

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "КРАСНОЯРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
ПРОФЕССОРА В.Ф.ВОЙНО-ЯСЕНЕЦКОГО" МИНИСТЕРСТВА
ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

Шуст Юлия Александровна

**РОЛЬ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ В
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ НЕЙРОПАТИИ ПРИ
РАЗЛИЧНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ И ОЦЕНКА АНАТОМИИ ПЛЕЧЕВОГО
СПЛЕТЕНИЯ В АСПЕКТЕ ПРОВЕДЕНИЯ РЕГИОНАРНОЙ АНЕСТЕЗИИ**

14.01.13 – Лучевая диагностика, лучевая терапия

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук, профессор
Жестовская Светлана Ивановна

Красноярск – 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	11
1.1 Ключевые аспекты этиологии повреждения периферических нервов.....	11
1.2 Методы диагностики повреждения периферических нервов.....	15
1.2.1 Электронейромиография	16
1.2.2 Термография	19
1.2.3 Рентгенография	21
1.2.4 Компьютерная томография	21
1.2.5 Магнитно-резонансная томография	23
1.2.6 Ультразвуковая диагностика	25
1.2.7 Эластография	28
1.3 Применение ультразвука при регионарной анестезии	31
ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	38
2.1 Характеристика клинического материала	38
2.2 Электронейромиографические методы исследования	45
2.3 Методы ультразвукового исследования периферических нервов	46
2.3.1 Возможность применения эластографии при исследовании мягких тканей	51
2.4 Используемые варианты периферических блокад с ультразвуковым ассистированием	52
2.5 Методы математической обработки полученных результатов	54
ГЛАВА 3 УЛЬТРАЗВУКОВАЯ АНАТОМИЯ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ НЕРВОВ И СПЛЕТЕНИЙ, ПРОВЕДЕНИЕ РЕГИОНАРНОЙ АНЕСТЕЗИИ ПОД КОНТРОЛЕМ УЛЬТРАЗВУКА	55
3.1 Ультразвуковая анатомия исследования периферических нервов верхних конечностей	55
3.2 Методика исследования периферических нервов	58
3.2.1 Методика исследования плечевого сплетения	63

3.3 Повреждения периферических нервов	71
3.4 Ультразвуковое исследование при нейропатиях различного генеза	73
3.4.1 Нейропатии при сахарном диабете	74
3.4.1.1 Сравнительная характеристика методов УЗИ и ЭНМГ	75
3.4.2 Нейропатии при наследственных заболеваниях	77
3.4.3 Нейропатии у пациентов с ХПН и миеломной болезнью	78
3.5 Комплексное ультразвуковое исследование мягких тканей у пациентов после мастэктомии	81
ГЛАВА 4 ЗАКЛЮЧЕНИЕ	85
ВЫВОДЫ	96
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	97
ПРИЛОЖЕНИЯ	98
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	100

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВЯВ —	Внутренняя яремная вена
КТ —	Компьютерная томография
МРТ —	Магнитно-резонансная томография
РА —	Регионарная анестезия
СД —	Сахарный диабет
СДС —	Синдром диабетической стопы
УЗД —	Ультразвуковая диагностика
УЗИ —	Ультразвуковое исследование
ХПН —	Хроническая почечная недостаточность
ЦДК —	Цветовое доплеровское картирование
ЭМГ —	Электромиография
ЭНМГ —	Электронейромиография

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования

Частота повреждений периферических нервов при травмах и соматических заболеваниях по данным различных авторов составляет от 25-65 % (Азолов В.В., и соавт., 2004 г.; Акимов Г.А., Одинак М.М., 2000 г.; Анищенко В.В., Козлов А.В., Сотниченко Р.В., 2007 г.).

По статистике при травмах чаще всего поражаются нервы верхних конечностей — 41,9 %, наиболее часто — в 58,4% случаев — сочетанные повреждения нервов наблюдаются в нижней трети предплечья (Салтыкова В.Г., 2003 г.; Ирисханов И.Р., 2007 г.; Леонов С.А., 2009 г.). Повреждения периферических нервов, как правило, требуют хирургического вмешательства, что сопряжено с необходимостью в 80% случаев использования регионарной анестезии. Пункции и катетеризации магистральных сосудов, регионарные блокады являются «слепыми» методами, успех выполнения которых зависит от знаний анатомии, мануальных навыков и опыта анестезиолога (Заболотский Д.В., 2011 г.; Kapral S., 2002 г.). В то же время вопросы топографической вариабельности расположения и количества стволов плечевого сплетения относительно мало изучены (Джумагишиев Д.К., 2006 г.). По данным литературы, непреднамеренная пункция сосудов при «слепом» проведении регионарной анестезии происходит в 21,4% случаев (Надирадзе З.З., 2014 г.).

С учетом имеющейся индивидуальной вариабельности количества и расположения нервных стволов плечевого сплетения, существенное преимущество технологии ультразвука заключается в возможности дать достаточно подробную анатомическую экспертизу области интереса в реальном времени (Еськин Н.А., 2005 г.; Носов О.Б., 2004 г.; Venson С.В., 1991 г.; Трухин К.С., 2011 г.). В связи с этим проблема выбора наиболее безопасного доступа для проведения регионарной анестезии остается весьма актуальной. Возможность ультразвуковой визуализации магистральных сосудов, плечевого сплетения и динамический контроль за ходом проведения анестезии повышает безопасность инвазивного

вмешательства, а количество осложнений, по данным литературы, снижается до 2,5% (McCartney C.-J.-L., 2004 г.).

У пациентов с нейропатиями золотым стандартом в исследовании периферических нервов считается электронейромиография (ЭНМГ) (Астапов В.М., 2004 г.; Берсенев В.П., 2009 г.). Однако этот метод не позволяет получить изображение нервного ствола и выявить сегмент повреждения. При обострении воспалительно-некротического процесса мягких тканей провести ЭНМГ не представляется возможным. В этом случае ультразвуковой метод является основным и достаточно информативным для динамического наблюдения за состоянием нервного ствола (Гимранов Р.Ф., 2003 г.; Еськин Н.А., 2005 г.; Зозуля Ю.А., 1997 г.).

Поражение периферической нервной системы у больных соматическими заболеваниями встречается в 20-40% случаев. Клиническая картина нейропатий однотипна при различных видах изменений, представляя собой туннельный синдром или структурные изменения нервного волокна (Еськин А.Н., 2008 г., Салтыкова В.Г., 2011 г.). По данным литературы, наиболее частыми причинами туннельных синдромов являются изменения в мягких тканях, у пациентов после масэктомии и проведенной химиолучевой терапии в 40-80% случаев возникает такое осложнение, как лимфостаз. Ранняя диагностика лимфостаза может предотвратить появление туннельного синдрома.

Нейропатии у пациентов с сахарным диабетом достаточно освещены в отечественной и зарубежной литературе, интерес представляет синдром диабетической стопы, зачастую проявляющийся воспалительно-некротическим процессом в мягких тканях, и провести ЭНМГ не представляется возможным. Ультразвуковое исследование занимает одно из ведущих мест среди методов диагностики в оценке мягких тканях, в то же время работ, посвященных комплексной оценке состояния периферических нервов и мягких тканей, не достаточно для получения более полной картины при нейропатиях различного генеза.

Расширяя использование УЗИ в изучении нейропатии и особенностей эхографической картины периферических нервов у пациентов с различной соматической патологией, таких как больные с хронической почечной недостаточностью, миеломной болезнью, с заболеванием Шарко-Мари-Тута, а также после химиолучевой терапии, у пациенток, перенесших мастэктомию, представляется весьма актуальным (Вуйчик Н.Б., 2014 г.; Салтыкова В.Г., 2009 г.; Ziluk A., 2012 г.).

Цель исследования

Усовершенствовать возможности ультразвукового исследования в дифференциальной диагностике состояния периферических нервов при патологии различного генеза и оценить варианты расположения и количество нервных стволов плечевого сплетения в зонах проведения регионарной анестезии.

Задачи исследования

1 Проанализировать частоту и особенности повреждений периферических нервов при травмах верхних конечностей методом ультразвуковой диагностики.

2 Изучить ультразвуковую анатомию плечевого сплетения в точках проведения регионарной анестезии при различных доступах: межлестничном, надключичном, подключичном, подмышечном.

3 Провести сравнение метода комплексного ультразвукового исследования с методом электронейромиографии и оценить возможности ультразвука, дополненного эластографией, в диагностике периферических нейропатий.

4 Показать значение комплексного ультразвукового исследования при диагностике нейропатии различного генеза с оценкой мягких тканей.

Научная новизна исследования

Уточнена и дополнена ультразвуковая семиотика повреждений периферических нервов у пациентов с травмами верхних конечностей, выявлены наиболее часто встречающиеся при этих заболеваниях виды невринома.

В работе впервые на основе изучения анатомии плечевого сплетения при помощи методов УЗИ и МРТ, выявлена возможная вариабельность количества и

расположения нервных стволов относительно сосудов в нескольких точках плечевого сплетения. Доказана необходимость использования ультразвуковой навигации при проведении регионарной анестезии.

Расширено представление о вариантах ультразвуковых изменений периферических нервов у пациентов с сахарным диабетом, осложненным синдромом диабетической стопы. Показано значение необходимости проведения комплексного исследования периферических нервов, структуры мышечной ткани при заболевании Шарко-Мари-Тута. Оценена роль эластографии мягких тканей у пациентов с нейропатиями после химиолучевой терапии.

Определена значимость ультразвукового динамического наблюдения при нейропатиях различного генеза без необходимости повторной электронейромиографии.

Практическая значимость работы

По результатам полученных данных разработаны методические рекомендации и внедрены в практику протоколы для ультразвукового исследования периферических нервов при проведении регионарной анестезии под контролем ультразвуковой навигации, что позволяет стандартизировать проводимые исследования.

У пациентов с ХПН на гемодиализе, миеломной болезнью и после химиолучевой терапии нейропатии представлены туннельными синдромами, что позволяет расширить показания и рекомендовать проведение ультразвукового исследования периферических нервов.

У пациентов с нейропатиями при соматических заболеваниях рекомендовано дополнять УЗИ периферических нервов оценкой мягких тканей.

Положения, выносимые на защиту

Ультразвуковое исследование с оценкой мягких тканей является необходимым методом в уточнении причины повреждения периферических нервов при травмах верхних конечностей.

Возможности ультразвуковой навигации при проведении регионарной анестезии позволяют полностью отказаться от традиционных, менее безопасных ее способов.

Ультразвуковое исследование периферических нервов и мягких тканей должно быть обязательным этапом в диагностике нейропатии различного генеза, которое позволит дифференцировать туннельные синдромы, структурные изменения нервного волокна.

Апробация работы

Основные положения и результаты научных исследований были доложены на заседаниях: III Съезда врачей лучевой диагностики Сибирского федерального округа (Красноярск, 2014 г.), Конгресса российской ассоциации радиологов (Москва, 5-7 ноября, 2015 г.); Всероссийской конференции «Функциональная диагностика-2014» в рамках VI Всероссийского национального конгресса лучевых диагностов и терапевтов «Радиология-2014» 28-30 мая (Москва, 2014 г.).

Внедрение работы в практику

Рекомендации, основанные на результатах исследования, внедрены в работу отделения ультразвуковой диагностики, микрохирургии, анестезиологии и реанимации в КГУЗ ККБ города Красноярска. Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе на кафедре лучевой диагностики ИПО ГБОУ ВПО Красноярского государственного медицинского университета имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Личный вклад автора

Автором выполнено планирование исследования, разработана его методика и дизайн, собран и обработан материал исследования. Вклад автора в сбор материала составил 100%, в его обработку — 95%. Полученные результаты полностью проанализированы и обобщены автором.

Публикации

По теме исследования опубликованы 6 работ, в том числе 2 из них в рецензируемых журналах ВАК Минобрнауки России, рекомендованных для публикаций основных результатов диссертационных работ на соискание ученой степени кандидата наук.

Объем и структура диссертации

Работа изложена 136 на страницах компьютерного набора и состоит из введения, обзора литературы, двух глав собственных исследований, выводов, практических рекомендаций и списка литературы. Список литературы включает 355 источников, в том числе 219 иностранных. Работа содержит четыре таблицы, 31 рисунок и два приложения.

ГЛАВА 1

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Ключевые аспекты этиологии повреждения периферических нервов

Нейропатии — группа заболеваний периферических нервов конечностей, проявляющихся нарушением функций или патологическими структурными изменениями в нерве; наиболее часто встречаемая форма из них — травматическая [38]. Количество травматических нейропатий варьирует в пределах 1,5- 6% от числа всех травм конечностей [15, 16, 39]. Повреждения нервов являются одними из частых и тяжелых видов травм, которые обуславливают полную или частичную нетрудоспособность, вынуждают больных менять профессию и нередко становятся причиной инвалидности [38, 133, 134]. Такие травмы особо неблагоприятны в прогностическом отношении и нередко заканчиваются стойкой инвалидностью пострадавшего. Количество пациентов с травмами нервов в последние годы неуклонно увеличивается [27, 60, 62, 93]. Основная причина повреждения нервов — транспортный, бытовой и производственный травматизм [58, 61], а также огнестрельные ранения [17, 92]. В большинстве случаев встречаются сочетанные травмы нервов и сухожилий, а в 24,4% случаев повреждаются все анатомические структуры — нервы, кости, магистральные сосуды и сухожилия [27, 57, 62, 63, 130, 167], что в значительной мере ухудшает прогноз лечения и заметно снижает качество жизни пациентов.

Повреждения периферических нервов могут быть закрытыми и открытыми. Закрытые повреждения возникают вследствие удара тупым предметом, сдавления мягких тканей, повреждения отломками костей, опухолью и т.д. [44, 90, 165, 168]. Полный перерыв нерва в таких случаях наблюдается редко, поэтому исход обычно благоприятный. Повреждение ткани нерва при травмах возникает при растяжении связок, в следствие прямого ушиба нерва и не зависит от наличия дегенеративных изменений [17, 18]. Специфика движений, связанных с повышенным напряжением или сдавлением нерва, обусловленные профессиональной деятельностью, тоже могут вести к микротравмам [110]. Решающее значение в

диагностике повреждений периферических нервных стволов имеет проводимость поврежденного нерва и динамика нарушений проводимости [84, 120, 162].

Особые трудности в диагностике повреждения периферических нервов вызывают закрытые травмы нервов, возникающие при вывихах, переломах костей, ушибах, сдавлениях, приводящих к частичной или полной потере их функции [5, 69, 131]. Перед врачом возникает вопрос определения места повреждения нерва, степени поражения нервного волокна, характера патологии периферического нерва, возникшей в результате травмы или заболевания. Сложность при травмах и заболеваниях периферических нервных стволов заключается в точной диагностике места локализации и вида патологического процесса [10, 43, 54]. Трудность диагностики обусловлена тем, что функция нерва нарушается одинаково как при анатомическом повреждении ткани нервного волокна, так и без него, при полном функциональном блоке в связи с ушибом, сдавлением, гематомой, частичным (касательным) ранением, опухолью [15, 43, 125]. Проблема повреждения периферических нервов до настоящего времени остается актуальной и трудно решаемой задачей, что связано со сложностью организации нервно-мышечного аппарата и его составных компонентов. Травматическое повреждение периферических нервов в зависимости от его тяжести приводит к патологическим и денервационным изменениям как в аксонах, так и в мышечных волокнах, однако характер этих изменений во многом зависит от уровня повреждения и степени нарушения целостности анатомической структуры травмированного нерва [57, 64, 121].

Повреждение плечевого, реже шейного, сплетения чаще всего является следствием прямой травмы шейного отдела позвоночника и плеча, которой особенно подвержены люди, занимающиеся экстремальными и контактными видами спорта (скейтбординг, сноубординг, горнолыжный спорт, хоккей, различные виды борьбы), а также мотоциклисты, получившие травму во время дорожно-транспортного происшествия [17, 79, 83, 114].

В настоящее время актуальность оценки периферических нервов при ультразвуковом исследовании особенно важна при различных соматических патологиях, а также после проведения химиолучевой терапии.

Учитывая данные отечественной и зарубежной литературы, следует отметить, что ультразвук является наиболее безопасным и доступным методом диагностики повреждений периферических нервов и сплетений при травмах, а также изменении структуры нервных волокон при системных заболеваниях: миеломной болезни, у больных сахарным диабетом, у больных ХПН преимущественно проявляются в виде туннельных синдромов, и УЗИ при этих патологиях наиболее информативен. Заметим, что в отечественной литературе крайне мало публикаций о возможностях ультразвука в диагностике патологических изменений и особенностей периферических нервов и нервных сплетений у пациентов с гематологическими, обменными заболеваниями. Поэтому полученные данные об особенностях периферических нервов и их повреждениях, и не только травматического характера, представляются актуальными, чтобы в итоге выявить специфику повреждения нервных волокон для каждого заболевания.

Поражения периферической нервной системы встречаются у пациентов с соматической патологией в 50% случаев. Неврологические расстройства, сопутствующие основным заболеваниям: сахарному диабету, ХПН, миеломной болезни, существенно утяжеляют течение болезни [54, 118].

Большая часть неврологических расстройств представлена туннельными синдромами [104].

Сочетанная соматическая и неврологическая патология диктует необходимость изучения новых алгоритмов обследования.

По статистике чаще всего поражаются нервы верхних конечностей — 41,9% от всех повреждений периферических нервов [60], тогда как частота повреждения; например, седалищного нерва, по данным различных авторов, составляет от 0,84 до 28,9% от общей травматизации периферических нервов [5, 61, 81].

Наиболее часто (в 58,4% случаев) сочетанные повреждения сухожилий и нервов наблюдаются в нижней трети предплечья [29, 32, 93, 112]. Травмы данной локализации приводят к более выраженным, чем при изолированных повреждениях, нарушениям функции верхней конечности [31, 44], поэтому их относят к группе тяжелых повреждений.

Среди последствий травм нервов верхней конечности на долю одновременного повреждения срединного и локтевого нервов приходится 23,6 %, которые сочетаются с повреждением ствола или поверхностной ветви лучевого нерва в 13,3% случаев [44, 61]. Протяженные дефекты нервных стволов возникают у 12,5% больных, а нарушение магистрального кровотока — у 26,7% пациентов [39, 62, 95].

Повреждения лучевого нерва составляют около 13% от общего числа травм периферических нервов [53, 57, 63]. По данным одних исследователей, нейропатия, или повреждение лучевого нерва, является частым осложнением, возникающим при переломах плечевой кости [83, 99; 152], которое отмечается в 10-15% наблюдений [149]. По данным других авторов, среди всех переломов длинных трубчатых костей повреждение диафиза плечевой кости встречается в 4-18% [25, 112], а среди всех повреждений плечевой кости — в 22,2-60,1% случаев [57, 61]. Повреждение нерва при диафизарных переломах плеча может произойти как в момент самой травмы, так и на этапах лечения: при закрытой репозиции и внешней фиксации или при выполнении остеосинтеза [57, 61, 62].

Клинически полный перерыв проявляется в наступлении вялого паралича мышц, иннервируемых поврежденным нервом, потерей чувствительности и угасанием рефлексов [77, 75, 81]. Постепенно развивается атрофия мышц, могут наблюдаться и умеренные трофические расстройства в виде похолодания и цианоза кожных покровов, их сухости [57, 62, 92]. Частичная утрата проводимости нервов обычно обусловлена перерывом лишь части волокон, внутриволоковым кровоизлиянием, отеком, что клинически проявляется парезом соответствующих мышц и гипостезией в зоне иннервации поврежденного нерва [93]. При этом, как правило, снижаются или полностью выпадают более дифференцированные виды

чувствительности — чувство прикосновения, локализации, тепловой дифференцировки [92]. Болевая и температурная чувствительности сохраняются.

Для неполного повреждения нерва с нарушением проводимости нервного ствола характерно появление боли и парестезии после травмы, а в более поздний срок — и трофических расстройств [77, 133, 170]. Повреждения нервных стволов часто сочетаются с повреждениями других тканей конечности — сосудов, мышц, костей, сухожилий. В связи с этим в клинической картине могут превалировать те или другие симптомы этих повреждений.

Сложность диагностики при травмах нервных сплетений и периферических нервных стволов заключается в особенностях их анатомического расположения и однотипности клинических симптомов различных видов повреждений [6, 7, 17, 86, 92].

1.2 Существующие методы диагностики повреждения периферических нервов

Современный инструментальный диагностический комплекс обследования больных с повреждением периферических нервов включает различные электрофизиологические, биофизические, ультразвуковые и рентгенорадиологические методы исследования, которые, несмотря на значительные колебания в достоверности их информативности, в совокупности обеспечивают получение достаточно четкого представления о характере, локализации, распространенности патологического процесса и связанных с его развитием структурно-функциональных изменениях [13, 25, 26]. Формирование плана инструментального обследования (оптимальный набор диагностических методов и последовательность их применения) в каждом конкретном случае определяется получаемыми врачом ориентировочными клинико-неврологическими данными относительно вероятного вида патологии, общего состояния больного, а также наличием соответствующего диагностического оборудования в лечебном учреждении [63, 87, 109].

Вопросы неинвазивной инструментальной диагностики травматических повреждений периферических нервов неоднократно освещались в отечественной и зарубежной литературе [15, 25, 27, 92, 105, 118, 150]. В основной массе публикаций рассматривались вопросы таких функциональных методов диагностики состояния нервов, как ЭНМГ и термография [80, 104, 110, 118, 125, 151].

1.2.1 Электронейромиография

С 70-60-х годов прошлого столетия при оценке целостности периферических нервов в клиническую практику стал внедряться метод электродиагностики [5, 6, 10, 43, 70] и электронейромиографии (ЭНМГ) [7, 85, 110, 112], который заключается в регистрации и анализе параметров вызванных биопотенциалов мышцы и нерва. Метод ЭНМГ основан на применении электрической стимуляции нерва с последующим анализом параметров, регистрируемых с иннервируемой мышцы или с самого нерва. Метод может быть использован для исследования любого доступного периферического нерва. Однако в практике чаще исследуют срединный, локтевой, большеберцовый, малоберцовый, седалищный, лицевой, межреберные нервы. Топография других нервов затрудняет стимуляцию их в двух точках.

Отечественные ученые провели большую работу по внедрению в клиническую практику метода ЭНМГ. Так, А.А. Чехонацкий в 1992 году разработал технику определения уровня поражения седалищного нерва, основанную на селективном электронейромиографическом тестировании иннервации различных мышц задней группы бедра ветвями седалищного нерва, затем были разработаны методики исследования не только магистральных нервов, но и нервных сплетений [25, 63, 70, 112, 133].

Наиболее распространенными и часто применяющимися методами диагностики состояния шейного и плечевого сплетения и их стволов для определения уровня, характера и степени повреждения, до недавнего времени являлись стимуляционная электромиография (ЭМГ) с расчетом скоростей проведения сенсорного и моторного импульса на различных участках нервного

ствола и расчетом параметров Р-волны; игольчатая электромиография с тестированием ключевых мышц; магнитная стимуляция спинного мозга и образований периферической нервной системы; соматосенсорные вызванные потенциалы [5, 6, 10, 93, 124].

Точность ЭНМГ-диагностики повреждения нервных стволов зависит в первую очередь от степени их повреждения [121]. В случаях тяжелого повреждения ЭНМГ-исследование затруднено из-за резкого снижения амплитуды или полного отсутствия мышечных ответов [112, 124, 126]. При этом при стимуляции дистальных отделов поврежденных нервов М-ответ и потенциалы действия нервов либо вообще не определяются, либо отсутствует только М-ответ при резком снижении амплитуды неврального потенциала, что не позволяет установить величину скорости проведения возбуждения. Эти результаты ЭНМГ чаще всего свидетельствуют о гибели большей части нервных волокон в стволе и денервационной атрофии мышечных волокон [18, 43]. В то же время в некоторых случаях тяжелая атрофия мышц с полным биоэлектрическим молчанием может иметь место и при неполной гибели нервного ствола, т. е. при сохранности части нервных волокон, участвующих в реализации потенциала действия нервного сплетения [43, 54, 73, 126]. Однако ЭНМГ не позволяет получить изображение нервного ствола и, несмотря на выявление сегмента повреждения, не может дать точную локализацию, а также оценить протяженность повреждения нерва [126]. Так, например, ошибки ЭНМГ-диагностики повреждений плечевого сплетения, по данным М.А. Якушина и соавторов, составляют 12% [94].

