микрон, что в свою очередь позволяет определить внутреннюю структуру нервного ствола, включая пучки нервных волокон и эпиневрий [7].

Первым упоминанием УЗИ ПНС считается статья Solbiati et al. 1985 г., в которой они применили этот метод для оценки возвратного гортанного нерва при опухолях щитовидной и паращитовидной желез, в 1988 г. В. D. Fornage при обследовании срединного, локтевого, седалищного и малоберцового нервов трупа под УЗ-контролем вводил в ствол нерва 0,2 мл китайской туши. Определение красителя в стволе нерва при макро- и микроскопическом анализе срезов подтверждало объективность УЗ-визуализации [40].

Появление новых аппаратов, датчиков и программного обеспечения, а также совершенствование методик УЗИ также расширяют возможности его применения [41].

Методика УЗ исследования периферически нервов включает режим серой шкалы (В-режим), цветовое (ЦДК) и энергетическое доплеровское картирование (ЭД) по стандартной методике. Оценка структуры нерва в В-режиме проводится с определением контуров, размеров, формы, эхогенности и эхоструктуры, а также в режиме ЦДК и ЭД определяли наличие интраневральной и периневральной васкуляризации. ПНС исследуются в двух взаимно перпендикулярных плоскостях — в продольном и поперечном сечениях. При продольном сканировании определяется непрерывность хода волокон нерва, его эхогенность, эхоструктура и степень дифференцировки на пучки, а также наличие васкуляризации, оценивается толщина нерва. При поперечном сканировании оценивается форма и эхоструктура нервного ствола, вычисляется площадь поперечного сечения нерва (ППС). По результатам поперечного УЗИ периферический нерв представляет собой овальное или округлое образование с четким гиперэхогенным контуром и внутренней гетерогенной упорядоченной структурой (по типу «медовых сот»), при продольном сканировании периферический нерв лоцируется в виде образования линейной структуры с четким гиперэхогенным контуром, в составе которой чередуются гипо- гиперэхогенные полосы (по типу «электрического кабеля») [4, 29, 39, 42].

Таким образом, описан УЗ-паттерн нерва с гипоэхогенными пучками нервных волокон на фоне гиперэхогенных оболочек (Рисунок 1). Толщина периферических нервов переменна и составляет от 1 мм для пальцевых нервов до 8 мм для седалищного нерва. В настоящее время достаточно подробно описана эхогенная структура периферических нервов конечностей в норме и при различной патологии: в острой фазе патологии периферических нервов отмечается гипоэхогенность вследствие эндоневрального отека нерва, и, наоборот, гиперэхогенность в хронической фазе вследствие эндоневрального фиброза [40].



Рисунок 1. Продольная и поперечная эхограмма седалищного нерва на уровне средней трети бедра, вариант нормы

В ходе УЗИ ПНС могут быть диагностированы сопутствующие повреждения сухожилий, мышц, магистральных сосудов [43, 44].

Введение УЗИ в алгоритм обследования позволяет установить характер повреждения ствола нерва: полный и/или неполный перерыв нерва, изменение аксонов, наличие рубцово-спаечного процесса (фиброза), гематомы, инородного тела, наличия невриномы, перерыв либо сдавление их костными отломками и вовлечение нерва в костную мозоль [42, 45].

Кроме того, УЗИ используется при оценке множественных и многоуровневых поражений ПНС, а также в случаях невозможности по каким-либо причинам проведения электрофизиологических методик исследования [2].

Ряд авторов приводят результаты работ, в которых чувствительность и специфичность ультразвукового исследования при травматических повреждениях периферических нервов составляют 96,7% и 99,5%, соответственно. По данным других авторов, результаты дооперационного ультразвукового исследования расходятся с интраоперационными находками в 6–15% случаев [4].

Причиной несовпадения результатов могут являться следующие факторы: недостаточная продольная разрешающая способность высокочастотные датчики (от 12 МГц) для качественного исследования глубоко расположенных нервов (например, седалищного), а также частичное рассеяние или поглощение ультразвуковых волн происходит ввиду посттравматических изменений мягких тканей (рубцово-спаечный процесс, отёк мягких тканей, окружающих нервный ствол. С другой стороны, вышеперечисленные недостатки практически полностью устраняются во время интраоперационного ультразвукового исследования. Интраоперационное УЗИ, по данным многих авторов, позволяет получить более точную картину внутривольной структуры нерва по сравнению с чрескожным исследованием, и тем самым помогает определиться с выбором и объёмом того или иного оперативного приёма.

При предоперационном планировании УЗИ позволяет выявлять и маркировать локализацию дистальных ветвей, проксимальной кульги нерва и минимизировать диссекцию тканей при доступе, также можно одновременно оценить нерв, который может быть использован для потенциального трансплантата. УЗИ позволяет контролировать процесс регенерации ПНС в послеоперационном периоде и выявлять ранние осложнения хирургического лечения [39].

Выполненное через 1 месяц после операции УЗИ позволило исключить наличие послеоперационные невромы размером до 2 мм² в месте шва нерва, оценить состояние окружающих мягких тканей и в выраженность посттравматического рубцово-спаечного процесса. Современные УЗ методы визуализации широко развиваются, в том числе ультразвукография с контрастным усилением позволяющим визуализировать интраневральный кровотоке, который считается патологическим состоянием, выявляемым при компрессионной нейропатии, хронической воспалительной демиелинизирующей полинейропатии, некоторых опухолях оболочки нервов [34].

Перспективным методом визуализации сосудов без контрастного усиления является SmI (superb microvascular imaging — превосходная микрососудистая визуализация) для оценки внутриневрального кровотока с высоким разрешением, значительно превосходящим цветную или энергетическую доплерографию.

Соноэластография (SWE — Shear wave elastography, эластография сдвиговой волной) — метод УЗИ для оценки упругих свойств мягких тканей при патологии мышечной/сухожильной тканей и печени, в то же время применении соноэластографии используется при компрессионных нейропатиях: увеличение жесткости выявлялось при синдроме карпального канала, при посттравматической нейропатии, обусловленной повышенным отложением коллагена во внеклеточном матриксе на фоне отека, повышения давления внутри нерва, ишемии и гипоксии при травме нерва.

Таким образом, современные методы УЗИ дают количественную и качественную информацию о поврежденном нерве и имеют тенденцию к ведущим позициям в диагностике повреждений ПНС.

МРТ может точно определять локализацию повреждения, обеспечивать визуализацию анатомических деталей на высоком уровне и коррелировать с данными, полученными при помощи электрофизиологического способа диагностики [46, 47].

Основными преимуществами МРТ являются: неинвазивность, отсутствие ионизирующего излучения, возможность построения изображений в различных плоскостях, и особенно высокая разрешающая способность в исследовании мягких тканей. При травме ПНС проводится МРТ как T2-взвешенные изображения (ВИ) с подавлением сигнала от жира: T2-STIR в 3.0 мм и тонкосрезовые изображения в режиме T2 SPACE STIR 1.7 мм в изотропном вокселе, которые показывают наиболее высокую контрастность пораженных нервов на фоне окружающих тканей (Рисунок 2).

Эти протоколы позволяют оценить внутреннюю архитектуру нервов, четко определить уровень, характер и степень повреждения исследуемых структур. Данные программы позволяют установить наличие полного разрыва либо частичного повреждения нерва. При тракционном повреждении, вследствие высокой контрастности этих изображений, можно оценить целостность интрадуральных волокон корешков спинномозговых нервов [48]. Повышение сигнала от нерва на этих программах является высокочувствительным и специфическим диагностическим признаком наличия нейропатии (Рисунок 3).