Но анализ литературных данных показал, что большинство авторов для определения степени повреждения нерва и выбора лечения больных все-таки использовали стандартные методы диагностики (ЭМГ, ЭНМГ) [6, 8, 15, 22, 43, 57, 112, 138]. Однако при ЭНМГ-исследованиях, например, лучевого нерва при его повреждении, часто возникают ошибки, связанные с регистрацией М-ответов мышц-сгибателей — ложных ответов [25, 44, 57]. В таком случае показатели М-ответов, полученные при стимуляции с тыльной поверхности предплечья, отличаются от показателей М-ответов, полученных при стимуляции со

спирального канала или с точки Эрба. По данным литературных источников, в среднем в 46,43% случаев форма М-ответа с тыльной поверхности предплечья при стимуляции недостоверная [57]. Ответ инвертирован (первая фаза позитивная), не повторяется при стимуляции со спирального канала, при этом одновременно фиксируется М-ответ с мышц-сгибателей, а визуально вместо разгибания пальцев кисти определяется сгибание. Это доказывает ложность данного ответа, полученного как результат суммации потенциалов мышц-сгибателей [57, 102, 112].

При частичном повреждении нерва электровозбудимость мышц вначале может отсутствовать, но затем в той или иной степени восстанавливается [8, 57, 112, 138]. Выявляются также биопотенциалы действия мышц за счет функции сохранившихся аксонов нервного ствола. Однако, как сообщалось в докладе исследовательской группы ВОЗ [80], при полном перерыве нерва в проксимальном отделе М-ответ сниженной амплитуды при дистальной стимуляции может сохраняться в течение 5-7 дней. Поэтому более точная диагностика степени повреждения нерва возможна при его ЭНМГ-исследовании не ранее чем через один месяц после травмы, а это является одной из причин ограничения применения метода в ранние сроки после травмы [112].

Вопрос локализации повреждения особенно остро встает при закрытых травмах [26, 121]. Для определения локализации повреждения нерва использование одной стимуляционной ЭМГ недостаточно, так как при нарушении проведения по нерву резко падает амплитуда М-ответа (до полного его отсутствия), что приводит к невозможности определить скорость распространения волны по двигательным нервам стандартным методом [8, 15, 83]. В этом случае применяется метод исследования мышц с помощью игольчатой электромиографии [42, 57, 107]. Нередко приходится исследовать несколько мышц, иннервируемых поврежденным нервом [57]. Поражение периферического нервного ствола сопровождается наиболее четкими ЭНМГ-изменениями: выраженным снижением скорости проведения импульсов по чувствительному и двигательному нервам, уменьшением амплитуды потенциала действия пораженного нерва и мышечного ответа иннервируемых мышц [17, 57].

В то же время при ушибе нерва парабиотические процессы также вызывают полный блок проведения возбуждения по нерву, что может привести к ошибочной диагностике полного перерыва нерва [6, 48, 63, 83].

Все вышеперечисленное говорит о необходимости применения дополнительного визуализирующего вида инструментальной диагностики, который позволит сделать заключение о точном месте и виде повреждения.

1.2.2 Термография

Почти одновременно с электромиографией в клинической практике начал применяться метод термографии (тепловидение). Тепловизионный метод диагностики является неинвазивным, в его основе лежит дистанционная визуализация инфракрасного излучения тканей организма человека [47]. При повреждениях периферических нервов он в основном использовался для оценки теплопроводимости тканей конечностей. В отечественной и зарубежной литературе многократно описывались особенности тепловизионной картины автономных областей поврежденного нерва в зависимости от характера его изменения, уровня поражения, сроков с момента травмы [45, 47, 104, 123]. Имеется много публикаций о применении, с диагностической целью, кожных термодатчиков [47, 104], биотермоскопов [118], жидкокристаллических пленочных термоиндикаторов [67], которые, по мнению авторов, обладают высокой информативностью, доступностью и экономичностью исследования. В ряде работ отражены результаты изучения различных факторов в формировании патологической термокартины автономной области иннервации [45, 47, 67, 82].

В 80-е годы прошлого столетия проводились термографические исследования пациентов с травмами верхних конечностей, которые показали, что в первые две недели после травмы выявляется повышение интенсивности свечения (так называемая горячая фаза), обусловленное расширением артериол и капилляров вследствие денервации исследуемой зоны. В более поздние сроки в результате нарушения обменных процессов и ухудшения кровообращения в автономной области иннервации страдающего нерва появляется снижение интенсивности

свечения, выраженность которого зависит от сроков с момента травмы и степени нарушения проводимости нерва. Для полного анатомического перерыва нерва характерен симптом травматической ампутации, для частичного повреждения – зона умеренного снижения интенсивности свечения [104]. Однако, например, при раздражении плечевого сплетения или его стволов отмечается повышение интенсивности свечения в зоне автономной иннервации на предплечье или кисти, причем функциональное тепловидение с проведением температурных (тепловых и холодových) проб может более четко подтвердить картину страдания плечевого сплетения, но не позволяет дифференцировать частичное повреждение нервных стволов от компрессии нервов [47].

Разные группы отечественных авторов [45, 47, 104] одновременно на протяжении нескольких лет проводили термографические исследования больных с повреждением нервов конечностей и показали, что как при повреждении нерва, так и после наложения шва на поврежденный нервный ствол в течение 3-4 недель регистрируется зона повышения интенсивности свечения — «горячая фаза», причем не только в автономной области иннервации сшитого нерва, но распространяющаяся и на соседние участки, а иногда на всю кисть. Этот фактор делает термографический метод исследования малоинформативным как при повреждении нервов в первые две недели после травмы, так и при контроле за результатами оперативного лечения.

Исходя из вышеописанного, можно сделать заключение, что термографический метод исследования позволяет определить место повышенной или пониженной температуры пораженных тканей и в зависимости от этого высказать предположение о наличии или отсутствии повреждения нерва. Однако о характере и степени повреждения, о точном месте локализации прерывистости нерва (если речь идет о его травматическом повреждении), а также о протяженности дефекта нервного волокна термография информации не дает [47, 61, 62, 102]. Идентичные температурные изменения в тканях происходят как при повреждении нерва или его оперативном восстановлении, так и при общих воспалительных изменениях в тканях исследуемой зоны, что делает

затруднительной точную идентификацию протекающего процесса, затрудняет интерпретацию результатов, а иногда провоцирует клиницистов на ошибочные заключения. Помимо этого, метод термографии не является визуализирующим и не позволяет клиницисту увидеть ткань поврежденного нерва, что также снижает точность диагностики уровня поражения нервного ствола.

Наряду с функциональными методами диагностики существует ряд рентгеновских методов исследования, к которым относятся рентгенография и компьютерная томография (КТ). Применение методов рентгеновской диагностики периферических нервов конечностей ограничено их техническими возможностями и анатомическими особенностями строения нервов [108].

1.2.3 Рентгенография

Стандартная рентгенография шейного отдела позвоночника (включая функциональные снимки), рентгенография грудной клетки и конечностей необходима для исключения сопутствующего повреждения костных структур [62, 64]. При рентгенологическом исследовании выявляются любые скрытые переломы и инородные тела, которые могут компрессировать или повредить сплетение и нервные стволы верхней и нижней конечностей.

В то же время при проведении рентгенографии опорно-двигательного аппарата изображение нервных стволов получить не удастся даже при выполнении специальных укладок и «мягких» рентгенограмм, что делает данный метод неинформативным для диагностики состояния периферических нервов [64].

1.2.4 Компьютерная томография

С развитием технических возможностей диагностического оборудования современных лучевых визуализирующих методов исследования появилась возможность проведения диагностики с помощью компьютерной томографии (КТ) [25, 50, 87].

Несмотря на то что КТ, так же, как и рентгенография, не дает объективных результатов, свидетельствующих о состоянии периферических нервных стволов,

она назначается для уточнения наличия повреждения костных структур при травмах костей верхних и нижних конечностей; плечевого и тазового пояса [50]. При КТ с применением трехмерной реконструкции возможно получить пространственное изображение расположения костных отломков, по ним косвенно судить о возможности повреждения нерва и планировать тактику лечения больного [63,79].

Метод КТ имеет высокую диагностическую ценность при изучении патологии центральной и периферической нервной системы, в частности головного и спинного мозга [50, 78]. КТ применяется больше всего при дифференциальной диагностике болей, возникающих в позвоночнике. Важно отметить, что с помощью этого метода при исследовании позвоночника можно определить состояние позвонков, межпозвонковых дисков, фораминального отверстия, желтой связки и, в некоторых случаях, изменения в спинномозговых корешках, в местах их выхода из спинномозгового канала [50, 78, 121].

В некоторых случаях, при наличии костных повреждений и обширной гематомы, при проведении КТ можно заподозрить повреждение, в частности отрыв, нервных корешков от спинного мозга. Описана методика КТ-канала лицевого нерва [97], есть данные по выявлению опухолей черепных нервов [50, 83], но широкого применения в диагностике состояния периферических нервов КТ до настоящего времени не получила.

Использование мультисрезовых компьютерных томографов одновременно с проведением контрастирования спинномозгового канала позволяет оценить состояние передних корешков спинномозговых нервов непосредственно при их выходе из спинномозгового канала, однако непосредственно ткань нервного ствола на всем его протяжении при КТ не определяется [46, 97].

Несмотря на положительные диагностические преимущества перед рентгенографией, метод КТ имеет ряд серьезных ограничений, так как является методом исследования, при выполнении которого присутствует ионизирующее излучение, что значительно ограничивает его применение [144, 148]. Также для получения более точной диагностической информации нередко возникает

необходимость проведения исследования с введением контрастного препарата, что может вызвать отрицательную реакцию со стороны обследуемого и грозит возникновением разного рода нежелательных осложнений после диагностической манипуляции. Еще одним моментом, ограничивающим сферу применения КТ, является то, что при ее выполнении отсутствует непосредственная визуализация нервного ствола.

В последние годы в медицину широко вошли принципиально новые методы диагностики, к которым относится и магнитно-резонансная томография (МРТ) [25, 27, 49].

1.2.5 Магнитно-резонансная томография

МРТ — визуализирующий метод, позволяющий оценить состояние места выхода нервных корешков и структуру сплетений шейного, плечевого, поясничного и крестцового, а также их стволов на всем протяжении, получив непосредственно изображение нервных волокон [49]. К преимуществам МРТ можно отнести высокую разрешающую способность в исследовании мягких тканей, возможность многоплоскостного исследования, неинвазивность, отсутствие ионизирующего излучения, а также артефактов от костных элементов [79, 81, 85]. Во время проведения МРТ могут возникнуть артефакты от дыхательных или сердечных движений, но возможность использования синхронизирующих программ делает эти проблемы несущественными.

При МРТ-исследовании можно выявить скальпированные раны корешков спинномозговых нервов, отрыв или другие повреждения корешков, гематому, тандемные повреждения сплетения, а также псевдоменингоцеле и отсутствие визуализации нерва в корешковой муфте [25, 81, 97, 107, 135]. При исследовании нервных стволов на всем их протяжении МРТ позволяет отдифференцировать полный разрыв стволов от их контузионного повреждения, дегенеративного изменения ткани, визуально выявить и определить место расположения внутриствольных повреждений и образований [97, 137].

В зарубежной литературе информация об исследовании периферических нервных стволов при помощи МРТ появилась еще в 1989 году [142]. По мере развития диагностического оборудования методом выбора в исследованиях периферических нервов стала именно магнитно-резонансная томография. Данный метод исследования позволяет усилить контрастность изображения, что весьма важно для четкой дифференциации мягкотканых образований, к которым относятся нервные стволы. В то же время группы зарубежных ученых доказали, что структура крупных нервов и сплетений, окруженных жировой тканью, может быть доступна МРТ-исследованию, но визуализация мелких периферических нервов ограничена [107, 157]. Опубликованные результаты, описывающие ценность МРТ в исследовании периферических нервов, занимают большой раздел в зарубежной литературе [107, 142, 150, 157, 158], однако они быстро становятся устаревшими вследствие постоянного обновления и усовершенствования техники. Пучковый тип строения мелких периферических нервов может быть визуализирован с помощью МРТ только при использовании катушки высокого разрешения с малой поверхностью и специальными последовательностями, но при этом размер исследуемого поля довольно мал и возможна визуализация только тех нервов, которые расположены близко к поверхности катушки [100, 107].

Безусловно, одним из преимуществ МРТ является то, что она позволяет избежать лучевой нагрузки на пациента и введения контрастных веществ и в то же время с высокой точностью выявить изменения в нервах конечностей. Но наиболее достоверные диагностические результаты выявляются при сочетанном применении МРТ, позволяющей лучше визуализировать мягкотканые образования, и КТ, при которой более четко различаются костные структуры [49, 50, 97].

При МРТ можно получить изображение мест выхода нервных корешков из спинномозгового канала, проследить их ход на всем протяжении. Но МРТ все же имеет ограничения в визуализации корешков, так как исследование требует использования дополнительной магнитной катушки, а также дополнительной подготовки врача при интерпретации полученной информации [107, 150, 158].

МРТ при диагностике состояния периферических нервов, кроме безусловных преимуществ, имеет и ряд существенных недостатков. К сожалению, некоторые пациенты с травматическим повреждением конечностей имеют металлические имплантаты после операций металлоостеосинтеза вследствие лечения переломов костей, что является абсолютным противопоказанием для проведения МРТ [49, 97, 157]. Также метод МРТ отличается большой трудоемкостью, сложностью укладки больного и достаточными временными затратами на исследование [49, 92, 148]. Значительным ограничением применения МРТ может быть и его высокая стоимость, что в условиях кризиса является существенным для многих пациентов, а также ограниченная оснащенность магнитными томографами клиник районного, а в некоторых областях и городского уровня. Поэтому необходим альтернативный визуализирующий вид неинвазивной диагностики, который не имеет вышеуказанных ограничений в применении.

1.2.6 Ультразвуковая диагностика

Ультразвуковая диагностика в настоящее время является наиболее быстро развивающимся методом визуализации. Постоянное совершенствование аппаратуры, высокочастотных датчиков и технологий ультразвуковых исследований расширяют возможности ее применения, а в ряде клинических ситуаций позволяют заменить магнитно-резонансное исследование или существенно дополнить морфологическую картину состояния мягкотканых структур той или иной области исследования.

Еще в 1988 году В.Б. Боне представил первый доклад о возможности выполнения ультразвукового исследования периферических нервов. В этой работе впервые было продемонстрировано, что нервы имеют трубчатую структуру с крапчатостью внутри. Автор также отметил, что идентификация нервов облегчается за счет определения окружающих анатомических ориентиров. Кроме того, он сосредоточил внимание на идентификации и дифференциальной диагностике опухолей периферических нервов. Хотя результаты первого исследования, в котором сравнивались данные эхографии и хирургические

находки, показали высокую точность (92-94%) метода, неуверенность в достоверности ультразвуковых данных способствовала тому, что этот метод применялся редко. И поэтому после однократного сообщения никакой дальнейшей информации об ультразвуковом исследовании нервов не появлялось в течение трех последующих лет. Таким образом, несмотря на техническое развитие диагностического оборудования, на определенном этапе произошло торможение развития метода ультразвуковой диагностики периферических нервов, сопровождающееся отсутствием его широкого внедрения в клиническую практику [140].

Затем попытки исследования периферических нервов и сплетений повторились [22, 57, 140, 146]. Удалось точно описать состояние периферических нервных стволов верхней конечности, так как они визуализировались уже довольно четко, однако по-прежнему технические возможности ультразвуковых машин не позволяли адекватно оценить сплетения шейного отдела [116, 123, 163].

В 1995 году E. Silvestri et al. представили доклад об эхографической и гистологической корреляции периферических нервов и впервые сообщили о наличии критериев, которые помогают в дифференциации нервов от сухожилий [154]. Авторы высказали мнение, что в то время, как нервы состоят из множественных гипоехогенных узелковых (поперечная проекция сканирования) или непрерывных продольных (продольная проекция сканирования) структур с тонкой эхогенной стромой, типичными признаками для сухожилий являются небольшие прерывистые гиперэхогенные вкрапления среди гипоехогенных элементов. При изменении угла наклона датчика ткань сухожилий заметно изменяет свою эхогенность от гиперэхогенного до более гипоехогенного, в то время как эхоструктура периферических нервов от угла наклона датчика изменяется гораздо меньше [94, 118, 139, 154].

Возможности ультразвукового сканирования в принципе позволяют визуализировать и оценивать состояние как нервных сплетений, так и периферических стволов нервов конечностей [115, 116, 118], целостность нервных

стволов, образующих плечевое сплетение, от места выхода до дистальных отделов конечности [139, 154].

Одним из положительных аспектов эхографии является процедура проведения исследования. Исследование легко выполнить непосредственно в месте локализации болевых ощущений или непосредственно в области травмирования конечности, оно выполняется быстро и без дискомфорта, вызванного, например, болевым ощущением при электростимуляции или введении игл, необходимых при электродиагностике, либо продолжительным вынужденным положением больного при МРТ [93, 143, 147]; нет необходимости в предварительной подготовке пациента и проведении обезболивания во время исследования [78, 114]. Ультразвуковое сканирование можно выполнить в любом отделе тела человека, начиная непосредственно с уровня места выхода нервных корешков из спинномозгового канала, проследить за ходом нервных стволов на всем протяжении [72, 100, 111, 138, 159]. Возможность взаимосвязи больного и исследователя с одновременным выяснением истории заболевания является еще одним дополнительным преимуществом. При исследовании периферических нервов в процессе ультразвукового сканирования могут быть диагностированы сопутствующие повреждения магистральных сосудов при травме конечностей [76, 110, 141, 144].

В нашей стране ультразвуковые исследования периферических нервов начали проводиться значительно позже, чем за рубежом. Первые публикации появились в 2002 году и были посвящены ультразвуковой диагностике повреждений сухожилий и нервов кисти и предплечья, а также возможностям эхографического контроля в послеоперационном периоде. В 2004 году еще несколько групп отечественных ученых также представили данные обследования пострадавших с застарелыми повреждениями периферических нервов дистальных отделов верхней конечности [34, 56]. В работах они описали методику эхографии поврежденного нервного ствола и окружающих нервных тканей в поперечной и продольной проекциях и ультразвуковую картину периферических нервов предплечья в норме и при некоторых вариантах их повреждения.

Затем в отечественной литературе, с 2006 по 2008 год, разрозненно появлялись данные некоторых авторов о возможностях ультразвукового исследования основных магистральных нервных стволов верхних конечностей [28, 29, 32, 104, 87]. По данным И.Г. Чуловской [32], эхография дает возможность определить локализацию и размеры диастаза фрагментов поврежденного нерва. В 2006 году А.И. Финешин в своей диссертационной работе также описал исследование мягкотканых компонентов верхней конечности, в том числе и нервных стволов. Он представил только данные об информативности метода ультразвуковой диагностики повреждений и заболеваний периферических нервов дистальных отделов верхней конечности. Также до последнего времени имеется сравнительно мало опубликованных отечественных данных о результатах исследования нервных сплетений и нервных стволов нижних конечностей при их повреждениях и заболеваниях [40, 66, 108]. В этих работах количественные ультразвуковые параметры нервных стволов на различных уровнях в норме и при их патологических изменениях не представлены.

В отечественной и зарубежной литературе много внимания уделяется вопросам диагностики и лечения туннельных синдромов верхней и нижней конечностей.

1.2.7 Эластография

В последние несколько лет в ведущих странах мира получила распространение новая методика ультразвукового исследования — эластография. Этот метод еще называют «дистанционным пальпированием», только в случае использования УЗИ-эластографии эластичность тканей и органов определяется не «на ощупь», а с использованием ультразвукового сигнала, который с высокой точностью улавливает очень малые зоны уплотнения в недоступных для пальпирования местах [51, 52].

Техника пальпации для распознавания заболеваний используется человеком с незапамятных времен. Пальпация — это предшественник современных эластографических изображений.

Оценка жесткости тканей с помощью пальпации для распознавания заболеваний была впервые описана Гиппократом. Тот факт, что опухоль становилась пальпируемой вследствие повышенной жесткости по сравнению с окружающими тканями был известен древнегреческим врачам, которые использовали пальпацию для определения размера, формы, плотности и злокачественности опухоли. Однако данная техника требует особой чувствительности и опыта, особенно в случае малого размера опухоли или глубокого расположения.

Изображения, полученные с помощью эластографии, более чувствительны и менее субъективны и являются дополнительным диагностическим «инструментом» для измерения реакции тканей в ответ на прилагаемое давление. Вследствие повышенной жесткости большинства злокачественных опухолей по сравнению с нормальными тканями, их идентификация может быть проведена с помощью соноэластографии.

Хорошо известно, что опухоли и определенные воспалительные процессы могут приводить к локальному увеличению жесткости и потере эластичности тканей. Таким образом оценка и визуализация эластичности тканей методом эластографии может дать клиницистам потенциально важную информацию для диагностики ряда заболеваний: злокачественных образований молочной железы, рака простаты, раннего выявления злокачественных и доброкачественных опухолей, узловых образований щитовидной железы.

Соноэластография для поиска рака различных локализаций может быть легко интегрирована в рутинное ультразвуковое исследование: картирование деформации осуществляется в реальном масштабе времени. Для получения эластографического изображения используется легкая компрессия исследуемой области или респираторные движения, передаточная пульсация от сердца.

Распределения деформации/эластичности рассчитываются и отображаются в виде цветового картирования, наложенного на обычное изображение В-режима. Более жесткие структуры, когда проводится эластография, картируются синим

цветом, в то время как более легко деформируемые (эластичные, мягкие) ткани отображаются красным цветом [52, 137, 227].

Клинические исследования показали, что при использовании эластографии в структуре обычного ультразвукового исследования раннее выявление патологических образований (злокачественных и доброкачественных опухолей) может осуществляться быстрее и с большей степенью достоверности.

Соноэластография может сократить количество необоснованных диагностических пункций, таким образом снижая риск осложнений и уровень эмоционального стресса, связанных с инвазивным вмешательством. В случае необходимости проведения инвазивной манипуляции соноэластография позволяет более точно локализовать участки патологического образования для наиболее информативного взятия биопсийных проб.

При выполнении стандартного ультразвукового исследования на второй части монитора в режиме «реального времени» получают эластограммы, которые оцениваются по компьютеризованной цветовой шкале, где степень жесткости соответствует определенному цвету (мягкие ткани — красный и зеленый цвета, твердые — синий), а также по стандартной балльной шкале жесткости, которые разработаны применительно к исследуемому органу.

Вне зависимости от локализации новообразования злокачественный процесс характеризуется высокой степенью жесткости ткани и находит свое отражение на цветовой шкале прибора в виде участка интенсивного синего цвета, тогда как обычные или доброкачественные новообразования представлены в виде участков зеленого или красного цвета. Данные эластографии служат важным дополнительным критерием оценки характера изменений в тканях различных органов и помогают в дифференциальной диагностике новообразований различных локализаций [137].

Среди заболеваний периферической нервной системы особый интерес как со стороны неврологов, так и со стороны травматологов вызывают синдромы различной локализации, которые порождают значительные трудности при лечении и составляют 25-30% от всех поражений периферической нервной

системы [5, 3, 119]. Данная патология характеризуется компрессией нервов, сухожилий и сосудов в естественных топографо-анатомических каналах, образованных костной стенкой и прилежащими к ней связками и фасциями. Из множества этиологических факторов, вызывающих туннельные синдромы, значительная роль принадлежит травматическому повреждению одной из стенок канала, а также проходящих в нем нервов и сосудов, что приводит к их дегенеративным изменениям и сужению канала [44].

1.3 Применение ультразвука при регионарной анестезии

Теоретические и практические разделы проводниковой анестезии изначально основывались на объективных методах контроля оператором за выполнением блокады. Теоретические знания приобретались в анатомических театрах, а при практических манипуляциях специалисты применяли хирургический доступ к нерву и введение анестетика в непосредственной близости от нервного ствола. Пожертвовав возможностью видеть нерв ради меньшей инвазивности, хирурги и анестезиологи разработали «слепые» методики, основанные на знании анатомических ориентиров.