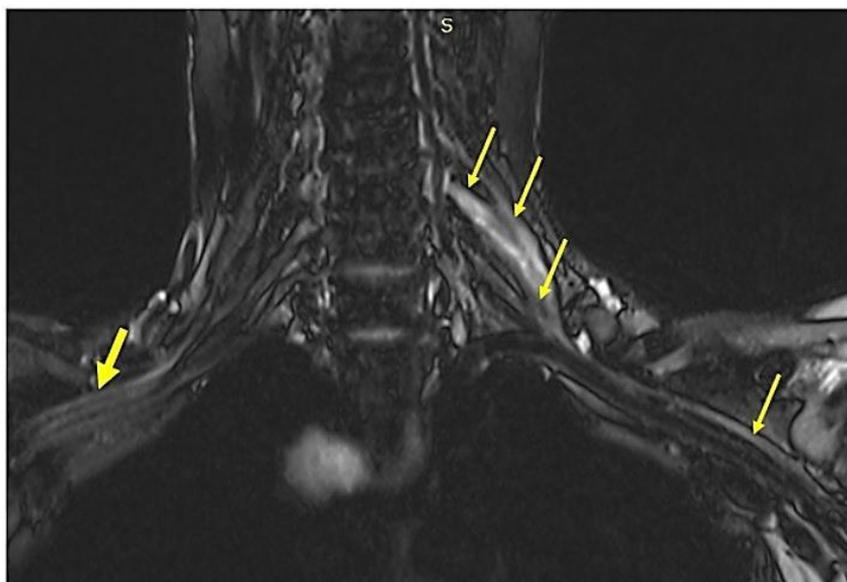


Рисунок 2. Посттравматическая плексопатия. Повреждение левого плечевого сплетения. МР изображение плечевых сплетений в корональной плоскости в режиме T2 stir space, толщина среза 1 мм. Отмечается утолщение и повышение сигнала от передних ветвей C5-C6, а также верхнего ствола и латерального пучка левого плечевого сплетения

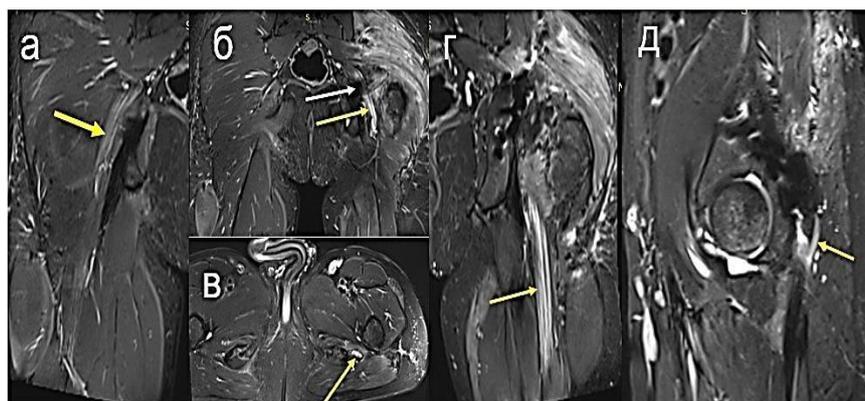


Рисунок 3. Посттравматическая нейропатия левого седалищного нерва (остеосинтез костей таза слева, репозиция вертлужной впадины титаном). а) МР изображение мягких тканей левой ягодичной области и бедра в режиме T2 stir space, толщина среза 1 мм., неизменный правый седалищный нерв. б, в) МР изображение мягких тканей ягодичной области и бедер в режиме T2 stir space, толщина среза 1 мм., высокий сигнал от левого седалищного нерва (желтая стрелка) от уровня артефакта от металла (белая стрелка) и ниже. г, д) МР изображение мягких тканей левой ягодичной области и бедра в режиме T2 stir space корональная и сагиттальная проекции соответственно. Повышенный МР сигнал от левого седалищного нерва ниже уровня оперативного вмешательства

Другим важным диагностическим критерием травматизации нерва является увеличение его диаметра, утолщение пораженного нерва обычно указывает на наличие более тяжелой степени его повреждения (Рисунки 4 и 5) [49].

Важно также оценивать сигнал от иннервируемых исследуемым нервом мышц, так как МР сигнал от денервируемых мышц на программах в режиме T2 STIR значительно повышен, эта информация также позволяет нам говорить о наличии полного или частичного повреждения нерва [48].

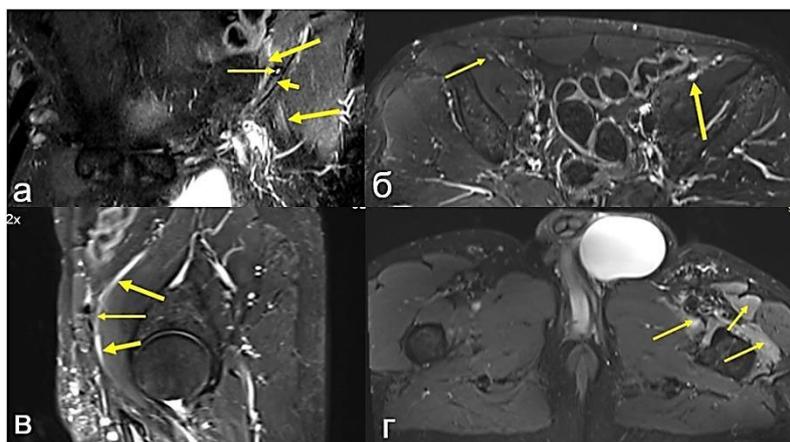


Рисунок 4. Частичное повреждение левого бедренного нерва на уровне паховой области. Последствия герниопластики паховой грыжи слева. а) МР изображение мягких тканей левой паховой области в корональной плоскости в режиме T2 Stir. Толстая стрелка — поврежденный бедренный нерв, который утолщен на фоне повышения сигнала. Толстая короткая стрелка — шов. Тонкая стрелка — клипса. б) МР изображение мягких тканей паховой области в аксиальной плоскости в режиме T2 Stir. Толстая стрелка – поврежденный бедренный нерв, который утолщен на фоне повышения сигнала. Тонкая стрелка – неизмененный правый бедренный нерв. в) МР изображение мягких тканей левой паховой области в сагиттальной плоскости в режиме T2 Stir. Толстая стрелка — неповрежденные участки бедренного нерва. Тонкая стрелка – область частичного повреждения нерва (истончение). г) МР изображение мягких тканей левой паховой области в аксиальной плоскости в режиме T2 Stir. Признаки денервации мышц бедра передней группы (имеют высокий МР сигнал)

T2-ВИ, особенно в STIR бывают весьма информативными в выявлении, различного рода кистозных изменений, например параартикулярных или паралабральных кист, приводящих к компрессии нерва.

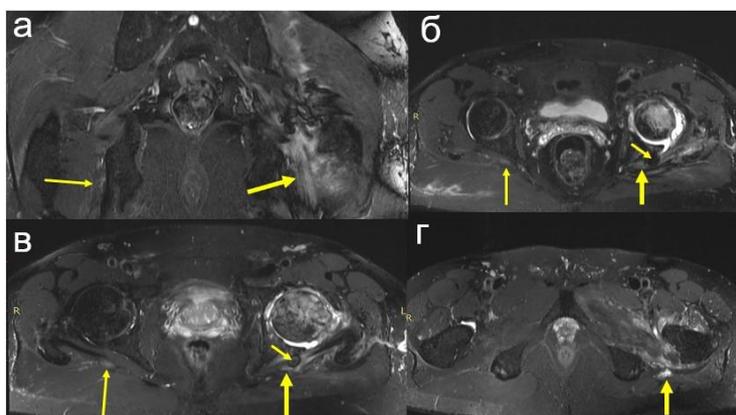


Рисунок 5. Посттравматическая нейропатия левого седалищного нерва (остеосинтез костей таза слева). а) МР изображение мягких тканей левой ягодичной области и бедра в режиме T2 stir space в корональной проекции, толщина среза 1 мм. Неизмененный правый седалищный нерв и поврежденный левый седалищный нерв. б, в, г) МР изображение мягких тканей ягодичной области и бедер в режиме T2 stir space, толщина среза 1 мм в аксиальной проекции. А и б на уровне артефакта от металла с обычным сигналом и г. – ниже артефакта от металла с признаками нейропатии

Из других протоколов при проведении нейрографии могут использоваться T1-ВИ, обычно это T1 VIBE Dixon 1.5 мм, которые могут применяться для визуализации посттравматических и послеоперационных рубцовых изменений, вовлекающих в процесс ПНС, а также выявления зон отложений продуктов распада крови и гематом, способных оказать компримирующее воздействие на ПНС (Рисунки 6 и 7).

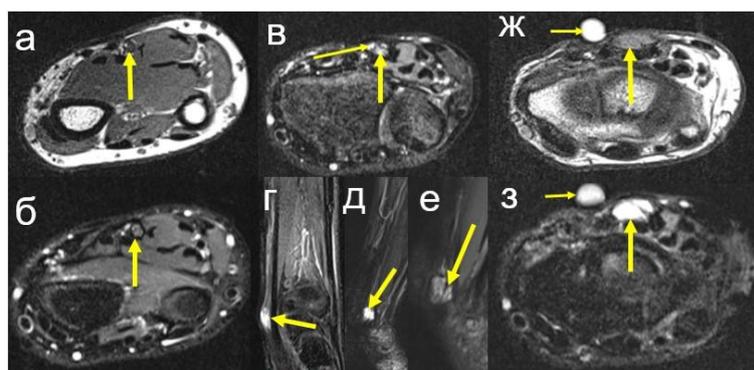


Рисунок 6. Послеоперационные рубцовые изменения мягких тканей в области передней поверхности лучезапястного сустава с вовлечением в процесс срединного нерва. Признаки посттравматической нейропатии срединного нерва. Последствия оперативного лечения – шва сухожилия длинного сгибателя I пальца и поверхностных сгибателей II, III пальцев правой кисти и шва срединного нерва на уровне нижней трети правого предплечья. а и б) Неизмененный срединный нерв в аксиальной плоскости в режиме T1 (а) и T2 stir (б) на уровне выше места повреждения. в) Срединный нерв в аксиальной плоскости в режиме T2 stir на уровне места повреждения. Высокий МР сигнал от поврежденного нерва (толстая стрелка) и отграниченного скопления жидкости (тонкая стрелка) в зоне рубцовых изменений. г, д, е) Срединный нерв в сагиттальной плоскости в режиме T2 stir (г), в корональной плоскости в режиме в режиме T2 stir (д), в корональной плоскости в режиме в режиме T1 (е). Высокий МР сигнал от поврежденного нерва и отграниченного скопления жидкости в зоне рубцовых изменений. ж, з) Срединный нерв с признаками повреждения в зоне рубцовых изменений с наличием отграниченного скопления жидкости в аксиальной проекции в режиме T2 (ж) и T2Stir (з)



Рисунок 7. МР признаки повреждения малоберцового нерва на уровне верхнего края латерального мышцелка бедра в зоне рубцовых изменений. а, б, в, г) Изображения большеберцового (толстая стрелка) и малоберцового (тонкая стрелка) нервов выше уровня повреждения в режиме T2 ВИ аксиальная проекция (а, в) и T1 корональная проекция (б, г). д) МР изображение большеберцового нерва (толстая стрелка) и пораженного малоберцового нерва (тонкая стрелка) на уровне его повреждения в режиме T2 ВИ аксиальная проекция. Поврежденный общий малоберцовый нерв утолщен и имеет повышенный сигнал. е) МР изображение пораженного малоберцового нерва в режиме T2 Stir в корональной проекции. Поврежденный общий малоберцовый нерв утолщен и имеет повышенный сигнал

Сигнал от гематом и зон кровоизлияний на T1-ВИ может иметь различные сигнальные характеристика в зависимости от сроков травмы, например в остром периоде изоинтенсивный, в подостром — гиперинтенсивный кольцевидный, в хроническом —

диффузно гиперинтенсивный.

При T2-ВИ возможно выявление посттравматических изменений — невром (Рисунок 8).

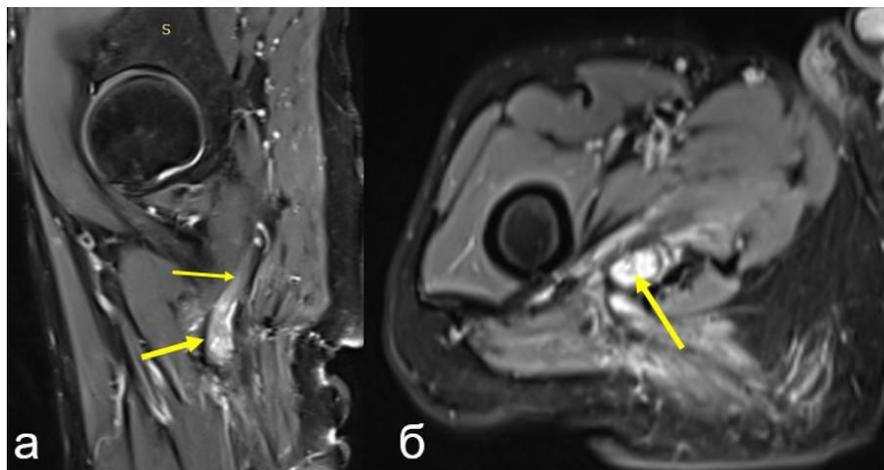


Рисунок 8. Неврома правого седалищного нерва после ножевого ранения. МР изображение мягких тканей правой ягодичной области и бедра в режиме T2 stir space, толщина среза 1 мм. Гиперинтенсивное образование в области проксимального конца поврежденного седалищного нерва. а) Сагиттальная проекция. б) Аксиальная проекция

Также важно использование T1-ВИ на фоне внутривенного контрастирования для выявления опухолей ПНС, таких как нейрофибромы, шванномы, а также метастатических поражений области плечевого или пояснично-крестцового сплетения (Рисунки 9, 10, 11).

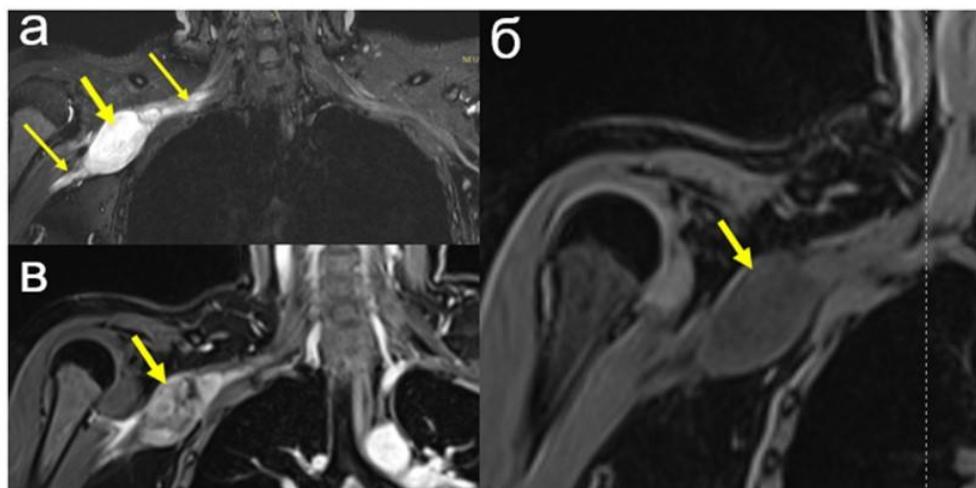


Рисунок 9. Невринома правого плечевого сплетения. а) МР изображение плечевых сплетений в коронарной плоскости в режиме T2 stir space, толщина среза 1 мм. В проекции вторичных пучков визуализируется объемное образование, имеющее высокий МР сигнал и несколько неоднородную структуру. Отмечается утолщение и повышение сигнала от первичных стволов и видимых отделов вторичных пучков правого плечевого сплетения. б) МР изображение правого плечевого сплетения в коронарной плоскости в режиме T1-ВИ. в) МР изображение правого плечевого сплетения в коронарной плоскости в режиме T1-ВИ с внутривенным контрастированием