Использование регионарных методов обезболивания сопряжено с рядом трудностей. С одной стороны, нейроаксиальные и периферические блокады выполняют в комбинации с общим обезболиванием, однако отсутствие контакта с пациентом не позволяет определить уровень эффективности блокады и вовремя остановить эндоневральное введение анестетика. Субъективные ощущения, возникающие у пациентов при выполнении блокад в условиях седации, могут дезориентировать специалиста [33]. С другой стороны, анатомия нервных стволов и сплетений имеет широкие вариации. На современном этапе анестезиолог не вправе использовать принцип «нет парестезии — нет осложнений», так как парестезии — это следствие контакта иглы с нейрональной структурой, в результате которого возникает высокий риск неврологических осложнений. Прокалывание перинеурия иглой и вхождение ее в нервный пучок дает парестезию примерно в 30% случаев, и только непосредственный контакт с

нервным волокном вызывает 100%-ную парестезию. Сегодня более уместен принцип: «нет парестезии — нет нейропатии».

Распознавание нервных структур при проведении всех локальных анестезиологических техник является краеугольным камнем их эффективного и безопасного выполнения. Должна быть проведена четкая дифференциация между косвенными и прямыми методами идентификации нервов [127].

К косвенным методам, помимо субъективной оценки, относится метод нейростимуляции, предложенный В.Л. Айзенбергом в 1970 году. Появление портативных нейростимуляторов позволило шире использовать периферические блокады анестезиологами. Возникновение фасцикуляций необходимой группы мышц информирует оператора о правильном расположении иглы относительно нервного волокна, иннервирующего данную мышечную группу [160]. Специальные атравматичные иглы также облегчают эту задачу [121]. Техника последовательной электрической нейростимуляции (SENS, Sequential Electrical Nerve Stimulation) позволяет за счет изменения длительности серии импульсов вызывать моторный ответ на различном удалении иглы от нерва [171].

Для предупреждения осложнений, связанных с эндоневральным введением анестетика, нейростимуляторы последнего поколения позволяют измерять сопротивление тканей, в которых находится кончик иглы. При попадании иглой в нерв или сосуд сопротивление резко изменяется [4].

Сегодня нейростимуляция стала стандартом регионарной анестезии. Но работа с нейростимулятором не актуальна в комбинации с миорелаксантами и у пациентов с нарушением нервно-мышечной проводимости. При необходимости выполнения повторных блокад остаточный блок (Na)-каналов будет препятствовать возникновению мышечных фасцикуляций при раздражении нервных стволов и сплетений. Кроме того, «слепые» пункции всегда могут стать причиной серьезных осложнений, таких как повреждение нерва или случайная пункция соседних анатомических структур (внутрисосудистое введение МА, пневмоторакс) [41,65, 84]. Более того, в некоторых случаях (при переломах) важно

избегать использования нейростимулятора, так как мышечные сокращения болезненны.

Среди современных методов прямой визуализации нейрональных структур можно выделить такие, как магнитно-резонансная томография и ультразвук. Даже на современном этапе сложно представить использование магнитно-резонансной томографии в условиях операционной за счет громоздкости конструкции и высокой стоимости. Именно поэтому ультразвуковая диагностика является единственным эффективным методом для прямой визуализации в повседневной клинической практике анестезиолога [2, 121, 172].

Возможно самое существенное преимущество технологии ультразвука — это способность дать анатомическую экспертизу области интереса в реальном времени [127, 145]. Ультразвуковая визуализация позволяет рассмотреть нервные волокна (сплетения и периферические нервы) и окружающие структуры (например, кровеносные сосуды и плевра), проводить иглу направленно к сосудам, к намеченным нервам и визуализировать нахождение катетера в венозном сосуде и процесс распространения местного анестетика [104]. Отмечено, что ультразвуковой контроль снижает частоту развития осложнений и увеличивает частоту успешного выполнения процедуры катетеризации ВЯВ [124]. Это обусловлено возможностью ультразвуковой визуализации магистральных сосудов и окружающих тканей, а также динамического контроля за выполнением процедуры [45]. Благодаря мобильности портативных ультразвуковых аппаратов, непосредственно в операционной появилась возможность определения месторасположения некорректно установленного центрального венозного катетера и определения волемического статуса и сократительной способности миокарда левого желудочка с целью выбора инфузионной терапии и(или) инотропной поддержки [14].

На данный момент доступно множество ультразвуковых аппаратов и датчиков. И не всегда датчики с одинаковой частотой обеспечивают одинаковое качество изображения. Разрешение изображения зависит как от датчика

(например, количество кристаллов и возможность изменения частоты излучения), так и от уровня ультразвукового аппарата (процесс обработки сигнала).

Стационарные аппараты обычно более сложные и дорогие, но и современные портативные приборы уже способны обеспечить изображение, достаточное для целей регионарной анестезии. Подобные аппараты оснащены основными технологиями оптимизации изображения (мультивекторное сканирование, динамический диапазон), цветным доплеровским картированием.

Благодаря наличию портативных, ударопрочных приборов с экранами высокого разрешения, максимальной автоматизацией настроек и простым управлением, ультразвук стал рутинным инструментом у анестезиолога за рубежом [33].

В анестезиологии в основном используют два вида датчиков — линейные и конвексные. Чем выше частота датчика, тем лучше визуализация поверхностных анатомических структур. Для ультразвуковой визуализации сосудов наиболее подходят мультичастотные линейные и микроконвексные датчики с частотой от 7 до 10 МГц, позволяющие детально визуализировать поверхностные структуры (на глубине до 6-7 см) [8].

Визуализация поверхностно расположенных нейрональных структур (плечевое сплетение) требует использования высокочастотных линейных датчиков (12-17 МГц), которые позволяют сканировать поверхностно расположенные периферические нервы [136].

Однако проникновение луча ограничено глубиной до 3-4 см. Исследования с более низкой частотой (4-7 МГц) подходят для того, чтобы просмотреть более глубокие структуры, например, седалищный нерв у взрослых.

Сосуды визуализируются как анэхогенные пульсирующие образования с чётким контуром. Артерии пульсируют синхронно сердечным сокращениям. У вен отмечается передаточная пульсация от дыхательных движений и колебаний рядом расположенной артерии. При давлении датчиком на кожные покровы в проекции сосудов отмечается сдавление вен в передне-заднем направлении, в отличие от артерий, сохраняющих просвет. В ряде случаев в просвете обнаруживаются

гиперэхогенные тени от клапанного аппарата вен. Из магистральных вен наиболее доступны сканированию внутренняя яремная и бедренная.

Для визуализации нерва чаще всего используют поперечные и продольные плоскости сканирования. Периферические нервы выглядят на УЗ-картинке как гипо-, так и гиперэхогенные структуры. При поперечном сканировании можно наблюдать эффект «пчелиных сот» — гипоэхогенные образования округлой формы с гиперэхогенным ободком (периневрием) [155, 173]. При продольном сечении периферические нервы под УЗ выглядят в виде множественных прерывистых гиперэхогенных полос с чередованием гипоэхогенных линий [88, 155].

Принципиально методики УЗ-сканирования при выполнении инвазивных анестезиологических манипуляций можно разделить на статическую и динамическую. Статическая методика заключается в контрольном УЗ-исследовании с визуализацией интересующих нас анатомических областей (сосуды, нервы) с нанесением на кожу разметки до стерилизации операционного поля. Предварительное УЗ-сканирование позволяет определить глубину расположения анатомических образований (нервов и сосудов) и их ход [14]. Разметку на коже необходимо проводить у пациентов, находящихся в нужном для выполнения манипуляции положении. Если пациент не находится в нужном положении, то происходит смещение разметки и реального расположения анатомических структур.

Предпочтительнее использовать динамическую методику, которая позволяет в режиме реального времени визуализировать проводимую блокаду периферических нервов и катетеризацию магистральных сосудов [2, 99, 106, 174]. Для этого необходимо обеспечить стерильность датчика с помощью одноразовых рукавов или перчаток. Учитывая, что воздух существенно ухудшает качество УЗ-картинки необходимо нанесение стерильного геля на датчик и на чехол [10].

С целью повышения точности выполнения инвазивных анестезиологических манипуляций под контролем УЗ важную роль играют технические характеристики УЗ-датчиков. При использовании линейных трансдьюсеров распространение

ультразвуковой волны в тканях имеет наименьшее искажение, но возможны ограничения по глубине локации из-за узкого частотного диапазона. Это служит основанием для использования получающих все большее распространение многочастотных линейных датчиков, работающих в диапазоне от 6-12 МГц и до 10-18 МГц [141].

Для УЗ-сканирования инвазивных манипуляций используют перпендикулярное и продольное расположение иглы относительно плоскости УЗ-датчика. При ориентировании иглы перпендикулярно по отношению к поверхности датчика сигнал от иглы слабый и трудно дифференцируемый в виде точки, а также наблюдаются косвенные признаки — движение мягких тканей. Такая техника максимально приближена по исполнению к оригинальным подходам при периферических нервах, поскольку игла проходит наиболее короткое расстояние до нерва [5, 99]. При катетеризации ВЯВ данная техника используется в случаях, когда размеры датчика превышают размеры анатомической области (высоту треугольника, основанием которого будет считаться ключица, а боковыми сторонами — ножки *mm. sternocleidomastoideus*).

При продольном расположении иглы (ось иглы располагается вдоль оси датчика) на картинке визуализируется весь ее длинник [156, 175]. Для усиления визуализации иглы за последние годы внедрено достаточное количество технических усовершенствований используемого инструментария. Насечки на современных иглах отражают УЗ в разных проекциях и усиливают их «свечение» на экране монитора [120, 176, 177].

В настоящее время появился ряд приспособлений для игл, облегчающих сопоставление луча от ультразвукового датчика и проходящей в тканях иглы. Насадка на датчик с направителем для иглы или лазерная насадка на иглу в виде прицела облегчают работу при ее продольном расположении относительно ультразвукового датчика. Чем параллельнее игла датчику, тем четче картинка на экране [164, 178, 179]. Длинный вкол при продольной технике менее комфортен для пациента, но более точен за счет динамического сканирования манипуляции.

Нейропатии при наследственных и соматических заболеваниях представлены туннельными синдромами, а также структурными изменениями нервных волокон, поэтому метод УЗИ здесь легко применим и высоко информативен [110]. Например, данные ультразвукового исследования периферических нервов и мягких тканей при нейрофиброматозе верифицированы на МРТ. УЗИ при этом более доступный и безопасный метод исследования [106]. Следует отметить, что в отечественной литературе крайне мало публикаций о возможностях ультразвука в диагностике патологических изменений и особенностей периферических нервов и нервных сплетений у пациентов с гематологическими заболеваниями, болезнями обмена веществ, уремическим синдромом. УЗИ при этих заболеваниях является одним из наиболее актуальных и информативных современных методов обнаружения поражения периферической нервной системы, в том числе на ранних (доклинических) стадиях развития, когда своевременная соответствующая коррекция лечения позволяет остановить прогрессирование неврологических осложнений [66]. Поэтому исследования особенностей периферических нервов и их повреждений, и не только травматического характера, представляются своевременными и актуальными для выявления специфики повреждения нервных волокон, характерной для определенного заболевания [25, 26, 82, 106, 110, 136].

Следовательно, поражения периферической нервной системы встречаются у пациентов как с травматическим повреждением, так и с соматической патологией периферических нервов. Большая часть неврологических расстройств представлена туннельными синдромами [41, 73, 82, 113]. Наиболее перспективным, быстро развивающимся методом исследования поражений периферических нервов сегодня становится метод ультразвуковой диагностики.

Совершенствование существующих методик УЗИ, разработка и внедрение новых/модифицированных методов ультразвукового сканирования периферической нервной системы с целью уточнения характера структурных изменений нервных стволов и сплетений при различных заболеваниях по-прежнему остаются в центре внимания врачей и исследователей.

ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

2.1 Характеристика клинического материала

В основу настоящей работы положен анализ результатов исследования периферических нервов у 165 человек, среди которых было 104 женщины и 61 мужчина в возрасте от 18 до 75 лет (прилож. 1). Средний возраст исследованных лиц — $48,9 \pm 12,3$ лет. Группу пациентов составили 145 (87,9%) человек с патологическими изменениями нервных стволов и сплетений. Контрольную группу составили 20 (12,1%) здоровых добровольцев, средний возраст которых составил $42,8 \pm 17$ лет, без патологии периферических нервов и сплетений (прилож. 2).

Всего было выполнено ультразвуковое исследование 882 периферических нервов, а именно: срединного $n = 356$, лучевого $n = 176$, локтевого $n = 66$, большеберцового $n = 190$, а также 92 сплетения: у 20 человек в контрольной группе и 26 пациентов в группе травматического генеза, которым проведена регионарная анестезия.

Критерии включения в исследование:

1 Пациенты с клиническими проявлениями нейропатии или с травматическим повреждением периферических нервов в анамнезе.

2 Подписанное информированное согласие пациента на участие в исследовании.

Критерии исключения из исследования:

1 Непереносимость анестетика, инфицирование кожных покровов в области пункции (в группе пациентов с травмами).

2 Отказ больного от предложенного обследования.

Нами обследованы пациенты со следующей патологией: травматическое повреждение нервов 44 человека ($30,3 \pm 3,8\%$), сахарный диабет — 48 человека ($33,1 \pm 3,9\%$), хроническая почечная недостаточность — 25 человек ($17,2 \pm 3,1\%$), миеломная болезнь — 13 человек ($8,9 \pm 2,4\%$), в состоянии после

химиолучевой терапии — 8 человек ($5,5 \pm 1,9\%$), наследственное заболевание Шарко-Мари-Тута — 7 человек ($4,8 \pm 1,8\%$) (рис. 1).

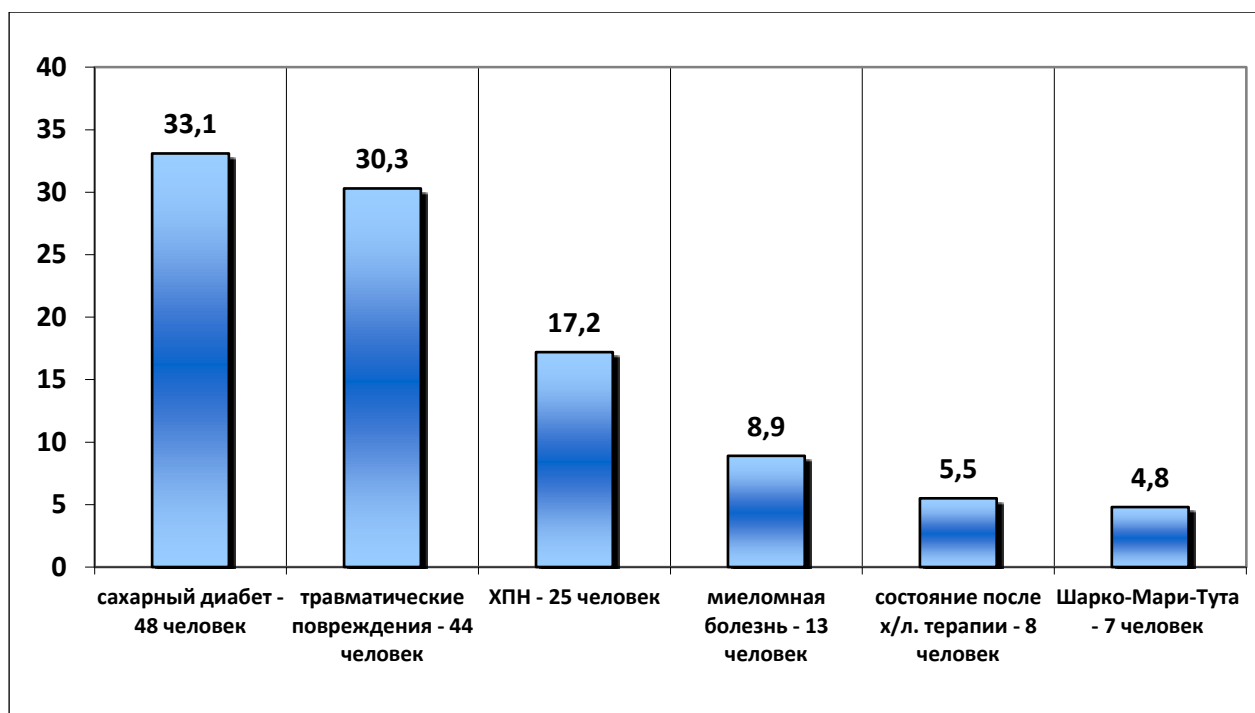


Рисунок 1. Виды заболеваний, сопровождающихся нейропатией

Всем пациентам с клиническими проявлениями нейропатии проводилось билатеральное УЗ-исследование периферических нервов. Дизайн исследования представлен в рисунке 2.



Рисунок 2. Дизайн исследования

При УЗИ нервов и сплетений оценивались следующие параметры: анатомическая целостность, структура, эхогенность, дифференцировка на волокна, выраженность оболочки нервных стволов, отношение толщины к ширине в физиологических каналах (карпальный канал, канал Гийона), наличие дополнительных образований в структуре нервного волокна и в прилежащих к нерву тканях, изменение окружающих нервное волокно мягких тканей, целостность и наличие кровотока в близлежащих сосудах.

Причины нарушения целостности нервного ствола могут быть различными. В нашей практике мы чаще всего встречаемся с последствиями травм: пересечение нерва в результате резаной раны, повреждение отломками кости или ущемление нерва между ними при переломах со смещением, сдавление нерва рубцовой тканью или костной мозолью. Кроме этого, может произойти ятрогенное повреждение нерва при оперативном вмешательстве на прилежащих непосредственно к нервному стволу мягких тканях. Всех исследуемых разделили на группы, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1. Распределение больных по группам

№	Группа	Количество человек	Область обследования (билатеральное)	Количество нервов и сплетений
1	Контрольная группа: здоровые добровольцы без проявлений нейропатии	20	Периферические нервы Плечевое сплетение	280 40
2	Группа пациентов с нейропатиями травматического генеза	44	Периферические нервы	264
	Пациенты с проведенной регионарной анестезией	26	Плечевое сплетение	52
3	Группа пациентов с нейропатиями соматического генеза	101	Периферические нервы	1414
	ИТОГО:	165	Периферические нервы Плечевое сплетение	1958 92

В 1-й группе (контрольная) у 20 человек исследовали плечевое сплетение и периферические нервы: срединный, локтевой, лучевой и большеберцовый. При ультразвуковом исследовании в зависимости от локализации плечевого сплетения

ультразвуковая картина при поперечном сканировании в виде округлых или эллипсовидных, преимущественно гипоэхогенных, образований, а в подмышечной области нервные стволы представлены гетерогенной структурой в виде пчелиных сот. В отличие от сплетений, периферические нервы представляют собой при продольном сканировании чередование гипо- и гиперэхогенных линейных структур, окруженных гиперэхогенной оболочкой; при поперечном сканировании нервное волокно выглядит как сота: множественные гипоэхогенные включения — нервная ткань, окружены гиперэхогенными оболочками — соединительная ткань. При билатеральном ультразвуковом исследовании окружающие мягкие ткани характеризовались симметричностью эхографической картины.

У пациентов второй и третьей группы с нейропатиями различного генеза, представленных по нозологиям в на рисунке 4, наибольший процент исследуемых — это пациенты с сахарным диабетом 48 (33,10%) человек: мужчин — 25 (52,1%), женщин — 23 (47,9%), при травматическом повреждении нервов — 44 исследуемых (30,3%): 29 (65,9%) женщин и 15 (34,1%) мужчин, пациентов с хронической почечной недостаточностью на гемодиализе — 25 (8,9%): женщин — 15 (60%) мужчин — 10 (40%), при миеломной болезни — 13 пациентов (17,2%), из них 3 (23,1%) мужчин и 10 (76,9%) женщин. Пациенты после химиолучевой терапии — 8 человек (5,5%) — составили женщины. При наследственном заболевании Шарко-Мари-Тута из 7 (4,8%) обследуемых — 3 (42,9%) мужчины и 4 (57,1%) женщины.

В эту группу вошли 44 (26,7%) пациента: 15 (9,1%) мужчин и 29 (17,6%) женщин с травматическим повреждением нервов, которым было проведено оперативное лечение с применением регионарной анестезии. Возраст пациентов составлял от 18 до 63 лет, средний возраст — $42,0 \pm 13,0$ лет. Представлены различные причины нарушения целостности нервного ствола. Причинами повреждений у пациентов данной группы являлись: пересечение нерва в результате резаной раны — 7 случаев (15,9%), повреждение отломками кости или ущемление нерва между ними при переломах со смещением — 6 случаев (13,6%),

сдавление нерва рубцовой тканью или костной мозолью — 9 (20,4%), застарелые повреждения срединного нерва — в 6 случаях (13,6%). А также ятрогенное повреждение нерва при оперативном вмешательстве на прилежащих непосредственно к нервному стволу мягких тканях — 3 случая (6,8%). При полном и частичном повреждениях нервов образуются невромы: в результате резаной раны, при застарелом повреждении срединного нерва, при ятрогенных повреждениях. В наших исследованиях образование невром у пациентов с повреждением нервов наблюдалось в 16 случаях (36,3%). В группе наблюдались пациенты, проходящие лечение в плановом порядке с контрактурой Дюпюитрена — 8 человек (18,2%) и синдромом карпального канала — 5 человек (11,3%). Представленные травмы сопровождались следующими повреждениями периферических нервов: локтевого нерва — 17 случаев (38,63%), лучевого нерва — 7 случаев (15,92 %), срединного нерва — 14 случаев (31,82%). Также наблюдалось сочетанные повреждения периферических нервов: срединного + локтевого — 5 случаев (11,36%); срединного + лучевого — 1 случай (2,27%) (рис. 3).

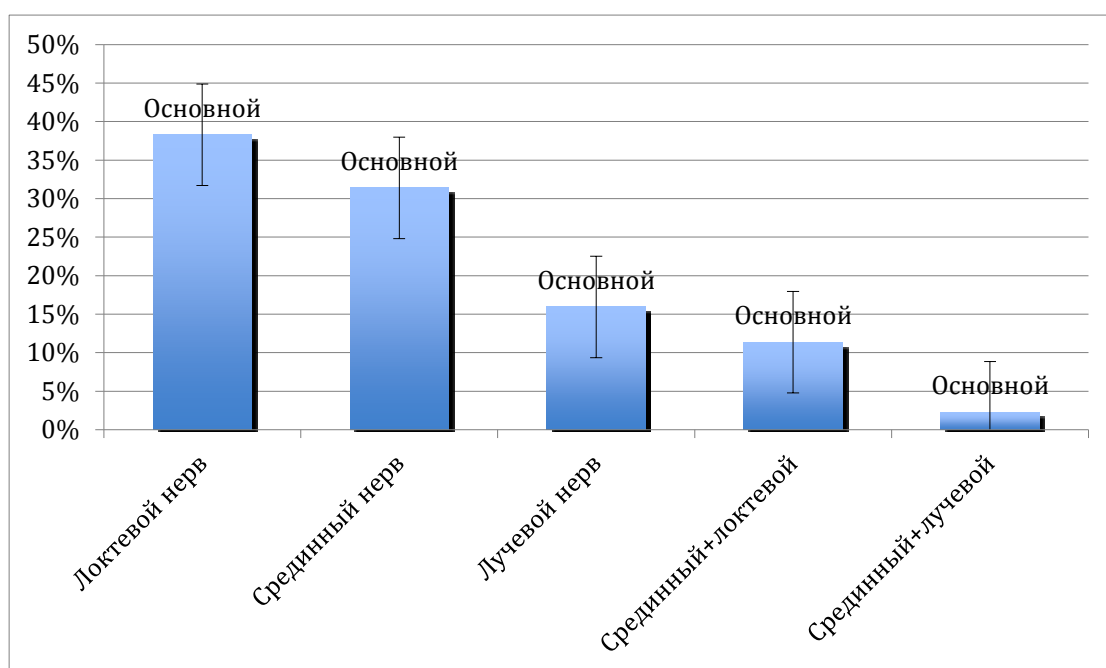


Рисунок 3. Повреждение периферических нервов при травмах верхних конечностей

Исследование проводилось в зоне наибольшей болезненности и носило прицельный характер. Ультразвуковая картина повреждения периферических нервов представлена анатомическим нарушением целостности нервного волокна, гипэхогенной структурой, нарушения дифференцировки за счет отека, нечеткостью оболочки нерва, наличием или отсутствием дополнительных образований в структуре нерва (невромы). Важно оценить окружающие мягкие ткани и их отношение к нерву. У пациентов с туннельными синдромами необходимо оценить структуру, эхогенность и форму нерва в каналах физиологического сужения. При сопоставлении данных УЗИ и клинко-лабораторных данных определялась дальнейшая тактика лечения. В зависимости от повреждения применялись разные виды анестезиологического пособия. Для оперативного вмешательства на верхних конечностях применялась регионарная анестезия у 26 пациентов. При этом было проведено билатеральное ультразвуковое исследование 52 плечевых сплетений в нескольких зонах: межлестничной, надключичной, подключичной, подмышечной. В зависимости от области хирургического вмешательства пациентам проводили тот или иной вид проводниковой анестезии с различным уровнем технического оснащения.