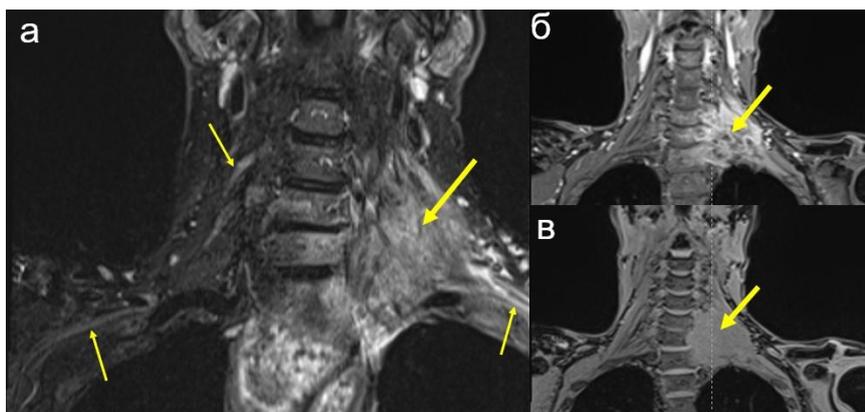


Рисунок 10. Метастаз рака молочной железы в области левого плечевого сплетения. а) МР изображение плечевых сплетений в корональной плоскости в режиме T2 stir space, толщина среза 1 мм. В проекции передних ветвей и первичных стволов визуализируется объемное образование, имеющее высокий МР сигнал и неоднородную структуру, без четких контуров. Отмечается утолщение и повышение сигнала от первичных стволов и вторичных пучков пораженного плечевого сплетения. Процесс распространяется и на тела позвонков. б, в) Постконтрастные и преконтрастные изображения в режиме T1-ВИ в корональной плоскости. Отмечается выраженное повышение сигнала от выявленной опухоли на постконтрастных изображениях (б)

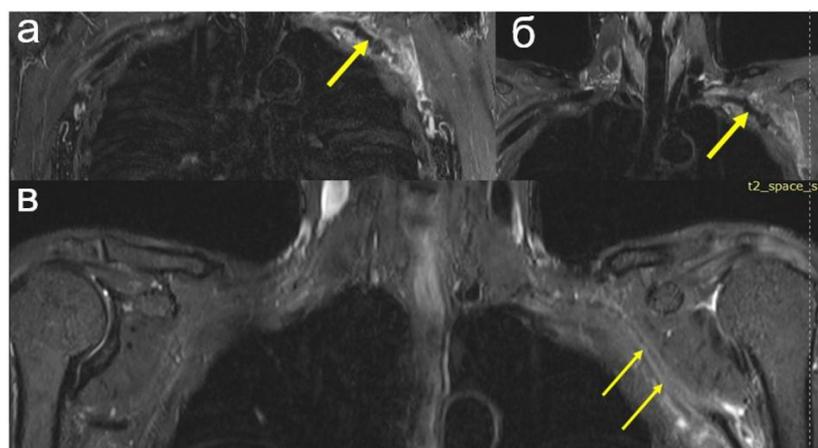


Рисунок 11. Тромбоз левой подключичной вены. а, б) МР изображение плечевых сплетений в корональной плоскости в режиме T2 stir space, толщина среза 1 мм. Отмечается деформация контуров левой надключичной вены и перифокальное повышение сигнала за счёт вазогенного отёка. в) МР изображение плечевых сплетений в корональной плоскости в режиме T2 stir space, толщина среза 1 мм. Визуализируется неизменное левое плечевое сплетение

При этом выполнение постконтрастных изображений обязательно проводится также и в режиме субтракции. ПНС, отображенные после травмы и регенерации на T2-ВИ, изображаются изоинтенсивно с окружающими мягкими тканями. На T2-ВИ поврежденный нерв из-за отека имеет гиперинтенсивный сигнал, но в течение регенеративного процесса гиперинтенсивность постепенно уменьшается и приближается к базисным значениям, соответствуя степени регенерации нерва [2].

В Таблице представлены основные преимущества и недостатки инструментальных методов диагностики травм ПНС [50, 51].

Так же перед реконструктивными операциями на ПНС, нужно выполнять УЗИ сосудов конечностей, для определения их проходимости. При получении противоречивым данных по УЗИ, необходимо проведение рентгенконтрастной ангиографии.

Эти данные нужны для определения необходимости реконструктивных операций на артериальном бассейне. Рентгенографию выполняют для верификации повреждений костей.

Таблица

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ
 ТРАВМАТИЧЕСКОГО ПОРАЖЕНИЯ ПНС

<i>MPT</i>	<i>УЗИ</i>	<i>ЭНМГ</i>
<i>Преимущества</i>		
<ul style="list-style-type: none"> -Объективная оценка, меньшая зависимость от оператора - Простая интерпретация результатов - Оценка косвенных признаков денервации мышц (отек или жировая атрофия) -Дополнительная информация об анатомии конечности, повреждении окружающих мягких тканей и костей -Оценка глубоко расположенных нервов -Возможность обработки изображений (объемная 3D визуализация) -Хорошее контрастное разрешение, более четкая дифференцировка окружающих тканей (мышцы, связки, сосуды, клетчатка и т. д.) 	<ul style="list-style-type: none"> -Быстрое исследование по всей длине нерва -Сравнение с контралатеральной стороной -Динамическая оценка (при необходимости оценки целостности сухожилий, мышц и др.) -Недорогой и широкодоступный метод -Возможность многократного повторения в динамике -Оценка кровотока при доплерографии в самом нерве и близлежащих сосудах -Контроль хирургических манипуляций рядом с нервом -Визуализация при наличии металлических баллистических, костных отломков -Интраоперационное применение 	<ul style="list-style-type: none"> -Позволяет определить уровень повреждения ПНС, оценить степень и тип поражения ПНС -Позволяет оценить степень денервации мышц - Возможность многократного повторения в динамике
<i>Недостатки</i>		
<ul style="list-style-type: none"> -Артефакты от металлических имплантатов - Ограничение при клаустрофобии и кардиостимуляторе - Дорогой, менее доступный и более длительный метод - Противопоказана в случае травмы с наличием металла в ране, например, при огнестрельных ранениях -Статическая оценка, артефакты от движения 	<ul style="list-style-type: none"> -Операторзависимый и аппаратозависимый метод и требует времени для обучения -Анизотропия при исследовании по длинной оси может привести к ошибкам интерпретации -Плохое контрастное разрешение -Меньшая чувствительность к изменениям межтканевой жидкости. -Меньшая глубина поля зрения. Затруднена оценка глубоко расположенных нервов на бедре и у пациентов с ожирением 	<ul style="list-style-type: none"> -Невозможность дифференциальной диагностики в остром периоде травмы ПНС между невропраксией и невротмезисом -Невозможность выявить неврому, определить наличие инородных тел или оценить состояние окружающих тканей -Операторзависимый метод, требует времени для обучения -Наличие невралных анастомозов и перекрестная иннервация снижают достоверность исследования

Вывод

Механизм характер травмы уровень повреждения конечности, а также данные клинко-инструментального исследования позволяют диагностировать степень повреждения нервного ствола, планировать наиболее рациональный метод хирургического вмешательства а также, прогнозировать его исход. УЗИ нервов является важным инструментом в диагностике и определении тактики лечения при повреждениях ПНС, с высокой чувствительностью и специфичностью. УЗИ обладает рядом преимуществ перед другими методами (ЭНМГ, МРТ). Интраоперационное УЗИ высокого разрешения, учитывая дальнейший технический прогресс, обладает большим клиническим потенциалом.

Все вышеперечисленные инструментальные методы обследования должны быть взаимодополняемыми, а не конкурентными.

Список литературы:

1. Золотов А. С., Пак О. И. К вопросу об истории хирургических операций при ранениях периферических нервов // Травматология и ортопедия России. 2013. Т. 3. №69: С. 162-166.
2. Литвиненко И. В., Одинак М. М., Живолупов С. А., Булатов А. Р., Рашидов Н. А., Бардаков С. Н. Клинико-инструментальные характеристики травматических поражений периферических нервов конечностей // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2018. Т. 3. №63. С. 50-56.
3. Гайворонский А. И., Журбин Е. А., Декан В. С., Железняк И. С., Алексеев Е. Д., Мартынов Б. В., Свистов Д. В. Интраоперационное ультразвуковое исследование в хирургии периферических нервов верхней конечности // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2015. Т. 2. №50. С. 56-59.
4. Журбин Е. А., Гайворонский А. И., Железняк И. С., Декан В. С., Чуриков Л. И., Алексеев Е. Д., Алексеев Д. Е., Свистов Д. В. Диагностическая точность ультразвукового исследования при повреждениях периферических нервов конечностей // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2017. Т. 3. №59. С. 63-68.
5. Мартель И. И., Мещерягина И. А., Митина Ю. Л., Россик О. С., Михайлова Е. А. МРТ-диагностика повреждений периферических нервов // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. 2011. Т. 4-1. №80. С. 119-123.
6. Дюсембеков Е. К., Халимов А. Р., Курмаев И. Т., Николаева А. В., Жайлаубаева А. С., Гаитова К. К., Досым Н. Ятрогенные повреждения периферических нервов в нейрохирургической клинике // Вестник Казахского национального медицинского университета. 2021. Т. 3. С. 131-135.
7. Журбин Е. А., Гайворонский А. И., Декан В. С., Железняк И. С., Чуриков Л. И., Исаев Д. М., Алексеев Е. Д., Свистов Д. В. Диагностическая эффективность ультразвукового исследования при повреждениях периферических нервов // Российский нейрохирургический журнал им. профессора А. Л. Поленова. 2019. Т. 11. №1. С. 23-29.
8. Говенько Ф. С. Хирургия повреждений периферических нервов. СПб., 2010. 384 с.
9. Золотов А.С., Зеленин В.Н., Сороковиков В.А. Хирургическое лечение повреждений сухожилий сгибателей пальцев кисти. Иркутск, 2006. 110 с.
10. Худяев А. Т., Мартель И. И., Самылов В. В., Мещерягина О. С., Россик О. С. Малоинвазивные методы лечения повреждений периферических нервов // Гений ортопедии. 2012. №1. С. 85-88.
11. Литвиненко И. В., Живолупов С. А., Булатов А. Р., Кузина Е. Э., Рашидов Н. А.,

Иванов В. С., Труфанов А. Г. Анализ диагностических и тактических ошибок при ведении пациентов с травматическими невропатиями конечностей // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2019. Т. 2. №66. С. 204-208.

12. Халимов А. Р., Дюсембеков Е. К., Юнусов Р. Ю., Курмаев И. Т., Николаева А. В., Жайлаубаева А. С., Гаитова К. К., Надыр А. Т., Оразбаков Б. Н., Оразбеков А. А., Алдияров Е.Т. Актуальные аспекты хирургического лечения повреждений периферических нервов // Нейрохирургия и неврология Казахстана. 2020. Т. 3. №60. С. 3-10.

13. Федяков А. Г., Древаль О. Н., Кузнецов А. В., Севастьянов В. И., Перова Н. В., Немец Е. А., Сатанова Ф. С. Экспериментальное обоснование применения гелевого имплантата «сферогель» и пленочного имплантата «эластопоб» при травме периферической нервной системы в эксперименте // Вестник трансплантологии и искусственных органов. 2009. Т. 11. №4. С. 75-80.

14. Усатова И. С., Старикова А. С., Шнякин П. Г., Чумаков В. П., Пестряков Ю. Я., Старикова О. С., Краснощекоев В. А., Спугис Е. И. Анализ структуры пациентов с травмой периферической нервной системы, пролеченных в КГБУЗ ККБ г. Красноярск в 2015-2017 гг. // Современные технологии лечения пациентов с травмой опорно-двигательного аппарата и центральной нервной системы: Сборник статей научно-практической конференции. 2019. С. 114-118.

15. Бехтерев А. В., Ткаченко С. А., Машталов В. Д. Тактика при повреждении периферических нервов верхней конечности // Главный врач Юга России. 2017. Т. 4. №57. С. 28-32.

16. Мещерягина И. А., Люлин С. В., Ерохин А. Н., Джунусбаев Ы. К., Белозеров А. В. Преимущество оказания помощи больному со скелетной травмой, осложненной нейропатией малоберцового нерва (клинический случай) // Медицинский вестник МВД. 2016. Т. 6. №85. С. 17-20.

17. Козлов А. В., Анищенко В. В., Афанасьев Л. М. Современная концепция лечения больных с повреждениями периферических нервов // Московский хирургический журнал. 2009. Т. 4. №8. С. 34-39.

18. Зорин В. И., Жила Н. Г. Нейрососудистые повреждения при травме верхних конечностей у детей // Дальневосточный медицинский журнал. 2013. №1. С. 61-64.

19. Ништ А. Ю., Фомин Н. Ф., Орлов В. П. Топографо-анатомические и нейрохирургические аспекты восстановления периферических нервов по типу "конец-в-бок" // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2021. Т. 1. №73. С. 121-128.

20. Маргасов А. В. Актуальные проблемы травмы периферических нервов // РМЖ. 2018. №12-1. С. 21-24.

21. Литвиненко И. В., Булатов А. Р. Роль препарата L-карнитина в комплексной терапии повреждений периферических нервов конечностей // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. 2020. №4. С. 12-26.

22. Зоркова А. В., Григорьева В. Н. Невролиз, субэпинеуральная стимуляция и искусственный эпинеурий в хирургическом лечении внутриствольных травм лучевого нерва // Практическая медицина. 2019. Т. 17. №7. С. 121-126.

23. Зоркова А. В., Григорьева В. Н. Применение невролиза, эндоневральной стимуляции и противоспаечной мембраны в хирургическом лечении внутриствольных травм лучевого нерва // Российский нейрохирургический журнал им. профессора А.Л. Поленова. 2019. Т. 11. №2. С. 42-47.

24. Боляев Ю. В., Жила Н. Г., Родионов А.Б. Повреждения нервов при случайных

ранениях кисти у детей // Дальневосточный медицинский журнал. 2002. №3. С. 140-141.

25. Сагдиев Р. Х., Дыдыкин С. С., Шапкин А. Г., Суфианов Р. А., Люлин С. В., Борзунов Д. Ю., Суфианов А. А. Эффективность невролиза плечевого сплетения под видеоэндоскопической ассистенцией при лечении брахиоплексопатий у взрослых // Гений ортопедии. 2023. №29 (1). С. 7-11. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2023-29-1-7-11>

26. Зоркова А. В., Григорьева В. Н., Гликин С. Е. Хирургическое лечение закрытых внутривольных травматических повреждений периферических нервов // Медицинский альманах. 2018. Т. 5. №56. С. 134-137.

27. Хамзаев Р. И., Берснев В. П., Борода Ю. И., Жарова Е. Н. Диагностика повреждений седалищного нерва и его ветвей // Бюллетень сибирской медицины. 2008. Т. 7. №5-2. С. 457-460.

28. Бояршинов М. А., Швец Г. Л., Баренцев Ю. А., Метелкин А. Н., Березуцкий С. Н., Кожура В. Е., Спиридонов С. И. Некоторые соображения по лечению повреждений двигательной ветви лучевого нерва // Дальневосточный медицинский журнал. 1999. №4. С. 59-60.

29. Журбин Е. А., Декан В. С., Дищенко А. С., Железняк И. С., Чуриков Л. И., Гайворонский А. И. Возможности интраоперационного ультразвукового исследования при травматических повреждениях периферических нервов конечностей // Лучевая диагностика и терапия. 2017. Т. 3. №8. С. 100-101.