Критериями включения пациентов в исследование являлись: хирургические вмешательства на верхних конечностях, возраст больных — от 20 до 60 лет, добровольное информированное согласие на проведение регионарной анестезии (РА) и общей анестезии. Критериями исключения пациентов из исследования были: непереносимость анестетика, наличие периферических нейропатий, инфицирование кожных покровов в области пункции. При ультразвуковом исследовании плечевого сплетения оценивались следующие параметры: форма нервного ствола (округлая, овальная), возможность дифференцировки ствола на волокна, эхогенность, количество нервных стволов, площадь поперечного сечения стволов, отношение нервных стволов к сосудам.

Регионарную анестезию проводили как самостоятельный метод интраоперационной аналгезии. Пациента укладывали таким же образом, как рекомендовано при выполнении классических вариантов, обеспечивая удобный

доступ к месту проведения пункции. Место введения иглы обрабатывали асептическим раствором. При выполнении периферических блокад использовали различный уровень технической оснащённости.

У больных, которым проводниковая анестезия выполнялась без технического оснащения, оператор ориентировался на возникновение парестезии и(или) на анатомические ориентиры. Периферические блокады с использованием нейростимулятора Stimuplex Dig (B. Braun) проводили классическим способом: межлестничную по Winnie, надключичную — методом Fortin, нижнеключичную — по Sims, аксиллярную. При получении фасцикуляций в конечности, вызванных электростимуляцией силой тока 0,5 мА, силу тока снижали до 0,2 мА и при угасании мышечных подергиваний инъецировали 0,5%-ный раствор ропивакаина в дозе 2-2,5 мг/кг.

В третью группу вошел 101(61,2%) пациент: 41 (24,8%) мужчина и 60 (36,4%) женщин с соматической патологией, имеющие клинические проявления нейропатии при заболеваниях различного генеза. Средний возраст пациентов составил 49,4 года. Всех пациентов третьей группы мы разделили на подгруппы в зависимости от заболевания.

Подгруппа А — 48 ($33,1 \pm 3,9\%$) пациенты с сахарным диабетом; подгруппа Б — 25 ($17,2 \pm 3,1\%$) больных с хронической почечной недостаточностью; подгруппа В — 7 ($4,8 \pm 1,8\%$) пациентов с наследственным заболеванием Шарко-Мари-Тута; Г — 13 ($8,9 \pm 2,4\%$) пациентов с миеломной болезнью; подгруппа Д — 8 ($5,5 \pm 1,9\%$) пациентов в состоянии после химиолучевой терапии (табл. 2).

При исследовании наиболее доступное для ультразвуковой визуализации расположение периферических нервов отмечается в физиологических каналах: большеберцовый нерв — в тарзальном канале, срединный нерв — в карпальном канале, лучевой нерв — в кубитальном канале. Поэтому при всех соматических патологиях оценка нервного волокна происходила именно в этих точках. Всем пациентам было выполнено билатеральное ультразвуковое исследование одноименных нервов.

Таблица 2. Распределение соматических заболеваний по подгруппам

Под-группа	Заболевание	Кол-во, %	Возраст, лет	Пол	
				мужчин	женщин
А	Сахарный диабет	48 (33,1)	55,8 ± 6,6	25	23
Б	ХПН на гемодиализе	25 (17,2)	49,0 ± 7,2	10	15
В	Наследственное заболевание Шарко-Мари-Тута	7 (4,8)	34,3 ± 14,3	3	4
Г	Миеломная болезнь	13 (8,9)	60,8 ± 4,8	10	3
Д	Состояние после химиолучевой терапии после мастэктомии	8 (5,5)	38,8 ± 13,0	—	8
ИТОГО:		101		48	53

2.2 Электронейромиографические методы исследования

Электронейромиографию большеберцовых нервов проводили у 33 больных сахарным диабетом с синдромом диабетической стопы на аппарате «Нейроман» методом стимуляционной ЭНМГ. На электронейромиограмме фиксировали передачу импульсов по нервному волокну в виде графического изображения. В основе ЭНМГ лежит применение электрической стимуляции нерва с последующим анализом параметров, регистрируемых с иннервируемой мышцы или с самого нерва. Метод применим для исследования любого доступного периферического нерва при условии целостности кожных покровов. Для определения локализации повреждения нерва возможно применение игольчатой электромиографии, являющейся уже не только инвазивным, но к тому же и трудоемким методом, при котором исследуются несколько мышц, иннервируемых данным нервом. Однако и в этом случае невозможно получить

четкий топографический ответ и указание на полный или частичный разрыв нервного ствола.

2.3 Методы ультразвукового исследования периферических нервов

Ультразвуковое исследование было выполнено на ультразвуковом сканере Philips iU22 × MATRIX, высокочастотным линейным датчиком 7-17 МГц, а также на аппарате Logiq 9-го экспертного класса, имеющего функцию эластографии. Эластография является одной из новейших технологий в ультразвуке. Метод неинвазивно классифицирует эластичность мягких тканей и основывается на простой компрессии. В основе методики лежит классическая методика пальпации объемных образований. В данной методике пальпация осуществляется посредством ультразвуковой волны и механической компрессии.

У пациентов, которым РА выполняли под контролем прямой визуализации, использовали портативные УЗ-аппараты SonoScape S6Pro с высокочастотными датчиками. Иглу ориентировали продольно относительно датчика. Раствор местного анестетика вводили перинеурально. Интраоперационно эффективность блокады оценивали на основании симптомов ноцицептивных гемодинамических реакций. В течение анестезии и операции осуществляли мониторинг гемодинамических показателей — систолического и диастолического артериального давления, частоты сердечных сокращений, ЭКГ.

При УЗ-исследовании нервных сплетений используют ультразвуковую аппаратуру экспертного класса, оснащенного высокочастотными датчиками от 8 до 17 МГц. Такие датчики позволяют нам определить структуру нерва, дифференцировать нерв от окружающих тканей.

Нервное волокно представляет собой при продольном сканировании чередование гипо- и гиперэхогенных линейных структур, окруженных гиперэхогенной оболочкой; при поперечном сканировании нервное волокно выглядит как сота (множественные гипоехогенные включения — нервная ткань — окружены гиперэхогенными оболочками — соединительная ткань).

Лучевой нерв представляет собой самую большую ветвь задней порции плечевого сплетения. Визуализацию нерва осуществляют на задней и латеральной поверхностях плеча, где он сопровождает плечевую артерию. В средней трети плеча лучевой нерв огибает плечевую кость и непосредственно прилегает к ней в спиральном канале. Именно со спирального канала целесообразнее всего начинать процесс сканирования лучевого нерва. Датчик устанавливается на латеральной поверхности плеча, в его средней трети и плавно перемещается в проксимальном и дистальном направлении до уровня верхней трети плеча. Форма нерва преимущественно овальная или округлая, эхоструктура однородная, мелкоячеистая, эхогенность несколько пониженная.

Срединный нерв формируется из латерального и медиального пучков плечевого сплетения. На плече *n. medianus* располагается в медиальной бороздке двуглавой мышцы кпереди от плечевой артерии. Срединный нерв является самым крупным нервом верхней конечности, поэтому его визуализация не представляет сложностей. В проекции локтевого сустава в качестве маркера целесообразно использовать сосудистый пучок, срединный нерв располагается медиальнее по отношению к более глубоко расположенным плечевой артерии и вене. Форма срединного нерва округлая или овальная, эхоструктура мелкозернистая, эхогенность незначительно понижена.

Легче всего можно получить ультразвуковое изображение нерва в области карпального канала, где он расположен поверхностно. В области лучезапястного сустава срединный нерв располагается под сухожилием длинной ладонной мышцы и между сухожилиями сгибателей, проходя под удерживателем сгибателей на кисть через так называемый карпальный канал.

Локтевой нерв является главной ветвью медиального пучка плечевого сплетения. На плече *n. ulnaris* ветвей не дает.

В области локтевого сустава нерв проходит через кубитальный канал, сформированный медиальным надмыщелком плеча и локтевым отростком. Здесь локтевой нерв прилегает непосредственно к кости и сверху покрыт только фасцией и кожей. При ультразвуковом исследовании области локтевого сустава

следует обратить внимание на то, чтобы рука пациента располагалась свободно и не была согнутой. Это важно, поскольку при сгибании локтевого сустава до 90 градусов диаметр нерва уменьшается за счет его растяжения.

В дистальном отделе предплечья нерв лежит между сухожилием локтевого сгибателя запястья медиально и латерально от локтевой артерии и вены. На кисть локтевой нерв попадает через канал локтевого нерва, называемый каналом Гийона. При прохождении через канал локтевой нерв сопровождается одноименными артерией и веной. В дистальном отделе канала Гийона нерв делится на глубокую моторную ветвь и поверхностную чувствительную, и именно поверхностную ветвь продолжает сопровождать локтевая артерия, что позволяет легче ориентироваться при ультразвуковом исследовании. Форма нерва овальная, эхогенность умеренно пониженная или средняя, эхоструктура мелкоячеистая.

Ультразвуковая картина при повреждениях нервов имеет характерные признаки и является общей для любого периферического нерва.

Причины нарушения целостности нервного ствола могут быть различными. В нашей практике мы чаще всего встречаемся с последствиями травм: пересечение нерва в результате резаной раны, повреждение отломками кости или ущемление нерва между ними при переломах со смещением, сдавление нерва рубцовой тканью или костной мозолью. Кроме этого, может произойти ятрогенное повреждение нерва при оперативном вмешательстве на прилежащих непосредственно к нервному стволу мягких тканях.

Частота возникновения повреждений мягких тканей с вовлечением в процесс периферических нервов, по данным различных авторов, составляет от 25 до 65%. Сложность при травмах и заболеваниях периферических нервных стволов заключается в точной диагностике места локализации и вида патологического процесса. Особые трудности в диагностике повреждения периферических нервов вызывают закрытые травмы нервов, возникающие при вывихах, переломах костей, ушибах, сдавлениях, которые могут сопровождаться повреждением нервов, приводящим к частичной или полной потере функции конечности.

Травматические повреждения нервов могут быть разделены на две большие группы: повреждение с полным или частичным нарушением анатомической целостности нерва и повреждение внутренней структуры нервного ствола при сохранении целостности наружной оболочки нерва.

На верхней конечности чаще всего встречаются повреждения лучевого нерва, связанные с переломом плечевой кости, что прежде всего объясняется близким прилеганием нерва к кости при прохождении через спиральный канал плечевой кости. На нижней конечности наиболее уязвимой в этом отношении областью является головка малоберцовой кости, где к ней непосредственно прилегает общий малоберцовый нерв.

Заключение о нарушении анатомической целостности нерва может быть сделано на основании визуализации дистального и проксимального концов нерва с отчетливо выявляемым диастазом между ними. При этом в первые дни после травмы разъединенные сегменты нерва, как правило, не изменены и лишь по прошествии некоторого времени (от 1 до 12 месяцев), чаще всего, в проксимальном конце поврежденного нервного ствола, формируется посттравматическая неврома. Дистальный конец полностью поврежденного нерва истончается, в некоторых случаях в нем могут образоваться травматические невромы.

К основным ультразвуковым признакам этого туннельного синдрома относятся: утолщение срединного нерва проксимальнее карпального канала, уплощение или уменьшение высоты нерва в дистальном отделе карпального канала, изогнутость удерживателя сгибателей. В проксимальных отделах срединный нерв теряет дифференцировку на волокна и структура его становится гипэхогенной.

При хронической травматизации локтевого нерва в кубитальном канале клинические проявления не отличаются от таковых при сдавлении нерва в этой области, а данные ультразвукового исследования будут иметь другие характерные признаки. Основным из них служит диффузное утолщение нерва на уровне кубитального канала. Кроме того, можно обнаружить увеличение размеров

отдельных нервных пучков в составе нерва, размытость контура нерва за счет отека окружающих его мягких тканей.

Компрессия локтевого нерва в канале Гийона встречается значительно реже, чем синдром «кубитального канала». Основными причинами ущемления локтевого нерва в канале Гийона являются внешнее сдавление различными образованиями: липомой, внутрисуставным ганглием, аневризмой локтевой артерии. Этот вид туннельного синдрома встречается редко, и ультразвуковые признаки сдавления локтевого нерва в канале Гийона совпадают с описанными выше при других компрессионных синдромах.

При исследовании медиального отдела голеностопного сустава необходимо помнить о таком виде патологии, как синдром тарзального канала. Этот вид туннельного синдрома связан со сдавлением большеберцового нерва в тарзальном канале. Тарзальный канал по структуре аналогичен карпальному каналу на кисти. Сухожилия сгибателей и сосудистонервный пучок заключены в довольно тесное пространство между медиальной лодыжкой и удерживателем сгибателей. При повышении давления в этом пространстве происходит компрессия большеберцового нерва, что клинически проявляется болью и парестезиями в медиальном отделе стопы. Ультразвуковая диагностика этого туннельного синдрома основывается на выявлении дополнительных образований в тарзальном канале: это скопление жидкости, внутрисуставной ганглий, что вызывает сдавление и уплощение большеберцового нерва. Выше зоны компрессии отмечается утолщение нервного ствола с ультразвуковыми признаками его отека.

Шванномы и нейрофибромы — самые распространенные опухоли периферических нервов. Следует отметить, что их ультразвуковые признаки сходны. Выявляют гипоэхогенные образования овальной или веретенообразной формы, ориентированные по длинной оси нерва и дающие эффект дорсального усиления. Контуры образования четкие, ровные, иногда можно лоцировать его капсулу. В структуре опухоли при ультразвуковом исследовании могут определяться неоднородность и жидкостные включения. Размеры образований

колеблются от 2 до 5 см. В режиме цветового доплера в опухолях, как правило, выявляется обильная васкуляризация.

Ниже приведены диаграммы инструментальных методов исследования (рис. 4).

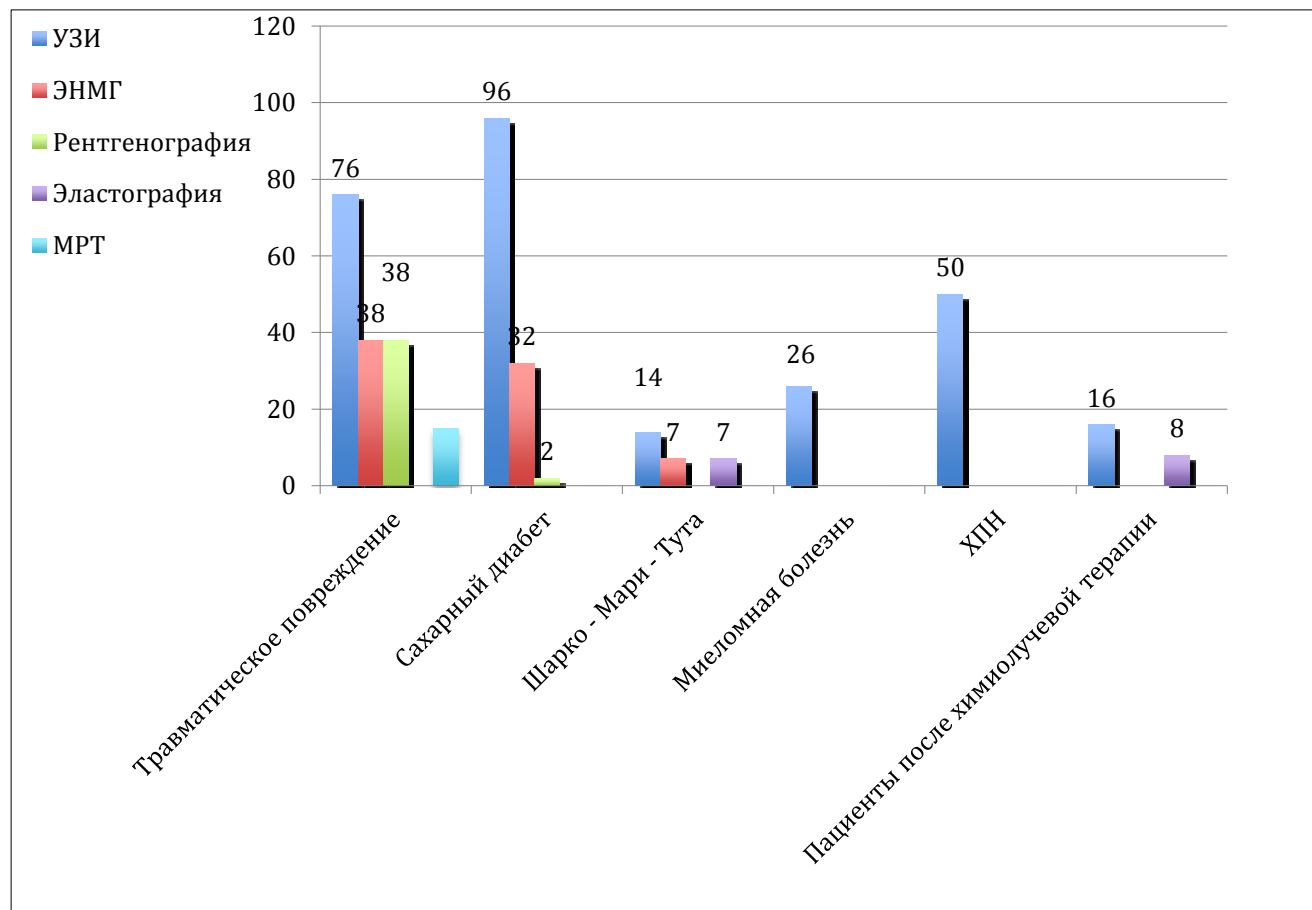


Рисунок 4. Методы исследования периферических нервов при различных заболеваниях

2.3.1 Возможность применения эластографии при исследовании мягких тканей

На ультразвуковом аппарате Logiq E9 экспертного класса мы воспользовались функцией эластографии для дополнительного подтверждения диагноза нейропатии. Эластография — метод, который позволяет выявить пространственное распределение деформации/эластичности тканей в области исследования по оценке деформации до и после смещения тканей, вызванного внутренними или внешними факторами. Результаты рассчитываются и отображаются в виде цветового картирования, наложенного на обычное

изображение В-режима. Более жесткие структуры, когда проводится эластография, картируются синим цветом, в то время как более легко деформируемые (эластичные, мягкие) ткани отображаются красным цветом.

При выполнении стандартного ультразвукового исследования на второй части монитора в режиме «реального времени» получают эластограммы, которые оцениваются по компьютеризованной цветовой шкале, где степень жесткости соответствует определенному цвету (мягкие ткани — красный и зеленый цвета, твердые — синий), а также по стандартной балльной шкале жесткости, которые разработаны применительно к исследуемому органу.

Вне зависимости от локализации новообразования, злокачественный процесс характеризуется высокой степенью жесткости ткани и находит свое отражение на цветовой шкале прибора в виде участка интенсивного синего цвета, тогда как обычные или доброкачественные новообразования представлены в виде участков зеленого или красного цвета.

Эластография использовалась как дополнительный метод обследования у пациентов с клиническими проявлениями нейропатий на руках после химиолучевой терапии.

2.4 Используемые варианты периферических блокад с ультразвуковым ассистированием

Метод ультразвуковой навигации позволяет определить локализацию плечевого сплетения и периферические нервы, их структуру и правильное расположение иглы, обеспечивая высокую точность проводниковой анестезии. У пациентов, которым при периферических блокадах использовали ультразвук, осложнений не было. Основными видами регионарных анестезий являются межлестничная, надключичная, нижнеключичная и аксиллярная блокады.

Межлестничная блокада

Межлестничную блокаду выполняли при оперативных вмешательствах на ключице, плече, плечевом суставе, а также на предплечье.

Пациента укладывали на спину с небольшим валиком под плечи. Голову поворачивали в противоположную блокаде сторону под углом 35 градусов к сагиттальной плоскости. УЗ-датчик устанавливали на уровне перстневидного хряща, перпендикулярно межлестничной борозде. Основными УЗ-ориентирами являются общая СА, ВЯВ, кнаружи от которых располагаются передняя и средняя лестничные мышцы. Между мышцами визуализируются нервные структуры в поперечном срезе в виде округлых гипоехогенных образований.

Надключичная блокада

Блокаду выполняли у пациентов при операциях на плече, а также предплечье и кисти при невозможности проведения дистальных блокад.

Для визуализации плечевого сплетения в надключичной области ультразвуковой датчик устанавливали под углом вдоль верхнего края ключицы. Основным ориентиром являлась подключичная артерия, определяемая выше уровня первого ребра. Нервные структуры плечевого сплетения в этой области в поперечном срезе часто выглядят в виде единого пучка, располагаясь латерально и краниально к подключичной артерии.

Нижнеключичная блокада

Блокаду выполняли при оперативных вмешательствах на верхних конечностях дистальнее верхней трети плеча. При проведении блокады плечевого сплетения нижнеключичным доступом с помощью ультрасонографии датчик аппарата устанавливали перпендикулярно к нижнему краю ключицы в парасагитальной плоскости. Данная позиция позволяет визуализировать сосудисто-нервный пучок, идущий к подмышечной области в перпендикулярной плоскости.

Аксиллярная блокада

Показанием к проведению данного вида блокады были хирургические вмешательства, дистальнее нижней трети плеча. Датчик располагали перпендикулярно в подмышечной впадине. На УЗ-картине идентифицировали

пульсирующую плечевую артерию, которая не пережимается при давлении датчиком. Вокруг нее располагаются срединный, лучевой и локтевой нервы.

2.5 Методы математической обработки полученных результатов

С целью изучения полученных результатов использовались методы статистического анализа. Результаты обрабатывались на персональном компьютере с операционной системой «Apple Mac OS», «Microsoft Windows XP» с помощью прикладных программ «Excel», «STATISTIKA 9.0», «SPSS 22».

Описательные статистики представлены абсолютными значениями, средними величинами, процентными долями, а также стандартной ошибкой средних и экстенсивных величин.

Сравнительные статистики количественных нормально распределенных признаков рассчитаны с помощью критерия Стьюдента. Для качественных признаков использованы критерии χ^2 , точный критерий Фишера.

Статистическая значимость полученной модели оценивалась по χ^2 . Диагностическую эффективность разработанной модели оценивали с помощью чувствительности, специфичности и точности, прогностической ценности положительного и отрицательного результатов, а также их доверительных интервалов. Для полученной модели при помощи ROC-анализа было определено оптимальное пороговое значение принятия прогностического решения моделью. Статистически значимым принимались исследуемые показатели при уровне значимости $p > 0,05$ [26, 72].

ГЛАВА 3 УЛЬТРАЗВУКОВАЯ АНАТОМИЯ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ НЕРВОВ И СПЛЕТЕНИЙ, ПРОВЕДЕНИЕ РЕГИОНАРНОЙ АНЕСТЕЗИИ ПОД КОНТРОЛЕМ УЛЬТРАЗВУКА

3.1 Ультразвуковая анатомия исследования периферических нервов верхних конечностей

В настоящем исследовании приведены результаты оценки ультразвукового исследования периферических нервов и сплетений, их анатомических особенностей, вариантов расположения и количества относительно других анатомических структур, а также качества проведения периферических регионарных анестезий, выполненных под ультразвуковым контролем.