30. Говенько Ф. С. Некоторые вехи и достижения в хирургии повреждений нервов // Неврологический вестник. 2008. Т. 40. №1. С. 88-92.

31. Ciaramitaro P., Mondelli M., Rota E., Battiston B., Sard A., Pontini I., Cocito D. Electrophysiological predictors of clinical outcome in traumatic neuropathies: a multicenter prospective study // Neurology Research International. 2016. V. 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/4619631>

32. Robinson L. R. Predicting recovery from peripheral nerve trauma // Physical Medicine and Rehabilitation Clinics. 2018. V. 29. №4. P. 721-733. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2018.06.007>

33. Шуст Ю. А., Жестовская С. И. Нейропатии у пациентов с соматическими и травматическими повреждениями в аспекте лучевой диагностики // Сибирский медицинский журнал. 2015. Т. 138. №7. С. 39-46.

34. Айтемиров Ш. М., Нинель В. Г., Коршунова Г. А., Щаницын И. Н. Высокора разрешающая ультрасонография в диагностике и хирургии периферических нервов конечностей (обзор литературы) // Травматология и ортопедия России. 2015. №3 (77). С. 116-125. EDN: UXGOGZ

35. Берснев В. П., Кокин Г. С., Орлов А. Ю., Шамелашвили И. И., Короткевич М. М. Лечение больных с застарелыми сочетанными повреждениями нервов и сухожилий // Дальневосточный медицинский журнал. 1999. №4. С. 112-113. EDN: SDONCJ

36. Федяков А. Г., Дубровина О. Н., Древаль О. Н., Горожанин А. В., Пластуненко Е. Н. Применение интраоперационного электрофизиологического мониторинга при декомпрессии локтевого нерва в области локтевого сустава // Вопросы нейрохирургии им. НН Бурденко. 2014. Т. 78. №6. С. 43-49. EDN: TLNXBR. <https://doi.org/10.17116/neiro201478643-49>

37. Лапицкая Е. В., Шивцов Д. В., Самойлова О. Б., Маркова Т. А. Ультразвуковое исследование периферических нервов при травматическом повреждении кисти. клинический пример // Вестник Челябинской областной клинической больницы. 2021. Т. 4. №52. С. 39.

38. Чуловская И. Г. Ультрасонография периферических нервов предплечья и кисти в норме и при патологии // Российский медицинский журнал. 2010. №3. С. 45-47. EDN:

MNGXCX

39. Айтемиров Ш. М., Островский В. В., Бажанов С. П., Щаницын И. Н., Бордюгова Т. А., Петрова А. П. Вклад УЗИ в оценку травматических поражений периферических нервов: прошлое, настоящее и будущее // Российский нейрохирургический журнал им. проф. А.Л. Поленова. 2022. Т. 14. №3. С. 130-139. EDN: NGVCMР.
https://doi.org/10.56618/20712693_2022_14_3_130

40. Buchberger W., Judmaier W., Birbamer G., Hasenöhr K., Schmidauer C. The role of sonography and MR tomography in the diagnosis and therapeutic control of the carpal tunnel syndrome // Rofo: Fortschritte auf dem Gebiete der Rontgenstrahlen und der Nuklearmedizin. 1993. V. 159. №2. P. 138-143. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1032737>

41. Нганкам Л., Румянцева Г. Н., Горнаева Л. С. Особенности оперативного лечения при посттравматической нейропатии периферической нервной системы // Детская хирургия. 2019. Т. 23. №1S3. С. 45-45. EDN: YVXBDN

42. Мажорова И. И., Трофимова Е. Ю., Хамидова Л. Т., Титов Р. С., Боголюбский Ю. А., Евграфов П. Г. Ультразвуковое исследование повреждений периферических нервов у больных с травмами конечностей в раннем посттравматическом или послеоперационном периодах // Лучевая диагностика и терапия. 2021. Т. 11. №4. С. 87-95. EDN: WBRRCK.
<https://doi.org/10.22328/2079-5343-2020-11-4-87-95>

43. Салтыкова В. Г., Голубев И. О., Меркулов М. В., Шток А. В. Роль ультразвукового исследования при планировании объема пластики периферических нервов // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2012. №4. С. 62-69. EDN: PGRTHZ

44. Яриков А. В., Туткин А. В., Леонов В. А., Фраерман А. П., Перльмуттер О. А., Тихомиров С. Е., Цыганков А. М. Травматическое повреждение плечевого сплетения // Байкальский медицинский журнал. 2019. Т. 159. №4. С. 14-18. EDN: ODSXDL.
<https://doi.org/10.34673/ismu.2019.43.31.003>

45. Свистов Д. В., Исаев Д. М., Гайворонский А. И., Чуриков Л. И., Беляков К. В. Оценка внутривенозного кровотока при операциях на периферических нервах // Российский нейрохирургический журнал им. профессора АЛ Поленова. 2021. Т. 13. №1. С. 51-57. EDN: ZJNACM

46. Судаков Д. В., Судаков О. В., Богачева Е. В., Якушева Н. В., Шевцов А. Н. Сравнительный анализ современных методов инструментальной диагностики в реконструктивной хирургии предплечья на этапе предоперационной подготовки // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2020. Т. 19. №3. С. 130-139. EDN: EJJAQT. <https://doi.org/10.36622/VSTU.2020.19.3.017>

47. Федяков А. Г., Древаль О. Н., Севастьянов В. И., Перова Н. В., Кузнецов А. В., Чапандзе Г. Н. Экспериментально-клиническое обоснование применения биодеградируемых имплантатов в хирургическом лечении поражений периферических нервов // Вопросы нейрохирургии им. НН Бурденко. 2010. №3. С. 15-20. EDN: MVRDSN

48. Мартель И. И., Мещерягина И. А., Митина Ю. Л., Россик О. С., Михайлова Е. А. МРТ-диагностика повреждений периферических нервов // Acta Biomedica Scientifica. 2011. №4-1. С. 119-123. EDN: ONXXAB

49. Bäumer P., Heiland S., Bendszus M., Pham M. MR neurography—Diagnostic criteria to determine lesions of peripheral nerves // Magnetom Flash, (Suppl. 2). 2012. P. 10-4.

50. Толкачев В. С., Бажанов С. П., Коршунова Г. А., Шульга А. Е. Особенности диагностики и хирургического лечения тракционных повреждений седалищного нерва // IX Всероссийский съезд нейрохирургов. 2021. С. 327-328. EDN: ISHYZH

51. Nikitin A. S., Kudryavtseva E. V., Kamchatnov P. R. Post-traumatic pain mononeuropathies // *Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii Imeni SS Korsakova*. 2023. V. 123. №4. P. 14-23. <https://doi.org/10.17116/jnevro202312304114>

References:

1. Zolotov, A. S., & Pak, O. I. (2013). On the question of the history of surgical operations for wounds of peripheral nerves. *Traumatology and orthopedics of Russia*, 3 (69), 162-166. (in Russian).

2. Litvinenko, I. V., Odinak, M. M., Zhivolupov, S. A., Bulatov, A. R., Rashidov, N. A., & Bardakov, S. N. (2018). Clinical and instrumental characteristics of traumatic lesions of peripheral nerves of extremities. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 3 (63), 50-56. (in Russian).

3. Gaivoronsky, A. I., Zhurbin, E. A., Dean, V. S., Zheleznyak, I. S., Alekseev, E. D., Martynov, B. V., & Svistov, D. V. (2015). Intraoperative ultrasound examination in surgery of peripheral nerves of the upper limb. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 2 (50), 56-59. (in Russian).

4. Zhurbin, E. A., Gaivoronsky, A. I., Zheleznyak, I. S., Dean, V. S., Churikov, L. I., Alekseev, E. D., Alekseev, D. E., & Svistov, D. V. (2017). Diagnostic accuracy of ultrasound examination in injuries of peripheral nerves of extremities. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 3 (59), 63-68. (in Russian).

5. Martel, I. I., Meshcheryagina, I. A., Mitina, Y. L., Rossi k, O. S., & Mikhailova, E. A. (2011). MRI diagnostics of peripheral nerve injuries. *Bulletin of the East Siberian Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences*, 4-1 (80), 119-123. (in Russian).

6. Dyusembekov, E. K., Khalimov, A. R., Kurmaev, I. T., Nikolaeva, A. V., Zhailaubaeva, A. S., Gaitova, K. K., & Dosym, N. (2021). Iatrogenic peripheral nerve injuries in a neurosurgical clinic. *Bulletin of the Kazakh National Medical University*, 3, 131-135. (in Russian).

7. Zhurbin, E. A., Gaivoronsky, A. I., Dean, V. S., Zheleznyak, I. S., Churikov, L. I., Isaev, D. M., Alekseev, E. D., Svistov, D. V. (2019). Diagnostic effectiveness of ultrasound examination in peripheral nerve injuries. *The Russian Neurosurgical Journal named after Professor A.L. Polenov*, 11 (1), 23-29. (in Russian).

8. Govenko, F. S. (2010). Surgery of peripheral nerve injuries. *Phoenix*, 384. (in Russian).

9. Zolotov, A. S., Zelenin, V. N., & Sorokovikov, V. A. (2006). Surgical treatment of injuries of the flexor tendons of the fingers of the hand. Irkutsk. (in Russian).

10. Khudyaev, A. T., Martel, I. I., Samylov, V. V., Meshcheryagina, O. S., & Russia, to O. S. (2012). Minimally invasive methods of treatment of peripheral nerve injuries. *The genius of orthopedics*, 1, 85-88. (in Russian).

11. Litvinenko, I. V., Zhivolupov, S. A., Bulatov, A. R., Kuzina, E. E., Rashidov, N. A., Ivanov, V. S., & Trufanov, A. G. (2019). Analysis of diagnostic and tactical errors in the management of patients with traumatic limb neuropathies. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 2 (66), 204-208. (in Russian).

12. Khalimov, A. R., Dyusembekov, E. K., Yunusov, R. Yu., Kurmaev, I. T., Nikolaeva, A. V., Zhailaubaeva, A. S., Gaitova, K. K., Nadyr, A. T., Orazbakov, B. N., Orazbekov, A. A., & Aldiyarov, E. T. (2020). Actual aspects of surgical treatment of peripheral nerve injuries. *Neurosurgery and neurology of Kazakhstan*, 3 (60), 3-10. (in Russian).

13. Fedyakov, A. G., Dreval, O. N., Kuznetsov, A. V., Sevastyanov, V. I., Perova, N. V., Nemets, E. A., & Satanova, F. S. (2009). Experimental substantiation of the use of gel implant

"spherogel" and film implant "elastopob" in peripheral nervous system injury in the experiment. *Bulletin of Transplantology and Artificial Organs*, 11 (4), 75-80. (in Russian).

14. Usatova, I. S., Starikova, A. S., Shnyakin, P. G., Chumakov, V. P., Pestryakov, Yu. Ya., Starikova, O. S., Krasnoshchekov, V. A., & Spugis, E. I. (2019). Analysis of the structure of patients with peripheral nervous system injury treated at the KGB KKB of Krasnoyarsk in 2015-2017. In *the collection: Modern technologies for the treatment of patients with injuries of the musculoskeletal system and central nervous system. Collection of articles of the scientific and practical conference*. 114-118. (in Russian).

15. Bekhterev, A. V., Tkachenko, S. A., & Mashtalov, V. D. (2017). Tactics for damage to peripheral nerves of the upper limb. *Chief physician of the South of Russia*. 4 (57), 28-32. (in Russian).

16. Mescheryagina, I. A., Lyulin, S. V., Erokhin, A. N., Dzhunusbaev, Y. K., & Belozerov, A. V. (2016). Continuity of care for a patient with skeletal trauma complicated by fibular nerve neuropathy (clinical case). *Medical Bulletin of the Ministry of Internal Affairs*, 6(85), 17-20. (in Russian).

17. Kozlov, A. V., Anishchenko, V. V., & Afanasyev, L. M. Modern concept of treatment of patients with peripheral nerve injuries. *Moscow Surgical Journal*. 2009; 4 (8): 34-39. (in Russian).

18. Zorin, V. I., & Zhila, N. G. (2013). Neurovascular injuries in trauma of the upper extremities in children. *Far Eastern Medical Journal*, 1, 61-64. (in Russian).

19. Nisht, A. Yu., Fomin, N. F., & Orlov, V. P. (2021). Topographic-anatomical and neurosurgical aspects of peripheral nerve restoration by the "end-to-side" type. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 1 (73), 121-128. (in Russian).

20. Margasov, A. V. (2018). Actual problems of peripheral nerve injury. *RMZH*, 12-1, 21-24. (in Russian).

21. Litvinenko, I. V., & Bulatov, A. R. (2020). The role of the drug L-carnitine in the complex therapy of peripheral nerve injuries of the extremities. *Bulletin of Neurology, Psychiatry and Neurosurgery*, 4, 12-26. (in Russian).

22. Zorkova, A. V., & Grigorieva, V. N. (2019). Neurolysis, subepineural stimulation and artificial epineurium in surgical treatment of intra-trunk injuries of the radial nerve. *Practical medicine*, 17 (7). 121-126. (in Russian).

23. Zorkova, A. V., & Grigorieva, V. N. (2019). The use of neurolysis, endoneural stimulation and anti-adhesive membrane in the surgical treatment of intra-trunk injuries of the radial nerve. *The Russian Neurosurgical Journal named after Professor A.L. Polenov*, 11 (2), 42-47 (in Russian).

24. Belyaev Yu. V., Zhila N. G., & Rodionov A. B. (2002). Nerve damage in accidental hand injuries in children. *Far Eastern Medical Journal*; 3, 140-141. (in Russian).

25. Sagdiev, R. H., Dydykin, S. S., Shapkin, A. G., Sufianov, R. A., & Lyulin, S. V., Borzunov, D. Yu., Sufianov, A. A. (2023). Effectiveness of brachial plexus neurolysis under video endoscopic assistance in the treatment of brachioplexopathies in adults. *The genius of orthopedics*, 29 (1), 7-11. (in Russian). <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2023-29-1-7-11>

26. Zorkova, A. V., Grigorieva, V. N., & Glikin, S. E. (2018). Surgical treatment of closed intra-trunk traumatic injuries of peripheral nerves. *Medical almanac*, 5 (56), 134-137 (in Russian).

27. Khamzaev R. I., Bersnev V. P., Beard Yu. I., & Zharova E. N. (2008). Diagnosis of sciatic nerve damage and its branches. *Bulletin of Siberian Medicine*, 7 (5-2), 457-460. (in Russian).

28. Boyarshinov, M. A., Shvets, G. L., Barentsev, Yu. A., Metelkin, A. N., Berezutsky, S. N., Kozhura, V. E., & Spiridonov, S. I. (1999). Some considerations for the treatment of injuries of the motor branch of the radial nerve. *Far Eastern Medical Journal*, 4, 59-60. (in Russian).