Ультразвуковое исследование было выполнено у 165 человек с оценкой 882 периферических нервов, а именно: срединного $n=356$, лучевого $n=176$, локтевого $n=66$, большеберцового $n=190$, а также 92 плечевых сплетений в контрольной группе и у пациентов с травматическим повреждением периферических нервов. У 31 пациента из разных групп выполнено исследование мягких тканей.

В 1-й группе (контрольная) у 20 человек исследовали плечевое сплетение и периферические нервы: срединный, локтевой, лучевой и большеберцовый. При ультразвуковом исследовании, в зависимости от локализации плечевого сплетения, ультразвуковая картина при поперечном сканировании в виде округлых или эллипсовидных, преимущественно гипоэхогенных образований, а в подмышечной области нервные стволы представлены гетерогенной структурой в виде пчелиных сот. В отличие от сплетений, периферические нервы представляют собой при продольном сканировании чередование гипо- и гиперэхогенных линейных структур, окруженных гиперэхогенной оболочкой; при поперечном сканировании нервное волокно выглядит как сота: множественные гипоэхогенные включения — нервная ткань — окружены гиперэхогенными оболочками — соединительная ткань. При билатеральном ультразвуковом исследовании окружающие мягкие ткани характеризовались симметричностью эхографической картины.

У пациентов второй и третьей группы с нейропатиями различного генеза, представленных по нозологиям в рисунке 4, наибольший процент — это пациенты с сахарным диабетом 48 (33,10%) человек: мужчин — 25 (52,1%), женщин — 23 (47,9%), при травматическом повреждении нервов — 44 исследуемых (30,3%): 29 (65,9%) женщин и 15 (34,1%) мужчин, пациентов с хронической почечной недостаточностью на гемодиализе — 25 (8,9%), женщин — 15 (60%) мужчин — 10 (40%), при миеломной болезни — 13 пациентов (17,2%), из них 3 (23,1%) мужчин и 10 (76,9%) женщин. Пациенты после химиолучевой терапии — 8 человек (5,5%) — составили женщины. При наследственном заболевании Шарко-Мари-Тута из 7 (4,8%) обследуемых — 3 (42,9%) мужчины и 4 (57,1%) — женщины (рис. 5).

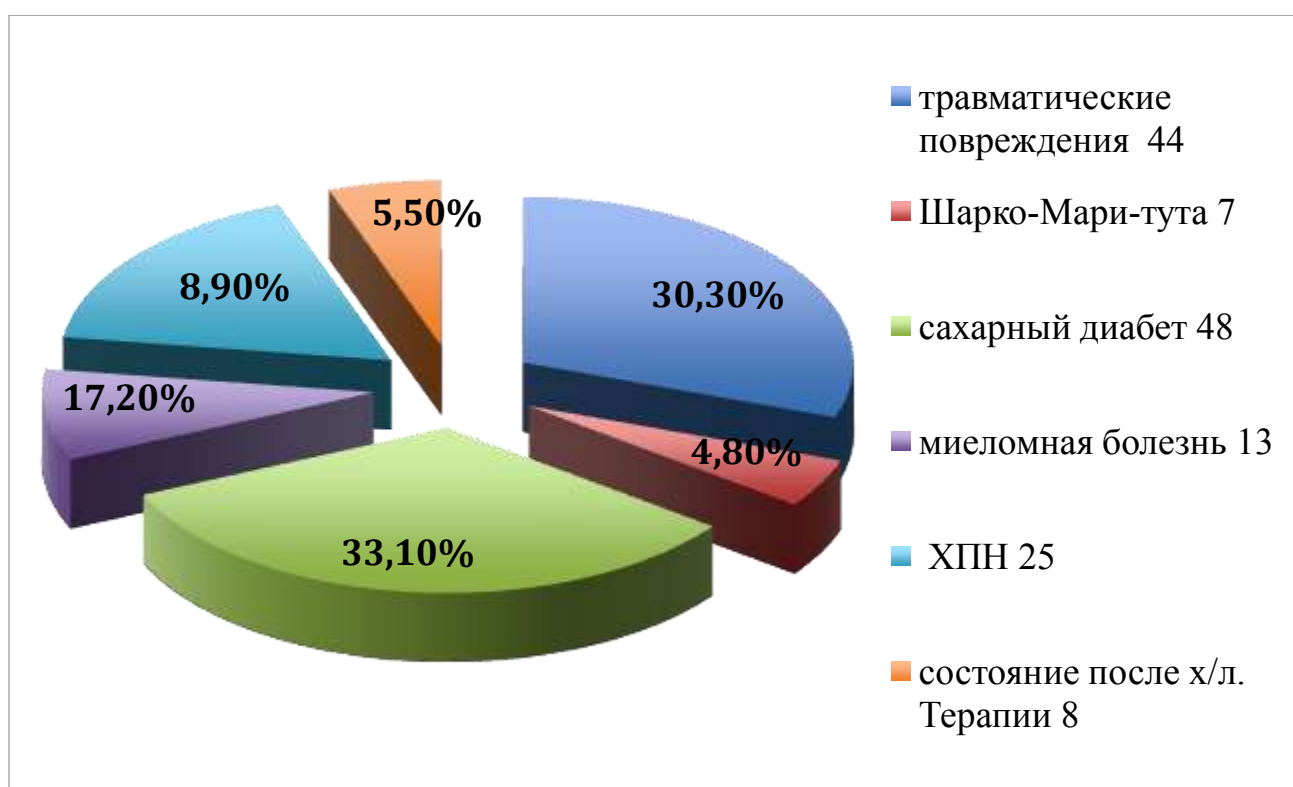


Рисунок 5. Пациенты с нейропатией при различных заболеваниях

Основной процент пациентов с клиническими проявлениями нейропатии чаще всего составляли женщины (рис. 6).

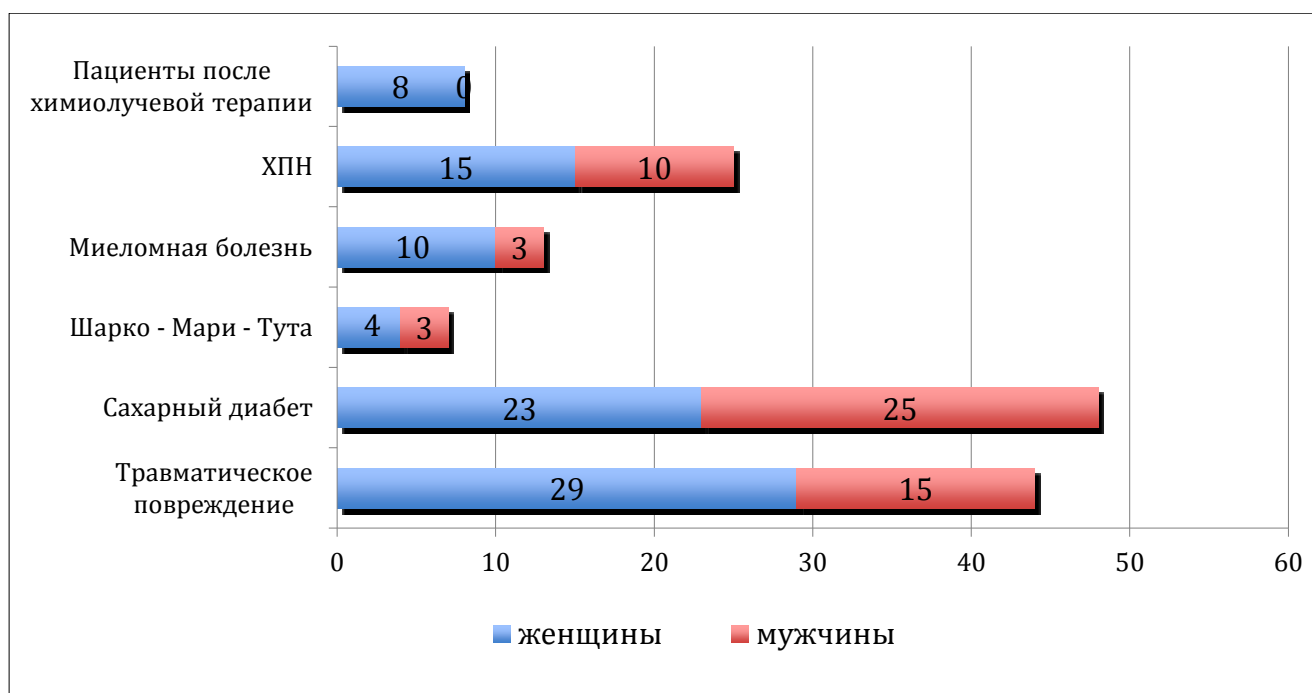


Рисунок 6. Соотношение мужчин и женщин в исследуемых группах

Среди пациентов с хронической почечной недостаточностью на гемодиализе преобладают женщины. Общее количество пациентов — 25 человек (100%), женщин — 15 (60%), мужчин — 10 (40%).

При УЗИ нервов и сплетений оценивались следующие параметры: анатомическая целостность, структура, эхогенность, дифференцировка на волокна, выраженность оболочки нервных стволов, отношение толщины к ширине в физиологических каналах (карпальный канал, канал Гийона), наличие дополнительных образований в структуре нервного волокна и в подлежащих к нерву тканях, изменение окружающих нервное волокно мягких тканей, целостность и наличие кровотока в близлежащих сосудах. При ультразвуковом исследовании нервное волокно представляет собой при продольном сканировании чередование гипо- и гиперэхогенных линейных структур, окруженных гиперэхогенной оболочкой; при поперечном сканировании нервное волокно выглядит как сота: множественные гипоэхогенные включения — нервная ткань — окружены гиперэхогенными оболочками — соединительная ткань.

Самый вариабельный вариант эхогенности встречается при сахарном диабете (изоэхогенный, гипоэхогенный, гиперэхогенный). Чаще всего у пациентов с

сахарным диабетом отмечается повышение эхогенности периферических нервов в 32 (66,7%) случаях. При наследственном заболевании Шарко-Мари-Тута нервное волокно обычной эхогенности с гиперэхогенной исчерченностью — во всех случаях (100%).

3.2 Методика исследования периферических нервов

В исследовании плечевого сплетения и периферических нервов нами была использована стандартная методика проведения билатерального ультразвукового обследования (Еськин Н.А., 2008 г.; Салтыкова В.Г., 2011 г.). В серошкальном режиме проводилась оценка нерва по стандартной схеме (контуры, размеры, форма, эхоструктура, эхогенность), при необходимости осуществляли панорамное сканирование нервного ствола, а затем переходили к доплерографической оценке (цветокодированные режимы, импульсно-волновая доплерография).

Для определения эхогенности нерва проводилось сопоставление его с тканью сухожилий и неизмененных отделов исследуемого нерва или с нервом на противоположной (здоровой) конечности.

При получении оптимальных ультразвуковых изображений нервов в В-режиме с помощью цветового доплеровского картирования определялось наличие сосудов в визуализируемых структурах, затем с помощью импульсно-волновой доплерографии дифференцировались сосуды с артериальным и венозным спектрами кровотока.

Лучевой нерв представляет собой самую большую ветвь задней порции плечевого сплетения. Визуализация нерва осуществляется на задней и латеральной поверхностях плеча, где он сопровождает плечевую артерию. В средней трети плеча лучевой нерв огибает плечевую кость и непосредственно прилегает к ней в спиральном канале. Именно со спирального канала целесообразнее всего начинать процесс сканирования лучевого нерва. Датчик устанавливается на латеральной поверхности средней трети плеча и плавно перемещается в проксимальном и дистальном направлении до уровня верхней

трети плеча. Форма нерва преимущественно овальная или округлая, эхоструктура однородная, мелкоячеистая, эхогенность несколько снижена.

Срединный нерв формируется из латерального и медиального пучков плечевого сплетения. На плече *n. medianus* располагается в медиальной бороздке двуглавой мышцы кпереди от плечевой артерии. Срединный нерв является самым крупным нервом верхней конечности, поэтому его визуализация не представляет сложностей. В проекции локтевого сустава в качестве маркера целесообразно использовать сосудистый пучок, срединный нерв располагается медиальнее по отношению к более глубоко расположенным плечевой артерии и вене. Форма срединного нерва округлая или овальная, эхоструктура мелкозернистая, эхогенность незначительно понижена.

Легче всего можно получить ультразвуковое изображение нерва в области карпального канала, где он расположен поверхностно. В области лучезапястного сустава срединный нерв (рис. 7) располагается под сухожилием длинной ладонной мышцы и между сухожилиями сгибателей, проходя под удерживателем сгибателей на кисть через так называемый карпальный канал [3, 5, 10].



Рисунок 7. Методика УЗИ (а) и визуализация срединного нерва (б) в лучезапястном суставе при поперечном сканировании

При продольном сканировании срединный нерв представляет собой продольный тяж с ровным контуром, умеренно пониженной эхогенности по сравнению с сухожилиями, с чередованием волокон повышенной и пониженной эхогенности (рис. 8).



a

б

Рисунок 8. Методика УЗИ (*a*) и визуализация (*б*) срединного нерва при продольном сканировании

Локтевой нерв является главной ветвью медиального пучка плечевого сплетения, на плече *n. ulnaris* ветвей не дает (рис. 9).

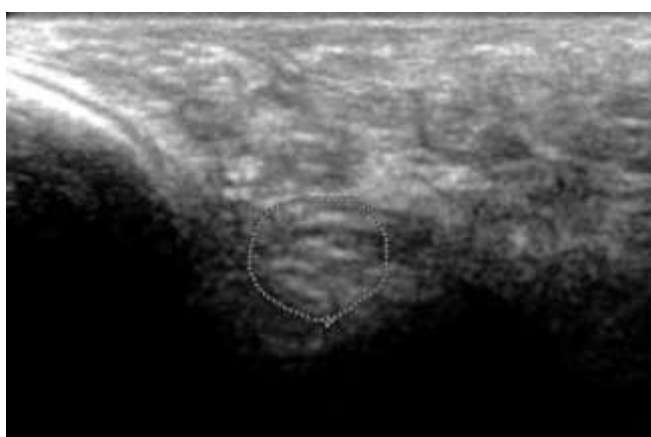


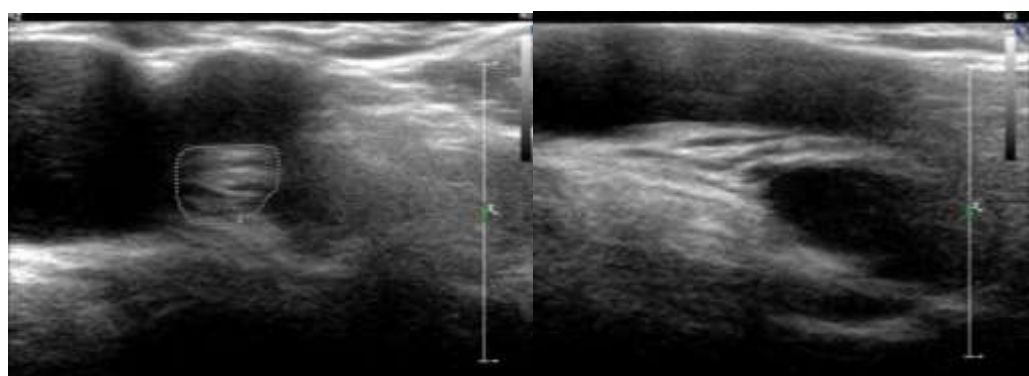
Рисунок 9. Эхограмма локтевого нерва в кубитальном канале. Округлое образование с гипер- и гипозохогенными включениями

В области локтевого сустава нерв проходит через кубитальный канал, сформированный медиальным надмыщелком плеча и локтевым отростком. Здесь локтевой нерв прилегает непосредственно к кости и сверху покрыт только фасцией и кожей. При ультразвуковом исследовании области локтевого сустава следует обратить внимание на то, чтобы рука пациента располагалась свободно и не была согнутой. Это важно, поскольку при сгибании локтевого сустава до 90 градусов диаметр нерва уменьшается за счет его растяжения [3, 11, 14].

В дистальном отделе предплечья нерв лежит между сухожилием локтевого сгибателя запястья медиально и латерально от локтевой артерии и вены. На кисть

локтевой нерв попадает через канал локтевого нерва, называемый каналом Гийона. При прохождении через канал локтевой нерв сопровождается одноименными артерией и веной. В дистальном отделе канала Гийона нерв делится на глубокую моторную ветвь и поверхностную чувствительную, и именно поверхностную ветвь продолжает сопровождать локтевая артерия, что позволяет легче ориентироваться при ультразвуковом исследовании. Форма нерва овальная, эхогенность умеренно пониженная или средняя, эхоструктура мелкоячеистая [2, 10, 12].

Бедренный нерв — самая крупная ветвь поясничного сплетения. Образуется на уровне V поясничного позвонка на передневнутренней поверхности большой поясничной мышцы из трех корешков, пересекает эту мышцу, спускается по подвздошной мышце к паховой связке, проходит под ней через мышечную лакуну на бедро. В бедренном треугольнике нерв располагается латеральнее бедренных сосудов, отделяясь от бедренной артерии глубоким листком широкой фасции бедра, иннервируя кожу переднемедиальной поверхности голени и медиального края стопы (до большого пальца). Для исследования бедренного нерва датчик размещается поперечно относительно ствола бедренного нерва, в средней трети паховой складки, в области сгиба тазобедренного сустава (рис. 10). Ориентирами для ультразвукового исследования бедренного нерва является бедренная артерия, которая визуализируется медиальнее нерва, в непосредственной близости от него.



а

б

Рисунок 10. Эхограмма бедренного нерва при продольном (а) и поперечном (б) сканировании

Седалищный нерв — самый большой из периферических нервов в организме человека. Седалищный нерв выходит из полости малого таза через большое седалищное отверстие под грушевидной мышцей. Седалищный нерв получает волокна из всех корешков крестцового сплетения, является смешанным нервом. Он спускается вдоль бедра между его задними мышцами, отдает им свои ветви и в подколенной ямке (или не доходя до нее) разделяется на две ветви: более толстый большеберцовый и сравнительно тонкий общий малоберцовый нервы; этими ветвями седалищный нерв иннервирует все мышцы голени и стопы и всю кожу этих областей, исключая тот участок кожи, в котором разветвляется подкожный нерв бедра.

Большеберцовый нерв является продолжением ствола седалищного нерва на голени. В подколенной ямке лежит позади одноименной вены; проходит вниз между головками икроножной мышцы (вместе с задними большеберцовыми артерией и веной), под сухожильной дугой камбаловидной мышцы, входит в голено-подколенный канал, покидает его позади медиальной лодыжки и делится там на свои конечные ветви — медиальный подошвенный нерв и латеральный подошвенный нерв [10, 15].

Уже в ягодичной области седалищный нерв доступен визуализации, необходимо только правильно определиться с частотой используемого датчика: при достаточной мышечной массе целесообразно применять датчики с частотой 2-5 МГц, если мышечная масса в ягодичной области не выражена, можно использовать датчики с частотой 5-9 МГц. В области ягодичной складки седалищный нерв располагается близко к широкой фасции бедра, смещается латерально и далее лежит под длинной головкой двуглавой мышцы бедра, располагаясь между ней и большой приводящей мышцей. В дистальных отделах бедра, чаще в верхнем углу подколенной ямки, нерв делится на две ветви: более толстую медиальную — большеберцовый нерв и более тонкую латеральную — общий малоберцовый нерв. Именно с этой области лучше всего начинать ультразвуковое исследование седалищного нерва и его ветвей.

Большеберцовый нерв по своему направлению является продолжением седалищного нерва. В подколенной ямке нерв располагается над подколенными веной и артерией и несколько кнаружи от них. На голень большеберцовый нерв попадает между головками икроножной мышцы и сопровождает задние большеберцовые сосуды, проходя под камбаловидной мышцей. На стопу большеберцовый нерв попадает через так называемый «тарзальный канал» или медиальный лодыжковый канал, образованный медиально внутренней лодыжкой, латерально фасцией удерживателем сгибателей.

Этот фиброзный туннель по строению сходен с карпальным каналом на кисти. На выходе из тарзального канала нерв делится на конечные ветви — медиальный и боковой подошвенные нервы. Большеберцовый нерв лучше всего исследовать в подколенной ямке и проксимальных отделах голени, а также на уровне внутренней лодыжки. В средней трети голени нерв располагается достаточно глубоко и его изображение трудно дифференцировать от окружающих тканей [2, 5].

Общий малоберцовый нерв, отделившись от основного ствола, спускается латерально под двуглавой мышцей бедра к головке бедренной кости. В области головки малоберцовой кости нерв располагается поверхностно, прикрыт только фасцией и кожей, здесь он также хорошо доступен визуализации. Далее общий малоберцовый нерв проникает в толщу проксимального отдела длинной малоберцовой мышцы и делится на две свои конечные ветви — поверхностный малоберцовый нерв и глубокий малоберцовый нерв. Визуализация конечных ветвей общего малоберцового нерва затруднена из-за их малого диаметра и отсутствия анатомических маркеров при их прохождении в толще мышц голени.

3.2.1 Комплексное исследование плечевого сплетения

В исследовании плечевого сплетения и периферических нервов нами была использована стандартная методика проведения билатерального ультразвукового обследования (Еськин Н.А., 2008 г.; Салтыкова В.Г., 2011 г.). При сравнении группы травматического генеза и контрольной группы оценено 92 сплетения: у 20

человек в контрольной группе и 26 пациентов в группе травматического генеза, которым проведена регионарная анестезия. Для оптимизации и безопасности проведения регионарной анестезии нами была изучена ультразвуковая анатомия плечевого сплетения в точках доступа: межлестничный, надключичный, подключичный, подмышечный. Полученные результаты вариабельности при ультразвуковом исследовании представлены в таблице 3.

Таблица 3. Вариабельность анатомического строения плечевого сплетения

Область плечевого сплетения	1 нервный ствол (кол-во, %)	2 нервных ствола (кол-во, %)	3 нервных ствола (кол-во, %)	4 нервных ствола (кол-во, %)	7 нервных стволов (кол-во, %)	Средняя площадь сечения нервного ствола, мм ²
1. Межлестничная	–	–	21 23±5,8	60 (65,4±6,6)	10 11,6±4,4	0,09-2,63
2. Надключичная	3 3,8±2,7	14 15,4±5,0	28 30,8±6,4	46 50±6,4	–	0,27-4,05
3. Подключичная	–	–	74 80,8%	18 19,2%	–	0,3-1,83
4. Подмышечная	–	–	39 42%	53 58%	–	0,45-1,93

Плечевое сплетение, *plexus brachialis*, складывается из передних ветвей четырех нижних шейных нервов (C5-C8) и большей части первого грудного (Th1); часто присоединяется тонкая ветвь от C4. Плечевое сплетение выходит через промежуток между передней и средней лестничными мышцами в надключичную ямку, располагаясь выше и сзади *a.subclavia*. Из него возникают три толстых нервных пучка, идущих в подмышечную ямку и окружающих *a.axillaris* с трех сторон: с латеральной (латеральный пучок), медиальной (медиальный пучок) и сзади от артерии (задний пучок).

В зависимости от локализации плечевого сплетения ультразвуковая картина может быть при поперечном сканировании в виде округлых или эллипсовидных, преимущественно гипоэхогенных образований, а в подмышечной области нервные стволы представлены гетерогенной структурой в виде пчелиных сот. При

продольном сканировании нервные стволы представлены гипэхогенными и гиперэхогенными линейными структурами, окруженными гиперэхогенной оболочкой, без четкой дифференциации на волокна.

Передняя и средняя лестничные мышцы ограничивают межлестничную борозду, расположенную глубже грудино-ключично-сосцевидной мышцы и латеральнее сонной артерии и внутренней яремной вены. При ультразвуковом исследовании шейное сплетение представлено гипэхогенными линейными структурами, окруженными гиперэхогенной оболочкой, без четкой дифференциации на волокна (рис. 11).