29. Zhurbin, E. A., Dean, V. S., Tishchenko, A. S., Zheleznyak, I. S., Churikov, L. I., Gaivoronsky, A. I. (2017). Possibilities of intraoperative ultrasound examination in traumatic injuries of peripheral nerves of extremities. *Radiation diagnostics and therapy*, 3 (8), 100-101. (in Russian).
30. Govenko, F. S. (2008). Some milestones and achievements in nerve injury surgery. *Neurological Bulletin*, 40 (1), 88-92. (in Russian).
31. Ciaramitaro, P., Mondelli, M., Rota, E., Battiston, B., Sard, A., Pontini, I., ... & Cocito, D. (2016). Electrophysiological predictors of clinical outcome in traumatic neuropathies: a multicenter prospective study. *Neurology Research International*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/4619631>
32. Robinson, L. R. (2018). Predicting recovery from peripheral nerve trauma. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics*, 29(4), 721-733. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2018.06.007>
33. Shust, Yu. A., & Gestivovskaya, S. I. (2015). Neuropathies in patients with somatic and traumatic injuries in the aspect of radiation diagnostics. *Siberian Medical Journal (Irkutsk)*, 138 (7), 39-46. (in Russian).
34. Aitemirov, Sh. M., Ninel', V. G., Korshunova, G. A., & Shchanitsyn, I. N. (2015). Vysokorazreshayushchaya ul'trasonografiya v diagnostike i khirurgii perifericheskikh nervov konechnosti (obzor literatury). *Travmatologiya i ortopediya Rossii*, (3 (77)), 116-125. (in Russian).
35. Bersnev, V. P., Kokin, G. S., Orlov, A. Yu., Shamelashvili, I. I., & Korotkevich, M. M. (1999). Lechenie bol'nykh s zastarelymi sochetannymi povrezhdeniyami nervov i sukhozhillii. *Dal'nevostochnyi meditsinskii zhurnal*, (4), 112-113. (in Russian).
36. Fedyakov, A. G., Dubrovina, O. N., Dreval', O. N., Gorozhanin, A. V., & Plastunenkov, E. N. (2014). Primenenie intraoperatsionnogo elektrofiziologicheskogo monitoringa pri dekompressii lokteвого nerva v oblasti lokteвого sustava. *Voprosy neirokhirurgii im. NN Burdenko*, 78(6), 43-49. (in Russian). <https://doi.org/10.17116/neiro201478643-49>
37. Lapitskaya, E. V., Shivtsov, D. V., Samoilova, O. B., & Markova, T. A. (2021). Ul'trazvukovoe issledovanie perifericheskikh nervov pri travmaticheskom povrezhdenii kisti. Klinicheskii primer. *Vestnik Chelyabinskoi oblastnoi klinicheskoi bol'nitsy*, 4(52), 39. (in Russian).
38. Chulovskaya, I. G. (2010). Ul'trasonografiya perifericheskikh nervov predplech'ya i kisti v norme i pri patologii. *Rossiiskii meditsinskii zhurnal*, (3), 45-47. (in Russian).
39. Aitemirov, Sh. M., Ostrovskii, V. V., Bazhanov, S. P., Shchanitsyn, I. N., Bordyugova, T. A., & Petrova, A. P. (2022). Vklad UZI v otsenku travmaticheskikh porazhenii perifericheskikh nervov: proshloe, nastoyashchee i budushchee. *Rossiiskii neirokhirurgicheskii zhurnal im. prof. A.L. Polenova*, 14(3), 130-139. (in Russian). https://doi.org/10.56618/20712693_2022_14_3_130
40. Buchberger, W., Judmaier, W., Birbamer, G., Hasenöhr, K., & Schmidauer, C. (1993). The role of sonography and MR tomography in the diagnosis and therapeutic control of the carpal tunnel syndrome. *Rofo: Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin*, 159(2), 138-143. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1032737>
41. Ngankam, L., Rummyantseva, G. N., & Gornaeva, L. S. (2019). Osobennosti operativnogo lecheniya pri posttravmaticheskoi neiropatii perifericheskoi nervnoi sistemy. *Detskaya khirurgiya*, 23(1S3), 45-45. (in Russian).
42. Mazhorova, I. I., Trofimova, E. Yu., Khamidova, L. T., Titov, R. S., Bogolyubskii, Yu. A., & Evgrafov, P. G. (2021). Ul'trazvukovoe issledovanie povrezhdenii perifericheskikh nervov u bol'nykh s travmami konechnosti v rannem posttravmaticheskom ili posleoperatsionnom periodakh. *Luchevaya diagnostika i terapiya*, 11(4), 87-95. (in Russian). <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2020-11-4-87-95>
43. Saltykova, V. G., Golubev, I. O., Merkulov, M. V., & Shtok, A. V. (2012). Rol'

ul'trazvukovogo issledovaniya pri planirovanii ob"ema plastiki perifericheskikh nervov. *Ul'trazvukovaya i funktsional'naya diagnostika*, (4), 62-69. (in Russian).

44. Yarikov, A. V., Tutkin, A. V., Leonov, V. A., Fraerman, A. P., Perl'mutter, O. A., Tikhomirov, S. E., ... & Tsygankov, A. M. (2019). Travmaticheskoe povrezhdenie plechevogo spleteniya. *Baikal'skii meditsinskii zhurnal*, 159(4), 14-18. (in Russian).
<https://doi.org/10.34673/ismu.2019.43.31.003>

45. Svistov, D. V., Isaev, D. M., Gaivoronskii, A. I., Churikov, L. I., & Belyakov, K. V. (2021). Otsenka vnutristvol'nogo krovotoka pri operatsiyakh na perifericheskikh nervakh. *Rossiiskii neirokhirurgicheskii zhurnal im. professora AL Polenova*, 13(1), 51-57. (in Russian).

46. Sudakov, D. V., Sudakov, O. V., Bogacheva, E. V., Yakusheva, N. V., & Shevtsov, A. N. (2020). Sravnitel'nyi analiz sovremennykh metodov instrumental'noi diagnostiki v rekonstruktivnoi khirurgii predplech'ya na etape predoperatsionnoi podgotovki. *Sistemnyi analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh*, 19(3), 130-139. (in Russian).
<https://doi.org/10.36622/VSTU.2020.19.3.017>

47. Fedyakov, A. G., Dreval', O. N., Sevast'yanov, V. I., Perova, N. V., Kuznetsov, A. V., & Chapandze, G. N. (2010). Eksperimental'no-klinicheskoe obosnovanie primeneniya biodegradiruemykh implantatov v khirurgicheskom lechenii porazhenii perifericheskikh nervov. *Voprosy neirokhirurgii im. NN Burdenko*, (3), 15-20. (in Russian).

48. Martel, I. I., Meshcheryagina, I. A., Mitina, Yu. L., Rossik, O. S., & Mikhailova, E. A. (2011). MRT-diagnostika povrezhdenii perifericheskikh nervov. *Acta Biomedica Scientifica*, (4-1), 119-123. (in Russian).

49. Bäumer, P., Heiland, S., Bendszus, M., & Pham, M. (2012). MR neurography–Diagnostic criteria to determine lesions of peripheral nerves. *Magnetom Flash, (Suppl. 2)*, 10-4

50. Tolkachev, V. S., Bazhanov, S. P., Korshunova, G. A., & Shul'ga, A. E. (2021). Osobennosti diagnostiki i khirurgicheskogo lecheniya traksionnykh povrezhdenii sedalishchnogo nerva. In *IX Vserossiiskii s'ezd neirokhirurgov* (pp. 327-328). (in Russian).

51. Nikitin, A. S., Kudryavtseva, E. V., & Kamchatnov, P. R. (2023). Post-traumatic pain mononeuropathies. *Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii Imeni SS Korsakova*, 123(4), 14-23.
<https://doi.org/10.17116/jnevro202312304114>

Работа поступила
в редакцию 28.12.2023 г.

Принята к публикации
07.01.2024 г.

Ссылка для цитирования:

Яриков А. В., Лобанов И. А., Казакова Л. В., Корнакова О. С., Фраерман А. П., Перльмуттер О. А., Цыбусов С. Н., Павлова Е. А., Комкова Е. Ф., Зайцева Н. Е. Современные инструментальные методы диагностики травматических поражений периферических нервов // Бюллетень науки и практики. 2024. Т. 10. №2. С. 273-296. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/99/28>

Cite as (APA):

Yarikov, A., Lobanov, I., Kazakova, L., Kornakova, O., Fraerman, A., Perlmutter, O., Tsybusov, S., Pavlova, E., Komkova, E., & Zaitseva, N. (2024). Modern Instrumental Methods of Diagnosis of Traumatic Lesions of Peripheral Nerves. *Bulletin of Science and Practice*, 10(2), 273-296. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/99/28>