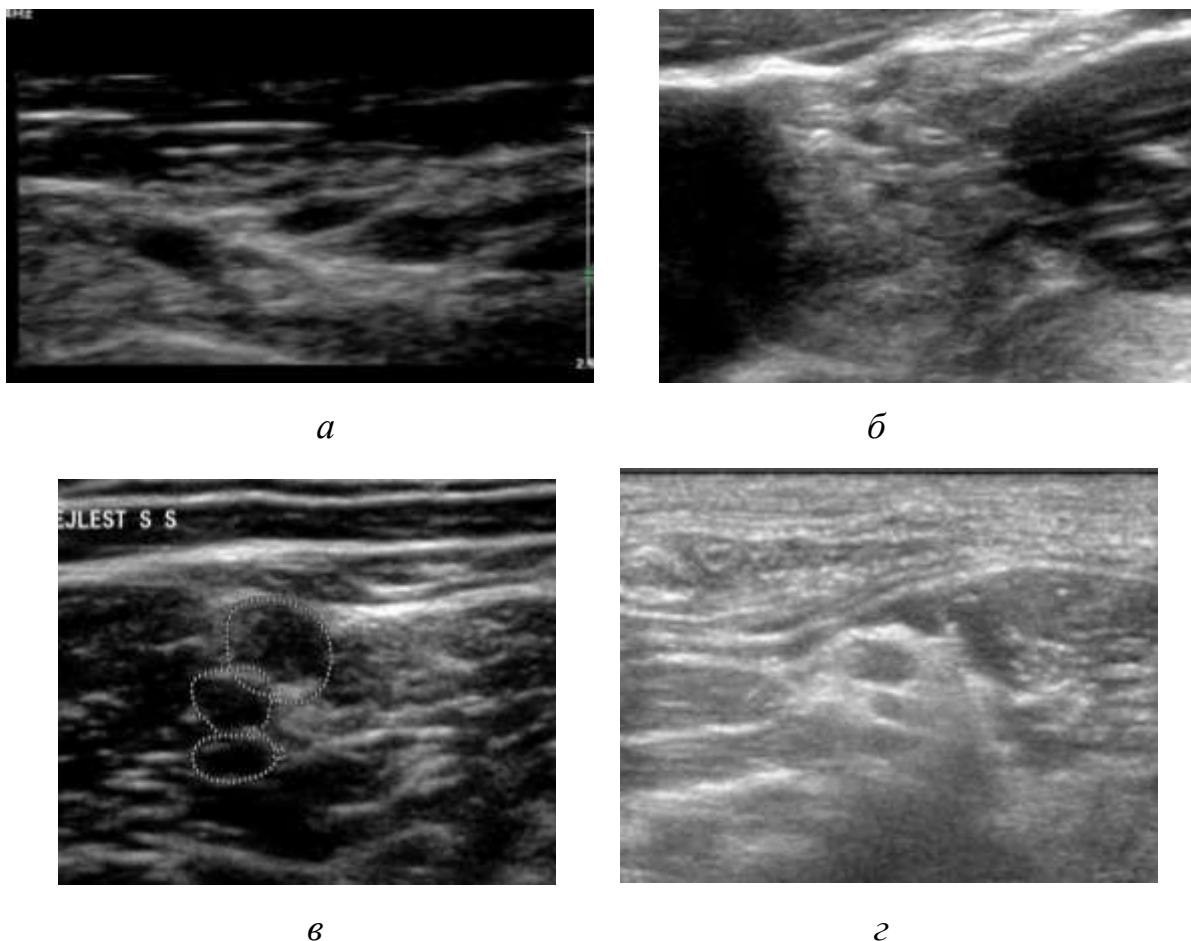


Рисунок 11. Эхограмма плечевого сплетения в межлестничном пространстве

Варианты визуализации плечевого сплетения. Гипэхогенные овальные и округлые структуры без четкой дифференцировки на волокна.

В надключичной области плечевое сплетение располагается наиболее компактно, это уровень нервных стволов (верхнего, среднего и нижнего) и/или их передних и задних разделений.

Сплетение расположено латеральнее и несколько кзади от подключичной артерии, вместе с которой оно проходит по направлению к подмышечной области над первым ребром и под ключицей. При сканировании в надключичной ямке в косой плоскости можно получить поперечное сечение подключичной артерии и плечевого сплетения.

Сплетение на этом уровне чаще всего выглядит как группа из нескольких округлых гетерогенных структур, напоминающих «пчелиные соты». По результатам проведенных исследований в данной проекции подключичную артерию в 50% случаев сопровождают четыре ствола, в 30,8% — три ствола, в 15,4% — два ствола, в 3,8% случаев — один ствол. В 12 (23,1%) наблюдениях эхоструктура нервных стволов была гипоехогенной, что значительно снижало визуализацию вне зависимости от толщины подкожножировой клетчатки. Площадь поперечного сечения нервных стволов в надключичной области составила от 0,27 до 4,05 мм².

Подключичный отдел плечевого сплетения состоит из верхнего, среднего и нижнего пучков. Три пучка вместе с подключичной артерией, располагаясь между ключицей и первым ребром, входят в подмышечную ямку, где при поперечном сканировании подключичный отдел визуализируется в виде трех гипоехогенных неоднородных образований округлой формы, расположенных вокруг подключичной артерии. При продольном расположении датчика получить одновременное изображение всех трех стволов практически невозможно.

В подключичной области (рис. 12) ветви плечевого сплетения располагаются кзади от большой и малой грудных мышц, окружая подмышечную артерию. Латеральная ветвь сплетения располагается латерально и сверху, задняя ветвь — кзади, а медиальная — кзади и медиальнее подмышечной артерии.



Рисунок 12. Визуализация плечевого сплетения в подключичной области в виде гипэхогенных округлых образований

Для визуализации сплетения в этой области можно использовать и линейный, и конвексный датчики с частотой от 4 до 12 МГц. По результатам проведенных исследований в 80,8% случаев около артерии определяется три ствола, в 10 (19,2%) наблюдениях — четыре. В большинстве случаев нервные стволы имели среднюю эхогенность, что составило 96,2%. Локализация вокруг сосуда выявлена в 36 (70,3%) наблюдениях, выше артерии — в 16 случаях. Площадь поперечного сечения нервных стволов в подключичной области составила от 0,3 до 1,83 мм².

Для исследования плечевого сплетения в аксиллярной области датчик устанавливается по передней, средней и задней подмышечным линиям поперечно и продольно. При поперечном сканировании нервы наиболее четко визуализируются в задней подмышечной складке в виде трех-четырех округлых образований, расположенных кпереди или вокруг подмышечной артерии. Форма нервов эллипсовидная, структура — мелкозернистая с чередующимися гипэхогенными округлыми пучками, окруженными тонкими гиперэхогенными перегородками (рис. 13).

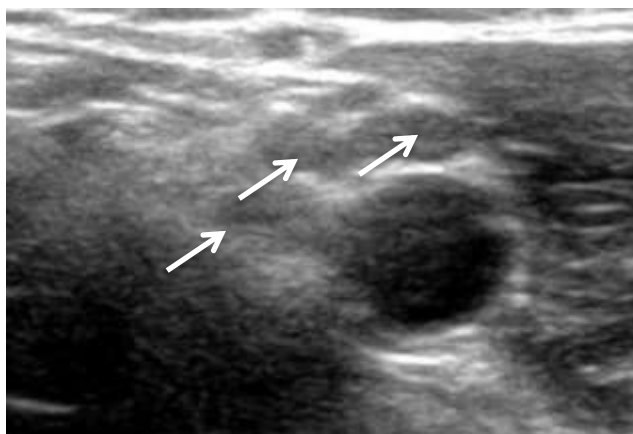


Рисунок 13. Визуализация плечевого сплетения (гипэхогенные округлые образования) в аксиллярной области

В аксиллярной области плечевое сплетение окончательно делится на ветви периферических нервов: срединного, локтевого, лучевого и кожно-мышечного. Датчик располагается вдоль подмышечной складки, перпендикулярно продольной оси верхней конечности. Нервы в подмышечной области гетерогенны и выглядят как «пчелиные соты». По результатам проведенных исследований в 58% случаев определяется четыре ствола, в 22 (42%) наблюдениях — три. Расположены нервные стволы относительно сосуда в разных вариациях. Площадь поперечного сечения нервных стволов в подмышечной области составила от 0,45 до 1,93 мм². Учитывая, что аксиллярная область является окончательным местом деления на периферические нервы, мы смогли проследить их расположение относительно сосуда: срединный, локтевой и лучевой нервы обычно располагаются близко к подмышечной артерии (рис. 14), между передней и задней мышечными группами. Срединный нерв чаще всего визуализируется кпереди и медиальнее артерии, локтевой — медиальнее артерии, а лучевой нерв — кзади от нее.

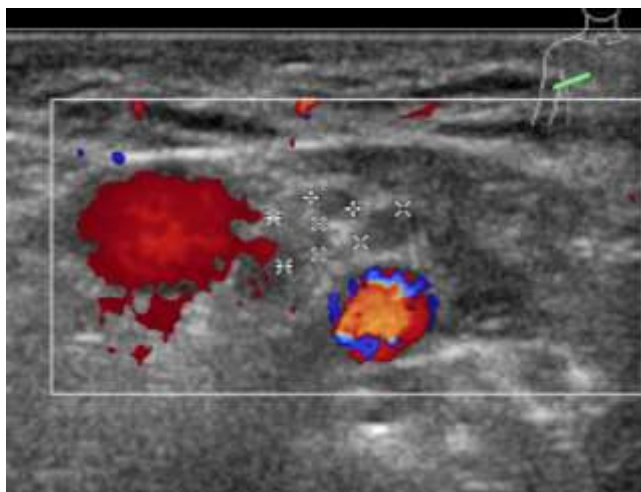


Рисунок 14. Плечевое сплетение, представленное тремя стволами между подмышечной веной и артерией

Одним из высоко информативных неинвазивных методов диагностики степени и уровня повреждения плечевого сплетения является МРТ. Нами обследовано 15 пациентов. При исследовании были использованы катушки для всего тела, округлая и седловидная катушки для шеи, поверхностная катушка для плечевого сустава. Были получены T1-ВИ и T2-ВИ (импульсные последовательности) в аксиальных (рис. 15) и корональных плоскостях (рис. 16).

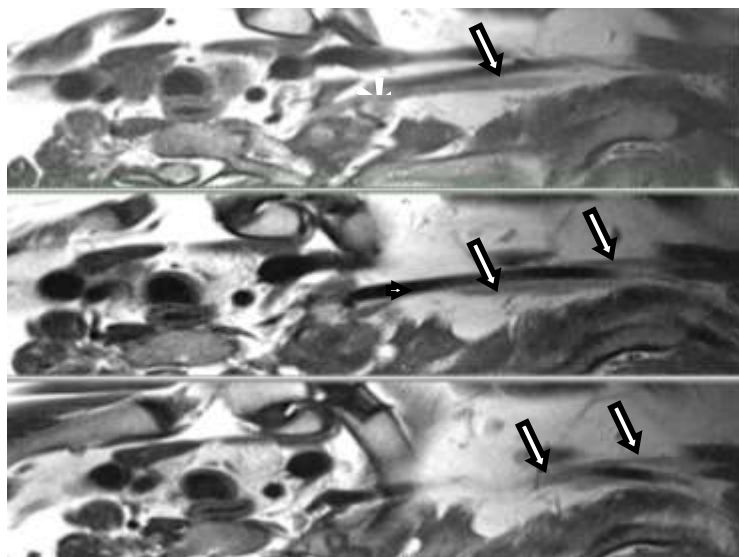
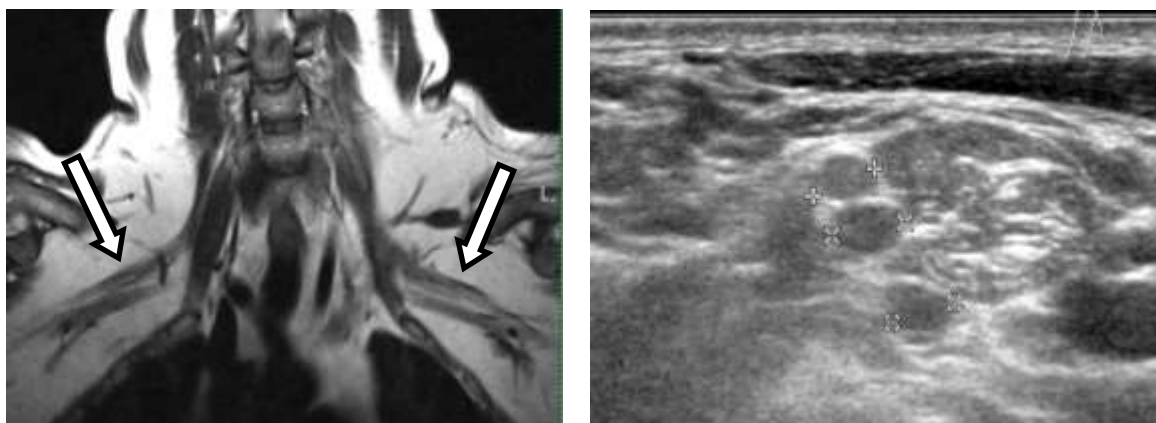


Рисунок 15. Аксиальные T2-взвешенные изображения плечевого сплетения (* — подключичная вена, > — подключичная артерия)

Как показало наше исследование, использование модификаций шейных катушек было оптимальным, когда в качестве задачи исследования ставилась оценка

спинного мозга, корешков, ганглионов, проксимальных отделов нервов (оптимальны сагиттальная, корональная и аксиальная плоскости). Катушка, предназначенная для исследования тела, позволяла получить информацию о дистальных отделах плечевых сплетений (оптимальны корональная и аксиальная плоскости).



а

б

Рисунок 16. МРТ — изображение плечевого сплетения (корональное T2 взвешенное изображение плечевого сплетения) (а), УЗ-изображение плечевого сплетения в межлестничной области (б). Плечевое сплетение определяется на УЗИ и МРТ в виде гипозоногенных структур

Нервные стволы хорошо визуализировались на T1-ВИ в виде линейных структур, соответствующей локализации и характерной двухконтурности. В норме центральные отделы имели более высокую интенсивность сигнала, что подчеркивалось более низкой интенсивностью сигнала от его оболочки. Толщина нервных стволов в норме изменялась в зависимости от уровня замера и варьировала от 0,55 до 0,69 см. Лучевая картина при МРТ подтверждала ход и строение нервных стволов плечевого сплетения, исследуемого при УЗИ. По результатам сравнительных данных МРТ и УЗД можно сказать, что к доступному методу оценки плечевого сплетения относится УЗИ. У 44 пациентов второй группы с травматическим повреждением периферических нервов проведено рентгенологическое исследование, но изображения нервных стволов получить не удалось даже при выполнении специальных укладок и «мягких» рентгенограмм, что делает данный метод неинформативным (рис. 17).



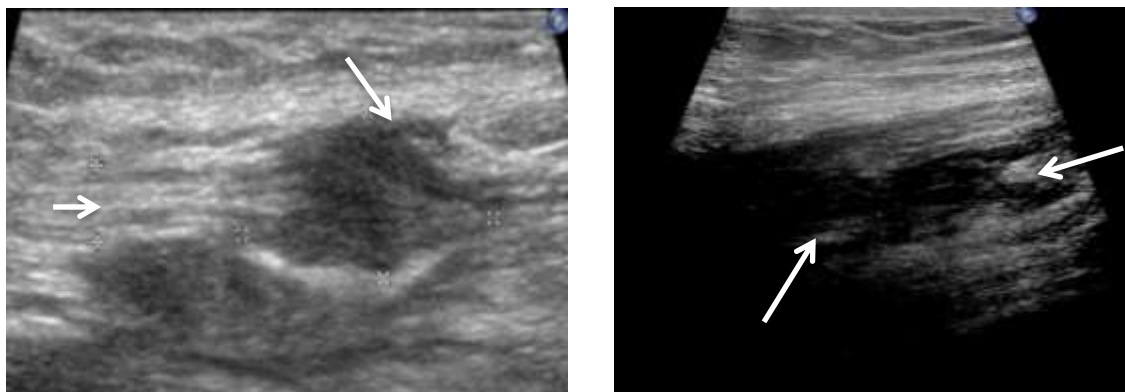
Рисунок 17. Рентгенологический снимок правого плеча. Визуализируются костные структуры, перелом и смещение отломков

3.3 Повреждения периферических нервов

У пациентов второй группы с травматическим повреждением периферических нервов проанализированы различные причины нарушения целостности нервного ствола. Наиболее частыми причинами повреждений являлось сдавление нерва рубцовой тканью или костной мозолью — 9 ($20,4 \pm 6,1\%$), пересечение нерва в результате резаной раны — 7 ($15,9 \pm 5,5\%$), сдавление нерва отломками кости или ущемление нерва между ними при переломах со смещением кости — 6 ($13,6 \pm 5,2\%$), частичное повреждения срединного нерва — в 6 случаях ($13,6 \pm 5,2\%$), ятрогенные повреждения нерва — в 3 случаях ($6,8 \pm 3,8\%$). При травматических повреждениях верхних конечностей у пациентов были выявлены изменения следующих нервов: локтевой нерв — 17 случаев ($38,63 \pm 7,3\%$), срединного нерва — 14 случаев ($31,82 \pm 7,0\%$), лучевой нерв — 7 случаев ($15,92 \pm 5,5\%$). Из них сочетанные повреждения периферических нервов: срединного и локтевого — 5 случаев ($11,36 \pm 4,8\%$); срединного и лучевого — 1 случай ($2,27 \pm 2,2\%$).

Образование невром, были выявлены у 16 пациентов ($36,3\%$). В наших исследованиях эхогенность и форма невром различались в зависимости от давности повреждения: при раннем повреждении неврома у трех пациентов, представляла собой образование повышенной эхогенности с неровными нечеткими контурами, при этом в мягких тканях наблюдалось изменение по типу инфильтрации и отека, что вызвало затруднение диагностики состояния нерва и

потребовалось провести исследование в динамике. Типичная ультразвуковая картина невромы наблюдалась у 13 пациентов, представляла образование пониженной эхогенности с ровными, четкими контурами (рис. 18). При исследовании невром в режиме ЦДК васкуляризации выявлено не было.

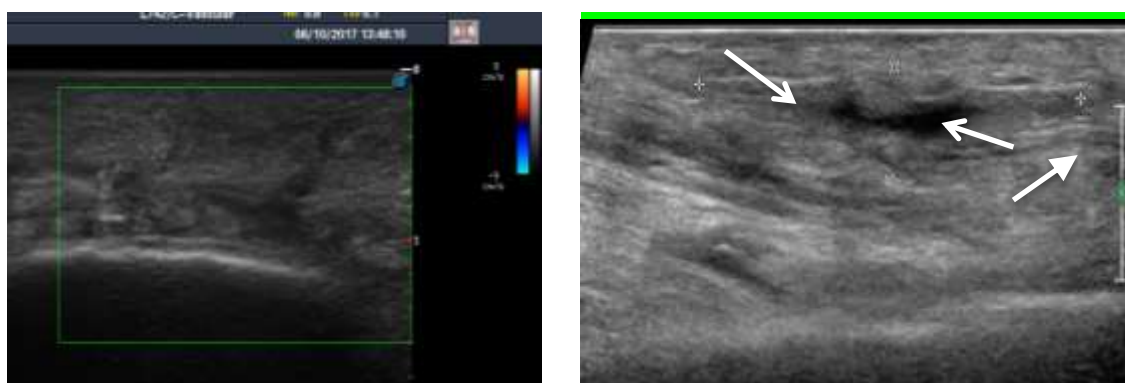


a

б

Рисунок 18. Повреждение срединного нерва (маленькая стрелка) с образованием гипозоногенной невромы (большая стрелка) *a* — УЗИ-динамика через пять дней: визуализируется повреждение нерва в виде образования концевых невром в виде гиперэхогенных образований с нечеткими контурами (*б*)

Комплексное ультразвуковое исследование позволяет оценить изменение в мягких тканях, выявить дополнительные образования (гематомы), отек, инфильтративные изменения (рис. 19).



a

б

Рисунок 19. Оценка мягких тканей с признаками отека В-режим, ЦДК, нерв четко не визуализируется (*a*). Образование гематомы (гипозоногенное образование неправильной формы) в прилежащих мягких тканях (*б*), отсутствие четкой визуализации поврежденного локтевого нерва (фигурная стрелка)

Таким образом, травматическое повреждение требует динамического ультразвукового исследования для выявления образования невром и оценки мягких тканей.

3.4 Ультразвуковое исследование при нейропатиях различного генеза

Нейропатии — группа заболеваний периферических нервов конечностей, проявляющихся нарушением функций или патологическими структурными изменениями в нерве. В третью группу вошел 101 (61,2%) пациент, 41 (24,8%) мужчина и 60 (36,4%) женщин с соматической патологией, имеющие клинические проявления нейропатии при заболеваниях различного генеза. Средний возраст пациентов составил 49,4 года. Всех пациентов третьей группы мы разделили на подгруппы в зависимости от заболевания.

В третью группу были включены пациенты с соматической патологией, имеющие клинические проявления нейропатии — 101 (61,2%), которые были разделены на подгруппы (табл. 4).

Таблица 4. Распределение пациентов третьей группы с заболеваниями соматического генеза по подгруппам

Под группы	Заболевания	Количество, %	Возраст, лет
А	Сахарный диабет	48 (33,1)	$55,8 \pm 6,6$
Б	ХПН на гемодиализе	25 (17,2)	$49,0 \pm 7,2$
В	Миеломная болезнь	13 (8,9)	$60,8 \pm 4,8$
Г	Наследственное заболевание Шарко-Мари-Тута	7 (4,8)	$34,3 \pm 14,3$
Д	Состояние после химиолучевой терапии после мастэктомии	8 (5,5)	$38,8 \pm 13,0$
ИТОГО:		101	

Подгруппа А — 48 ($33,1 \pm 3,9\%$) пациентов с сахарным диабетом 2-го типа, подгруппа Б — 25 ($17,2 \pm 3,1\%$) больных с хронической почечной недостаточностью; подгруппа В — 13 ($8,9 \pm 2,4\%$) пациентов с миеломной болезнью, подгруппа Г — 7 пациентов с наследственным заболеванием Шарко-

Мари-Тута ($4,8 \pm 1,8\%$), подгруппа Д — 8 пациентов ($5,5 \pm 1,9\%$) после химиолучевой терапии.

При исследовании наиболее доступное для ультразвуковой визуализации расположение периферических нервов отмечается в физиологических каналах: большеберцовый нерв в тарзальном канале, срединный нерв — в карпальном канале, лучевой нерв — в кубитальном канале. Поэтому при всех соматических патологиях оценка нервного волокна происходила именно в этих точках. Всем пациентам было выполнено билатеральное ультразвуковое исследование одноименных нервов.

3.4.1 Нейропатии при сахарном диабете, осложненном синдромом диабетической стопы

Проведено ультразвуковое исследование периферических нервов верхних и нижних конечностей у 48 больных (25 мужчин и 23 женщины) сахарным диабетом в стадии компенсации. Длительность заболевания составила в среднем $14,8 \pm 6$ лет.

При ультразвуковом исследовании периферических нервов (седалищный, большеберцовый, малоберцовый) определялись следующие параметры: четкость визуализации нервных стволов, дифференцировка на волокна, площадь сечения, толщина оболочки нервных волокон, состояние мягких тканей, окружающих нервный ствол. Параллельно исследовались артерии нижних конечностей: оценивалась толщина и структура стенок, просвет сосуда, тип кровотока, Vps, ТАМХ, RI (три последних показателя определялись в артериях стоп).

При анализе историй болезни клиницистами выставлялся диагноз полинейропатия. У 43 (90%) пациентов с сахарным диабетом длительность заболевания составляла более 10 лет, больные отмечали жалобы на парестезии и болевые ощущения в нижних конечностях.

При исследовании были выявлены минимальные эхографические изменения периферических нервов нижних конечностей: дифференцировка на волокна преимущественно нечеткая, эхогенность во всех случаях нормальная или

пониженная, оболочка нервного ствола не изменена, примерно одинаковой толщины $0,1 \pm 0,01$ мм.

В зависимости от состояния окружающих мягких тканей менялась дифференцировка нервного ствола на волокна. Также отмечалось некоторое понижение эхогенности нервного волокна, но данных о синдроме сдавления нерва нами не было выявлено, размеры поперечного сечения нервных стволов не менялись. При ультразвуковом исследовании периферических нервов у пациентов с сахарным диабетом оценивали преимущественно бедренный нерв, его структуру, эхогенность, дифференциацию на волокна, а также мягкие ткани.

При ультразвуковом исследовании большеберцового нерва у 30 (91%) пациентов с СД и с проявлениями СДС были выявлены: изменения дифференцировки на волокна, эхогенность нормальная или повышенная, граница от окружающих тканей нечеткая (рис. 20).

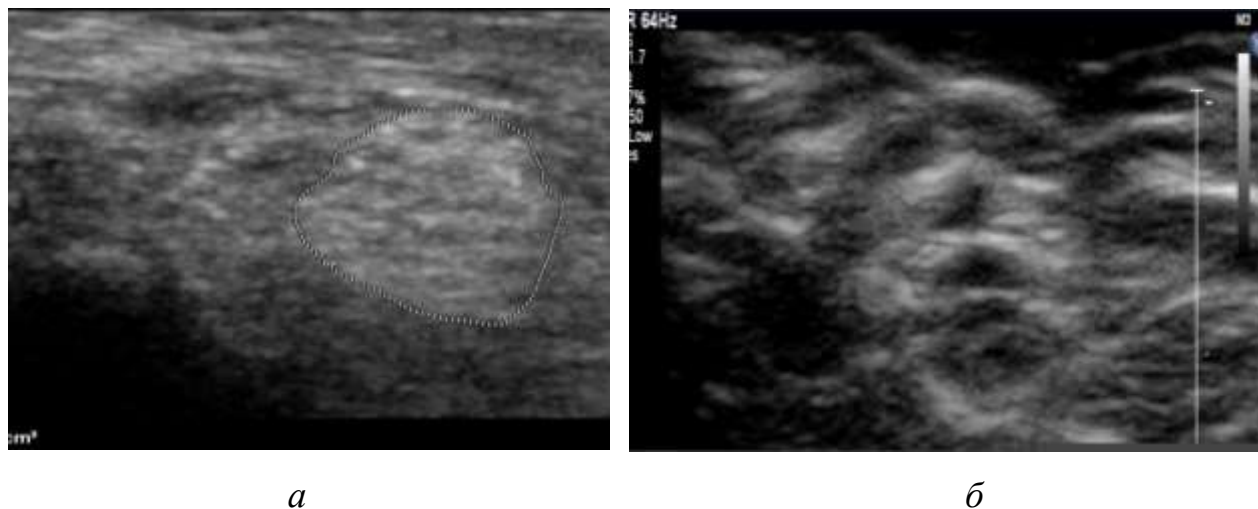


Рисунок 20. Большеберцовый нерв у пациента: *а* — с сахарным диабетом (повышение эхогенности, отсутствие четкой дифференцировки на волокна), *б* — большеберцовый нерв у здорового человека (чередование гипо- и гиперэхогенных включений, окруженных гиперэхогенной оболочкой)

3.4.1.1 Сравнительная характеристика методов УЗИ и ЭНМГ

Наибольший интерес представляют результаты сравнительного исследования УЗИ и ЭНМГ у 33 больных с СДС в диагностике нейропатии. Отличительной особенностью этих пациентов представляло осложнение в виде

гнойно-некротических изменений в нижних конечностях, что значительно затрудняло проведение ЭНМГ и у некоторых пациентов явилось противопоказанием. Исследовали 66 большеберцовых нервов, при этом изменения регистрировались на одной конечности в виде снижения М-ответа, где отмечались клинические проявления (рис. 21).



Рисунок 21. Большеберцовый нерв при сахарном диабете: а — УЗ-изображение (контуры нерва нечеткие, эхогенность повышена, дифференцировка на волокна не выражена); б — электронейромиограмма отмечается в виде снижения пиков

Для диагностики нейропатий при сахарном диабете у пациентов с синдромом диабетической стопы также применялся метод электронейромиографии. В основе ЭНМГ лежит применение электрической стимуляции нерва с последующим анализом параметров, регистрируемых с иннервируемой мышцы или с самого нерва. Данный метод можно использовать для исследования любого доступного периферического нерва. Методом ЭНМГ обследовано 33 пациента. Полученные данные ЭНМГ в 29 (89,5%) случаях соответствовали снижению проведения импульсов по нервному волокну. Следует отметить, что у 4 (10,5%) пациентов было снижение проведения нервного импульса по результатам ЭНМГ, в то время как по данным УЗИ большеберцового нерва изменений не было выявлено. Вероятнее всего, что структурные изменения нервного волокна визуализируются на эхограмме позже, чем регистрируются нарушения проведения нервного импульса по нерву, поэтому ЭНМГ является самым чувствительным и

информативным методом в диагностике повреждения нервного волокна различной этиологии. Противопоказаниями в проведении ЭНМГ при СД являются выраженные проявления СДС в виде повреждений кожных покровов (язвенно-некротические повреждения на коже голени). Для проведения УЗИ эти осложнения не являются препятствием и не доставляют пациенту болевых ощущений.

Сравнительный анализ эхогенности и структуры периферических нервов у пациентов, больных сахарным диабетом, показал, что ультразвуковое исследование обладает уровнем чувствительности 97% и достаточным уровнем специфичности (67,6%), что является достоверным для первичной диагностики поражения и динамического наблюдения за состоянием периферических нервов. Для большеберцового нерва доверительный интервал 95%.

3.4.2 Нейропатии при наследственных заболеваниях

Пациенты с наследственными моторно-сенсорными нейропатиями относятся к группе периферических полинейропатий, основные клинические проявления которых обусловлены поражением миелиновой оболочки или осевых цилиндров периферических нервов. В эту группу вошло семь человек (три мужчины и четыре женщины). Первое заболевание этой группы — невральная амиотрофия, или болезнь Шарко-Мари-Тута, было описано в 1886 году. Ультразвуковое исследование пациентам проводили для малоберцового, большеберцового и срединного нерва (всего 56 нервов).

При исследовании выявлено, что по своему строению и эхогенности нерв на нижних конечностях отличался нечеткостью разделения на гипо- и гиперэхогенные волокна, преобладанием повышенной эхогенности за счет гиперэхогенного линейного компонента, а также отмечалась выраженная гиперэхогенная оболочка нервного волокна, несколько утолщенная по сравнению с неизмененным срединным нервом (рис. 22). Мышечная ткань в дистальных отделах нижних конечностей в проекции измерения нервного волокна была истончена, отмечалась несколько повышенная эхогенность за счет преобладания

гиперэхогенного линейного компонента по сравнению с мышечной тканью у здорового человека (рис. 23).

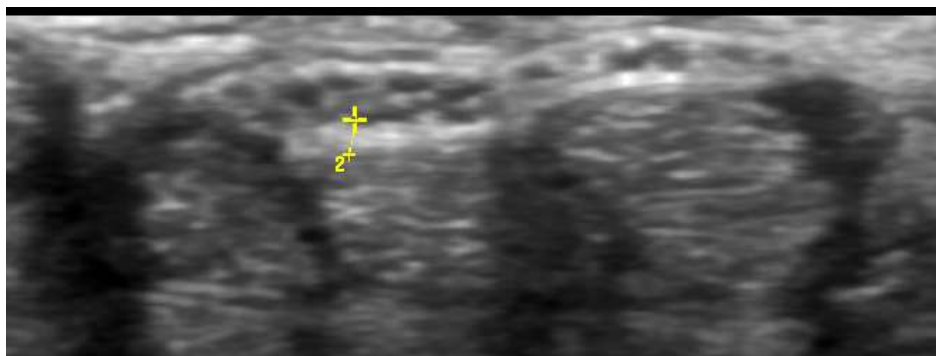
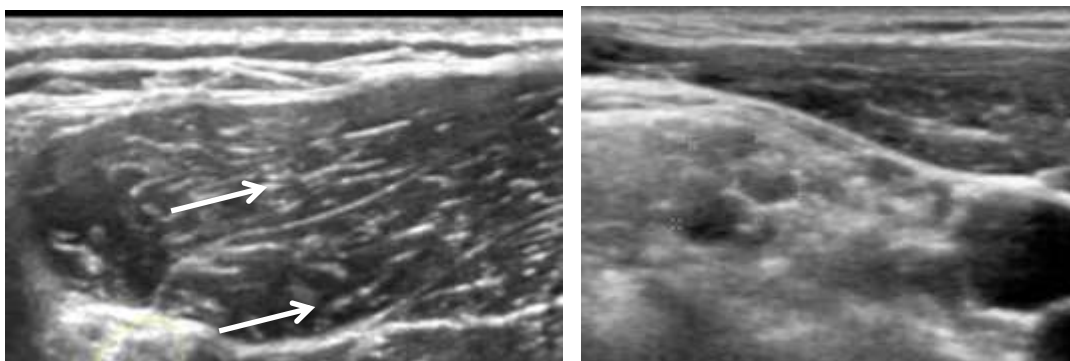


Рисунок 22. Утолщение оболочки срединного нерва у пациента с наследственным заболеванием Шарко-Мари-Тута



а

б

Рисунок 23. Мышцы голени с выраженной гиперэхогенной исчерченностью различной направленности (стрелочки) у пациента с заболеванием Шарко-Мари-Тута (а), мышцы голени в контрольной группе (б)

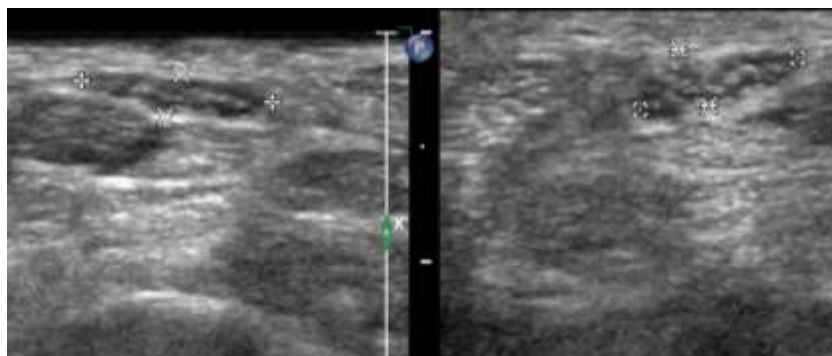
Наибольшие изменения выявлены при исследовании большеберцовых нервов — 14, также присутствовали туннельные синдромы в карпальном канале с изменением срединного нерва — 4 случая, и синдром канала Гийона с изменением локтевого нерва — 2 случая.

3.4.3 Нейропатии у пациентов с ХПН и миеломной болезнью

Проведено ультразвуковое исследование у пациентов с хронической почечной недостаточностью, находящихся на гемодиализе от 10 до 20 лет. В эту группу вошло 25 человек, из них 15 женщин и 10 мужчин. У всех больных с ХПН

отмечались болезненные ощущения в кистях рук и снижение чувствительности в пальцах.

При УЗ-исследовании периферических нервов верхних конечностей у 30% пациентов выявлены изменения срединного нерва на обеих руках, в остальных случаях отмечалось изменение на одной руке. Во всех случаях выявлялось снижение эхогенности срединного нерва и уплощение его в карпальном канале (отношение толщины к ширине волокна составило 1:4) (рис. 24).



а

б

Рисунок 24. Уплотнение срединного нерва в переднезаднем размере и гипоэхогенная структура при синдроме карпального канала (а), нормальная эхокартина срединного нерва с чередованием гипо- и гиперэхогенных волокон

Еще один вариант туннельного синдрома в карпальном канале представлен на рисунке 25.

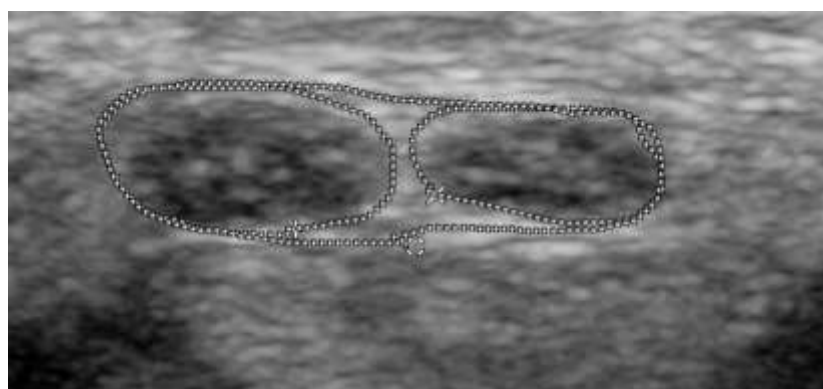


Рисунок 25. Удвоенный срединный нерв за счет соединительнотканной перегородки: синдром карпального канала

Клинический случай: у больной Г., 48 лет, ХПН, находящейся на гемодиализе более 20 лет, помимо изменений срединного нерва на правой руке,

выявлены образования по ходу малоберцового нерва (рис. 26) и на стопе правой ноги. Образования имели однородную структуру, пониженную эхогенность, четкие ровные контуры, размеры от 10 до 29 мм. Данные образования были расценены как невромы, что подтверждено при гистологическом исследовании.

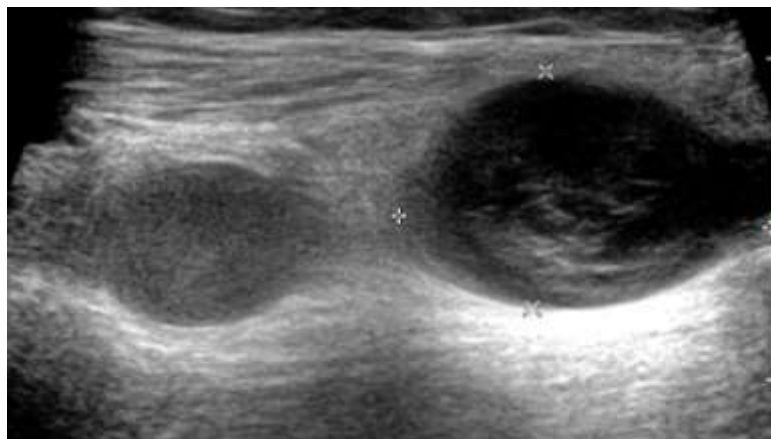


Рисунок 26. Невромы представленные гипоэхогенными округлыми образованиями в проекции большеберцового нерва, в нижней трети голени

Группа пациентов с миеломной болезнью состояла из 13 человек: 10 женщин и 3 мужчин.

У всех пациентов отмечались неприятные ощущения в предплечьях и в области локтевых суставов.

При обследовании выявлен синдром кубитального канала в 84,6% случаев в виде утолщения нервного волокна и его оболочки, снижения эхогенности. У одного пациента отмечались комбинированные изменения всех групп нервов: срединного, локтевого, большеберцового.

В ходе исследования мы оценивали структуру и эхогенность периферических нервов. Структура срединного нерва при нейропатиях чаще всего однородная при заболеваниях Шарко-Мари-Тута, ХПН, после химиолучевой терапии. Большеберцовый нерв при соматических нейропатиях был неоднородный, при сахарном диабете — чаще неоднородный. Поскольку при сахарном диабете эхогенность нерва отмечалась в основном неоднородной и повышенной эхогенности, это можно считать как ультразвуковой признак.

3.5 Комплексное ультразвуковое исследование мягких тканей у пациентов после мастэктомии

В настоящее время показания для эластографии четко не определены, и мы поставили задачу определить роль и место эластографии в группе пациентов с клиникой нейропатии при различных соматических заболеваниях. Пациенты в количестве 101 человек исследовались методом ультразвуковой диагностики с функцией эластографии: 48 ($33,1 \pm 3,9\%$) пациентов с сахарным диабетом; 25 ($17,2 \pm 3,1\%$) больных с хронической почечной недостаточностью; 7 пациентов с наследственным заболеванием Шарко-Мари-Тута ($4,8 \pm 1,8\%$); 13 ($8,9 \pm 2,4\%$) пациентов — с миеломной болезнью; 8 ($5,5 \pm 1,9\%$) человек — с состоянием после химиолучевой терапии. Анализируя ультразвуковые изображения в режиме компрессионной эластографии как до, так и после лечения, оценивались следующие показатели: тип эластографического окрашивания, коэффициент жесткости измеренного в кПа.

При ультразвуковом исследовании и эластографии оценивалось: эхогенность нерва, дифференцировка на волокна, изменение оболочки нерва, изменения окружающих мягких тканей, показатели плотности нервного волокна, показатели плотности окружающих мягких тканей. Индекс эластичности (E) может иметь численное выражение от 0,0 до 6,0. Данный индекс показывает распределение цвета в пределах измеряемого круга (в области исследования) относительно всей области исследования. Более высокое значение означает «повышенную жесткость» и «преобладание синего цвета» (рис. 27).

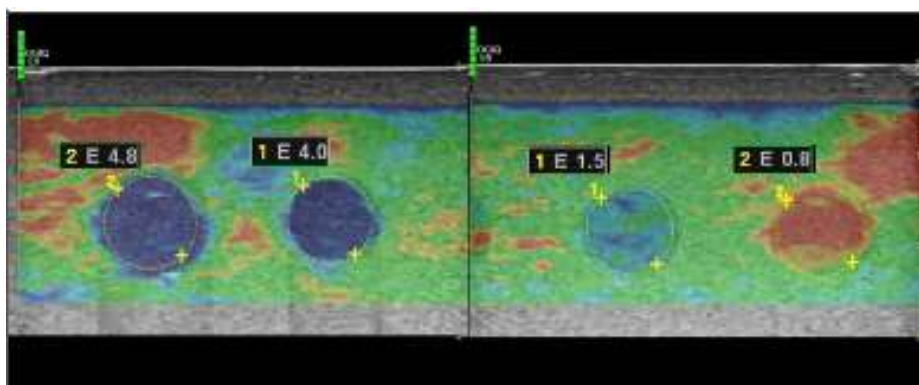


Рисунок 27. Цветовое определение жесткости образования режима эластографии

По результатам исследования оказалось, что структура нервного волокна и его оболочки не нарушена, дополнительных образований нет. При оценке мягких тканей выявлен лимфостаз в проекции нижней трети предплечья (рис. 28) и верхней трети предплечья (рис. 29).

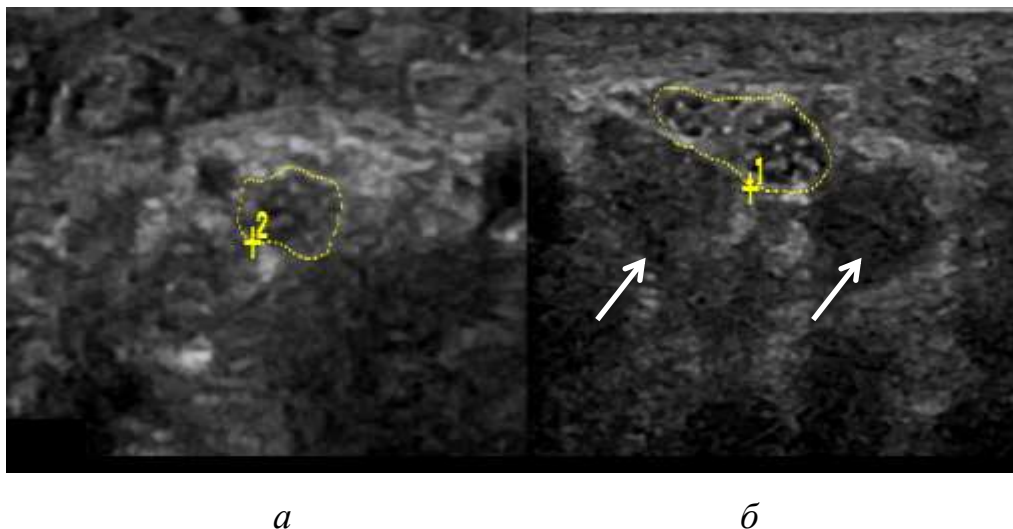


Рисунок 28. Срединный нерв в проекции карпального канала, окружающие мягкие ткани с признаками лимфостаза

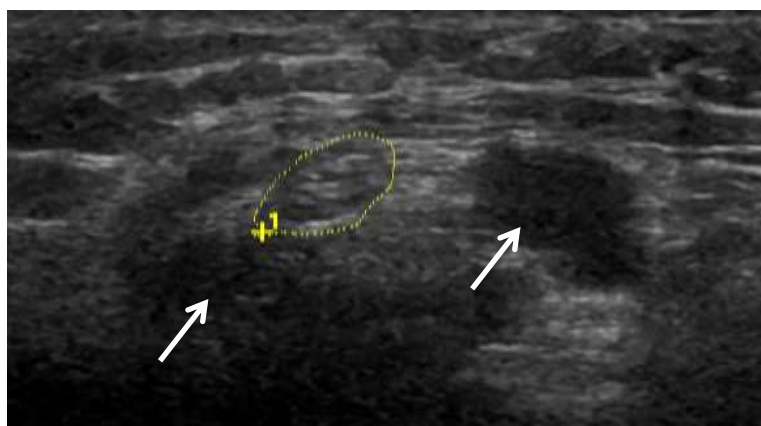


Рисунок 29. Срединный нерв в проекции верхней трети предплечья, окружающие мягкие ткани с признаками лимфостаза

При проведении исследования в режиме эластографии показателей плотности в точке измерения нервного волокна колебались от 0,5 до 1,5, в проекции оболочки увеличение до 5,0; в области окружающих мягких тканей цифры колебались от 2,0 до 3,2 (рис. 30).

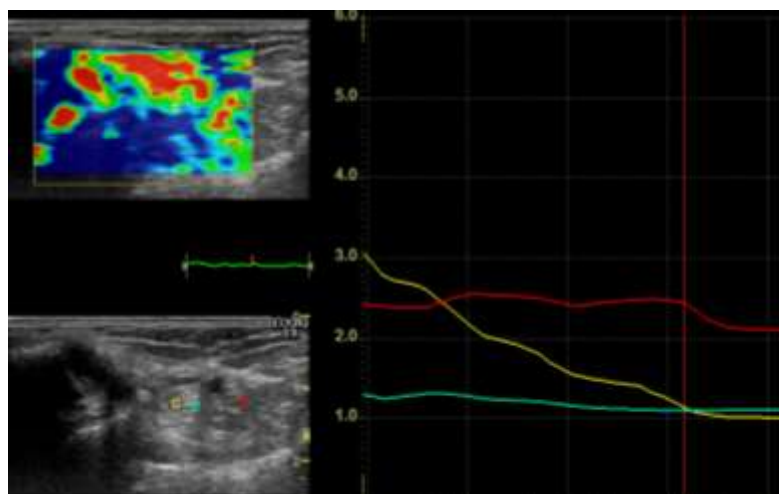


Рисунок 30. Проведение исследования в режиме эластографии

На рисунке 31 представлены данные о частоте встречаемости лимфостаза при различных соматических патологиях.

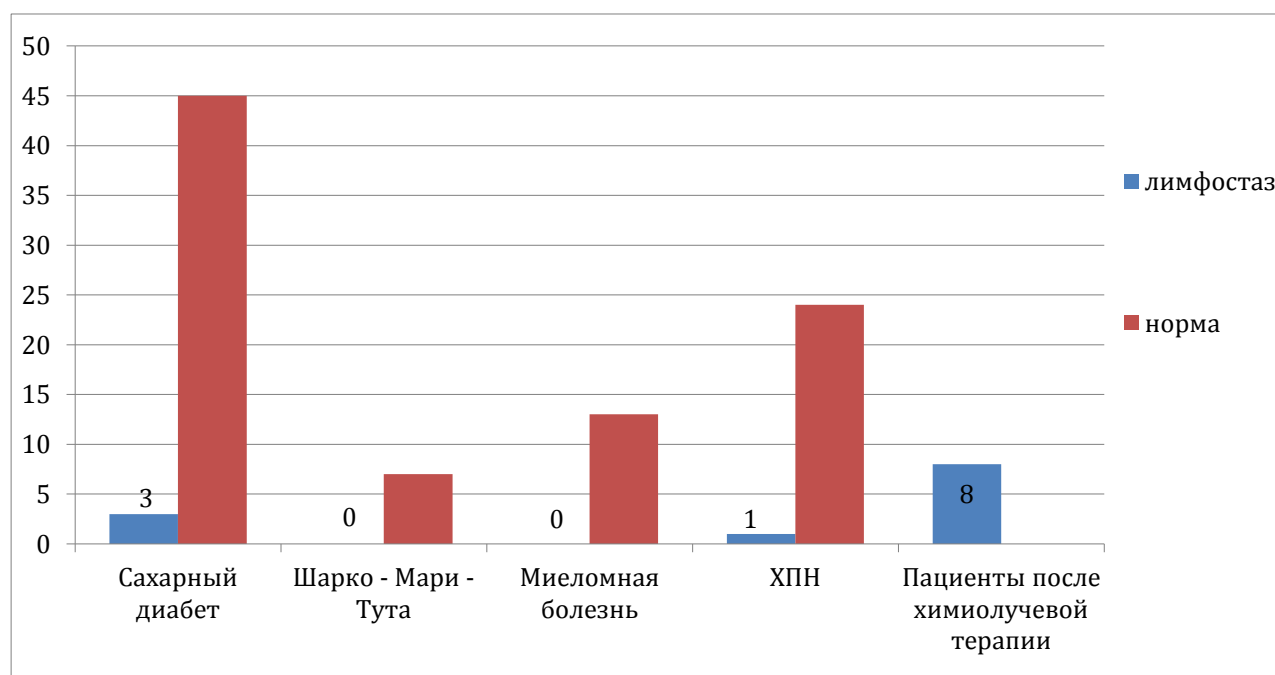


Рисунок 31. Оценка лимфостаза при нейропатии различных соматических заболеваний

Интерес к изучению данной группы обусловлен тем, что проявления лимфостаза могут являться причиной нейропатии и усугублять ее течение. При УЗИ не составляет трудности выявить наличие лимфостаза, однако у ряда пациентов не представляется возможным. Возможности компрессионной эластографии позволяют дополнить ультразвуковое исследование срединного нерва и мягких тканей у пациенток с признаками лимфостаза. Методом ДС с ЦДК

признаки тромбоза в подмышечной вене были исключены у этой группы пациентов. При билатеральном исследовании нерв был не изменен на всем протяжении. В мягких тканях, со стороны операции, отмечался лимфостаз в пяти случаях. При эластографии измеряли показатели жесткости нервного волокна, окружающих мягких тканей. Индекс эластичности (Е) имеет в неизмененных тканях индекс до 1,5 кП. В более жестких структурах индекс может увеличиваться до 6,0 кП. При проведенном исследовании в режиме эластографии показатели жесткости в точке измерения нервного волокна колебались от 0,5 кП до 1,5 кП, в проекции оболочки — увеличение до 5,0 кП; в области окружающих мягких тканей со стороны проведенной химиолучевой терапии цифры колебались от 2,0 кП до 3,2 кП (см. рис. 15). На противоположной стороне цифры жесткости доходили до 2,0 кП.

Таким образом, пациентки после химиолучевой терапии, у которых по результатам комплексного ультразвукового исследования с применением компрессионной эластографии показатели жесткости 2,0-3,2 кП, позволяют предполагать наличие взаимосвязи туннельного синдрома и лимфостаза. Эти пациентки должны находиться под более пристальным вниманием ввиду возможного прогрессирования туннельного синдрома.

На основании результатов нашего исследования периферических нервов у 101 пациента с соматической патологией выявлено два варианта эхографической картины нейропатии. Первый вариант: повышение эхогенности без четко выраженной структуры нерва в 32,3% случаев, характерный для синдрома диабетической стопы, второй вариант — изменение по типу туннельного синдрома в 46% случаев, встречается у пациентов с ХПН, миеломной болезнью, у пациентов после химиолучевой терапии.

Нами показана необходимость оценки мягких тканей, особенно в группе пациентов с наследственными заболеваниями, после химиолучевой терапии, что в дальнейшем требует динамического наблюдения. Наличие неврологической симптоматики и нейропатии предполагает рекомендовать исследования периферических нервов в динамике.

ГЛАВА 4 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Самыми распространенными заболеваниями периферических нервов конечностей, проявляющихся нарушением функций или патологическими структурными изменениями в нерве, являются нейропатии [30]. Повреждения нервов — это одни из тяжелых видов травм, которые обуславливают полную или частичную нетрудоспособность, вынуждают больных менять профессию и нередко становятся причиной инвалидности [8, 44].

Число травматических нейропатий варьируется в пределах от 1,5 до 6% от числа всех травм конечностей [5, 6, 12], из них наиболее частыми травматическими повреждениями являются травмы верхних конечностей: 41,9% от всех повреждений периферических нервов [3, 32, 92]. Наиболее часто (в 58,4% случаев) сочетанные повреждения нервов наблюдаются в нижней трети предплечья [26, 30, 93]. Исследуемые пациенты с травматическим повреждением периферических нервов проходили лечение в отделении микрохирургии. Самыми частыми повреждениями являлись повреждения при сдавлении нерва рубцовой тканью или костной мозолью — 9 случаев (20,4%), пересечение нерва в результате резаной раны — 7 (15,9%), повреждение отломками кости или ущемление нерва между ними при переломах со смещением — 6 (13,6%), застарелые повреждения срединного нерва — в 6 случаях (13,6%). Образование посттравматических невром отмечалось в 16 случаях (36,3%). Представленные травмы сопровождались следующими повреждениями периферических нервов: локтевой нерв 17 случаев (38,63%), лучевой нерв — 7 случаев (15,92%), срединный нерв — 14 (31,82%). Таким образом, травматическое повреждение требует динамического ультразвукового исследования для выявления образования невром и оценки мягких тканей.

Травмы данной локализации приводят к более выраженным, чем при изолированных повреждениях, нарушениям функции верхней конечности [26, 31, 44], поэтому их относят к группе тяжелых повреждений, которые лечат оперативным путем. В настоящее время для обезболивания верхней конечности

проводят регионарную анестезию, самое существенное преимущество технологии ультразвука заключается в возможности дать анатомическую экспертизу области интереса в реальном времени [145].

У пациентов, которым в результате оперативного лечения проводили регионарную анестезию, мы проанализировали анатомические особенности расположения и количества нервных стволов в различных точках. При регионарной анестезии использовались стандартные точки: межлестничная, надключичная, нижнеключичная, аксиллярная. В межлестничном пространстве при сканировании наблюдалась вариабельность числа нервных стволов: 4 ствола в 34 случаях — 65,4%, 3 ствола в 12 случаях — 23 % и 7 стволов в 6 случаях — 11,6 %.

В надключичной области плечевое сплетение чаще всего выглядит как группа из нескольких округлых гетерогенных структур, напоминающих «пчелиные соты». В данной проекции мы выявили, что подключичную артерию сопровождают: 2 ствола в 8 случаях — 15,4%, 3 ствола в 16 случаях — 30,8%, 4 ствола в 26 случаях — 50% и в 2-х случаях (3,8%) определялся только один ствол.

В нижнеключичной области ветви плечевого сплетения представлены двумя вариантами количества нервных стволов вокруг артерии: 3 в 42 случаях (80,8%) и в 10 случаях (19,2%) нервных стволов было 4. В аксиллярной области плечевое сплетение состояло из 3 в 22 случаях (42%) или 4 — в 30 случаях (58%) нервных стволов. Учитывая, что при ультразвуковом исследовании возможно подробно оценить состояние и количество нервных стволов в точке доступа, а также уточнить их локализацию относительно сосудов, появилась возможность оптимизации и эффективности проведения регионарной анестезии.

С помощью ультразвуковой визуализации появилась возможность дифференцировать нервные волокна и сплетения, а также окружающие структуры и ткани, это существенно облегчает контроль за направлением проведения иглы к подлежащим для анестезии нервам и позволяет наблюдать процесс распространения местного анестетика в виде появления гипоэхогенной зоны

вокруг нервного ствола [104]. Актуальным вопросом остается выявление оптимальной точки введения анестетика. Отмечено, что ультразвуковой контроль снижает частоту развития осложнений и увеличивает частоту успешного выполнения местной анестезии [124]. Возможность ультразвуковой визуализации магистральных сосудов, окружающих тканей, динамический контроль за ходом проведения анестезии, а также возможность выбора необходимой зоны для проведения регионарной анестезии (межлестничной, надключичной, подключичной, подмышечной), повышают безопасность инвазивного вмешательства с учетом вариабельности расположения и количества нервных стволов [45].

Анатомическое расположение и количество нервных стволов в плечевом сплетении является достаточно постоянной характеристикой и имеет от трех (42%) до четырех (58%) нервных стволов, что делает подмышечный доступ наиболее безопасным для проведения регионарной анестезии. В то время как при других стандартных доступах необходимо применение ультразвуковой навигации, чтобы избежать возможных осложнений [2, 99].

Среди неврологических осложнений соматических заболеваний нейропатии занимают ведущее место. Поражения периферической нервной системы встречаются у пациентов с соматической патологией почти в 50% случаев. При этом периферические нейропатии при различных заболеваниях имеют ряд общих характеристик.

Клиническими проявлениями этого синдрома являются: симметричные поражения периферических нервов, дистальных отделов конечностей. В нервных стволах определяются диффузные очаги демиелинизации и, как следствие, развиваются дистрофические изменения в мышцах, связанная с ними слабость дистальных отделов конечностей, болевой, парестетический и другие синдромы. Неврологические расстройства, сопутствующие основным заболеваниям и синдромам — сахарному диабету, хронической почечной недостаточности (ХПН), миеломной болезни, существенно утяжеляют течение заболевания.

Неврологические расстройства при соматической патологии преимущественно представлены туннельными синдромами [26, 27, 66].

Туннельный синдром (туннельная нейропатия) — общее название группы нейропатических состояний, при которых происходит сдавливание нервного ствола. Свое название синдром получил по форме костно-фиброзной структуры — канала (туннеля) из суставов, сухожилий и костей, окружающих нерв. По данным разных авторов, в 15-85% случаев причинами возникновения компрессионных (туннельных) синдромов являются профессиональная и(или) бытовая нагрузка на мышцы и фасции в районе туннеля (постоянная микротравматизация, вызывающая хроническое воспаление), травматические поражения костей и мягких тканей, аномалии и варианты строения тканей и, как уже указывалось, соматические и наследственные заболевания [9, 66, 87, 103]. Ультразвуковое исследование проводилось у пациентов с нейропатиями при сахарном диабете, миеломной болезни, у пациентов с ХПН, находящихся на гемодиализе, при наследственном заболевании Шарко-Мари-Тута, а также у пациентов после проведенной химиолучевой терапии. Все эти состояния сопровождались клиническими проявлениями и изменениями в области туннельных каналов (карпальный, тарзальный, кубитальный).

Диагностика туннельных синдромов, особенно в начальной стадии заболевания, представляет определенные трудности. Диагноз основывается на данных анамнеза, клинической картины и тщательного неврологического обследования [2, 5, 8, 9, 12, 20, 97].

Анализируя данные литературы, можно подтвердить, что именно УЗ-исследование, позволяющее непосредственно визуализировать компрессию нерва в туннельном канале и последующие структурные изменения внутри нервного ствола, является наиболее перспективным методом [77, 106, 136].

Основными функциональными методами диагностики состояния нервов являются такие методы диагностики, как электронейромиография (ЭНМГ) и термография [16, 20, 31, 42, 54, 60, 66, 73, 87, 108]. Именно электрофизиологические методы, состоящие в регистрации электрической

активности (биопотенциалов) скелетных мышц, иннервируемых интересующим нас нервным стволом, наряду с обязательным клинико-неврологическим обследованием, являлись основными методами диагностики повреждений периферической нервной системы, определяющими дальнейшую тактику лечения пациента, вплоть до конца XX века. Эти методы долгое время являлись одними из основных в диагностике повреждения периферических нервов для определения локализации поражения и динамического наблюдения за нарушением проводимости нервного ствола.

Точность ЭНМГ-диагностики зависит от многих факторов, включая степень повреждения нерва [87]. В случае тяжелого поражения потенциалы могут вообще не определяться, поэтому скорость проведения возбуждения установить в данной ситуации не представляется возможным. В то же время отсутствие биоэлектрического ответа можно получить и вследствие тяжелой атрофии мышц при сохранности большей части нервного ствола, т. е. ответ может быть как ложноположительным, так и ложноотрицательным в отношении степени повреждения искомого нерва [30,108].

Для определения локализации повреждения нерва возможно применение игольчатой электромиографии [11, 92], являющейся уже не только инвазивным, но к тому же и трудоемким методом, при котором исследуются несколько мышц, иннервируемых данным нервом. Однако и в этом случае невозможно получить четкий топографический ответ и указание на полный или частичный разрыв нервного ствола [14]. Существенно ограничивает ценность применения метода ЭНМГ для диагностики периферических нейропатий и фактор времени, прошедшего с момента травмы нерва. Электровозбудимость мышц в первые часы, как правило, резко ограничена и частично восстанавливается в более поздние сроки, поэтому точная диагностика повреждений нервного ствола возможна только примерно через месяц после травмы, но не в ранние сроки, когда необходимо экстренно решать вопросы о соответствующем лечебном пособии [19, 30].

В ряду дополнительных функциональных методов обследования пациентов с нейропатиями определенное место занимает термография — диагностический метод, регистрирующий изменения степени инфракрасного излучения различными анатомическими структурами тела человека. Безусловными его достоинствами как метода предварительной диагностики являются абсолютная безвредность и неинвазивность, доступность и экономичность исследования [21, 31, 33]. Однако следует отметить, что при использовании этого метода зона свечения распространяется не только на область иннервации искомого нерва, но и охватывает значительные дополнительные пространства, а это делает затруднительной идентификацию происходящих местных процессов и ставит под сомнение диагностическую ценность термографии.

Электронеуромиографические методы и термография не являются визуализирующими, поэтому даже их совокупная оценка дает недостаточно полное представление о точной локализации, степени и характере изменений нервных стволов.

Рентгенографические методы исследования, в том числе компьютерная томография (КТ), являются визуализирующими и позволяют определить практически любые костные дефекты, переломы и пр. [81], которые могут стать причиной повреждения нервных стволов. Однако получить изображение самих нервов и сплетений рентгенографические методы не позволяют, что делает их практически не информативными для диагностики периферических нейропатий, а серьезное ионизирующее облучение при применении метода КТ еще больше ограничивает его применение. Долгое время полноценная визуализация нервных стволов находилась за гранью технических возможностей.

Впоследствии методом выбора в исследованиях нервных сплетений и периферических стволов стала магнитно-резонансная томография (МРТ). Возможности метода весьма широки и заключаются прежде всего в непосредственной визуализации изображения крупных нервных стволов и сплетений, их повреждений, таких как полный разрыв, дегенеративные изменения, внутривольные образования, скальпированные раны корешков

спинно-мозговых нервов и другие поражения периферической нервной системы [3, 27, 80, 81, 85]. К преимуществам МРТ, безусловно, относится отсутствие лучевой нагрузки и неинвазивность данного метода визуализации.

В то же время техническая сложность быстро устаревающей применяемой аппаратуры, высокая трудоемкость и стоимость метода, невозможность проведения исследования у пациентов с металлическими имплантатами [1, 29], а также крайне низкая повсеместная доступность, особенно в urgentных ситуациях, существенно ограничивают применение данного метода [3].

На современном этапе развития УЗ-диагностики применительно к исследованиям периферических нервных стволов и сплетений доказано:

1) ультразвуковое исследование является высоко информативным методом диагностики состояния периферических нервов и должно включать поперечное и продольное сканирование;

2) существует ряд эхографических признаков, позволяющих четко дифференцировать нервы от сухожилий;

3) эхография должна применяться для исследования нервов в качестве первичного метода, после проведения которого возможно назначение дополнительных методов исследования, таких как электронейромиография, а в некоторых случаях — магнитно-резонансная томография [42, 50].

Современный инструментальный диагностический комплекс обследования больных с повреждением периферических нервов включает различные электрофизиологические, биофизические, ультразвуковые и рентгенорадиологические методы исследования, которые, несмотря на значительные колебания их информативности, в совокупности обеспечивают получение достаточно четкого представления о характере, локализации, распространенности патологического процесса и связанных с его развитием структурно-функциональных изменений [4, 5, 6, 8]. Формирование плана инструментального обследования (оптимальный набор диагностических методов и последовательность их применения) в каждом конкретном случае определяется получаемыми врачом ориентировочными клинико-неврологическими данными

относительно вероятного вида патологии, общего состояния больного, а также наличием соответствующего диагностического оборудования в лечебном учреждении [26, 45, 60, 107].

Возможности ультразвукового сканирования в принципе позволяют визуализировать и оценивать состояние как нервных сплетений, так и периферических стволов нервов конечностей [36, 54, 112, 117], целостность нервных стволов, образующих, в частности, плечевое сплетение, от места выхода до дистальных отделов конечности [61, 78].

Важным положительным аспектом проведения эхографии является доступность, необременительность для пациента и неинвазивность самой процедуры исследования. Исследование легко выполнить непосредственно в месте локализации болевых ощущений или непосредственно в области травмированной конечности, оно выполняется быстро и без дискомфорта, вызванного, например, болевыми ощущениями при электростимуляции или введении игл, необходимых при электродиагностике, либо продолжительным вынужденным положением больного при МРТ [33, 63, 125]. Нет необходимости в предварительной подготовке пациента и проведении обезболивания во время эхографического исследования [27, 34, 36].

Ультразвуковое сканирование можно выполнить в любом отделе тела человека, начиная непосредственно с уровня места выхода нервных корешков из спинномозгового канала и прослеживая за ходом нервных стволов на всем их протяжении [57, 61, 79, 129]. Мы исследовали 48 пациентов с сахарным диабетом — 25 (52%) мужчин и 23 (48%) женщин, средний возраст пациентов составил 57 ± 5 лет, средний стаж заболевания — 12,4 года. У 33 (69%) пациентов отмечались также выраженные клинические проявления синдрома диабетической стопы (боль в ногах, онемение, жжение стоп, покраснение или бледность кожи, появление трофических язв), 15 (31%) пациентов с сахарным диабетом на момент проведения исследования не имели клинических проявлений СДС и находились под амбулаторным наблюдением эндокринолога [37, 113].

Объем обследования пациентов включал: комплексное ультразвуковое исследование — всем 48 (100%) больным; ЭНМГ — 33 (68,7 %) пациентам с проявлениями СДС. При ультразвуковом исследовании большеберцового нерва у 30 (63%) пациентов с СД с проявлениями СДС, были выявлено: изменения дифференцировки на волокна, эхогенность была нормальной или повышенной, граница от окружающих тканей нечеткая. Полученные данные электромиографии в 29 (89,5%) случаях соответствовали снижению проведения импульсов по нервному волокну. Следует отметить, что у четырех (10,5%) пациентов было снижение проведения нервного импульса по результатам ЭНМГ, в то время как по данным УЗИ большеберцового нерва изменений не было выявлено. Одним из положительных аспектов проведения ультразвукового исследования является то, что процедура легко выполняется непосредственно в месте локализации болевых ощущений или в проекции повреждения кожных покровов, что является противопоказанием для проведения электронейромиографии [1, 2, 5]. У пациентов с сахарным диабетом без проявления СДС каких-либо ультразвуковых признаков нейропатии выявлено не было.

При исследовании пациентов с ХПН, находящихся на гемодиализе, у 30% пациентов выявлены изменения срединного нерва на обеих руках, у 25 пациентов, в 100% случаев, отмечалось изменение на одной руке. Во всех случаях выявлялось снижение эхогенности срединного нерва и уплощение его в карпальном канале. В одном случае у пациентки с ХПН и стажем заболевания более 20 лет отмечались клинические проявления нейропатий нижних конечностей и при ультразвуковом исследовании выявлены множественные образования, шванномы, по ходу малоберцового и большеберцового нервов. По результатам гистологического исследования наши предположения подтвердились.

У семи пациентов с наследственными нейропатиями при заболевании Шарко-Мари-Тута (3 мужчины и 4 женщины) провели ультразвуковое исследование малоберцового, большеберцового и срединного нерва (всего 56 нервов). При исследовании выявлено, что по своему строению и эхогенности нерв

на нижних конечностях отличался нечеткостью разделения на гипо- и гиперэхогенные волокна, преобладанием повышенной эхогенности за счет гиперэхогенного линейного компонента, а также отмечалась выраженная гиперэхогенная оболочка нервного волокна, несколько утолщенная по сравнению с неизмененным срединным нервом. Мышечная ткань в дистальных отделах нижних конечностей в проекции измерения нервного волокна была истончена, отмечалась несколько повышенная эхогенность за счет преобладания гиперэхогенного линейного компонента.

При исследовании пациентов с сахарным диабетом и наследственной нейропатией основными диагностическими ультразвуковыми критериями явились повышение эхогенности нервного волокна и его гиперэхогенная исчерченность, а также утолщение оболочки нервного волокна.

Учитывая данные отечественной и зарубежной литературы, следует отметить, что ультразвуковое сканирование является наиболее актуальным, безопасным и доступным методом для диагностики повреждений периферических нервов и сплетений при травмах, а также для выявления изменений структуры нервных волокон при серьезных соматических заболеваниях и патологических состояниях, таких как миеломная болезнь, сахарный диабет, хроническая почечная недостаточность (ХПН), характерным осложнением которых являются периферические нейропатии [43].

Поражения периферических нервов при перечисленных состояниях преимущественно проявляются в виде туннельных синдромов, и метод УЗИ здесь легко применим и высоко информативен. Следует отметить, что в отечественной литературе крайне мало публикаций о возможностях ультразвука в диагностике патологических изменений и особенностей периферических нервов и нервных сплетений у пациентов с гематологическими заболеваниями, болезнями обмена веществ, уремическим синдромом. УЗИ при этих заболеваниях является одним из наиболее актуальных и информативных современных методов обнаружения поражения периферической нервной системы, в том числе на ранних (доклинических) стадиях развития, когда своевременная соответствующая

коррекция лечения позволяет остановить прогрессирование неврологических осложнений [66, 103]. Поэтому исследования особенностей периферических нервов и их повреждений, не только травматического характера, представляются своевременными и актуальными для выявления специфики повреждения нервных волокон, характерной для определенного заболевания [25, 46, 82, 108].

Совершенствование существующих методик УЗИ, разработка и внедрение новых, модифицированных методов ультразвукового сканирования периферической нервной системы с целью детальной визуальной диагностики поражений нервных стволов и сплетений, а также необходимость оценки мягких тканей, особенно в группе пациентов с наследственными заболеваниями, после химиолучевой терапии требует динамического наблюдения и по-прежнему остается в центре внимания врачей и исследователей.

ВЫВОДЫ

1 Травматические повреждения периферических нервов верхних конечностей чаще всего представлены повреждением локтевого нерва, как изолированно (38,5%), так и в сочетании с поражением других нервных стволов (11,6%). Среди ведущих механизмов травматического повреждения периферических нервов отмечено сдавление нервного ствола рубцовой тканью или костной мозолью (20,4%). Отличительной особенностью посттравматических невром является нечеткость и неровность контуров в сочетании с гетерогенной структурой (36,3%).

2 Ультразвуковая навигация является методом выбора при проведении регионарной анестезии в межлестничной, надключичной и подключичной зонах из-за значительной вариабельности топографии нервных стволов и их количества от 1 ($3,8 \pm 2,7\%$) до 7 ($11,6 \pm 4,4\%$).

3 Ультразвуковое исследование сопоставимо в сравнении с методом ЭНМГ по уровню чувствительности (96,7%) и специфичности (66,7%) и может применяться для дифференциальной диагностики, динамического наблюдения и выявления туннельных и структурных изменений периферических нервов при соматической патологии.

4 Эластографию возможно проводить как дополнительный метод в диагностике лимфостаза верхней конечности, что является ранним признаком развития нейропатии, в частности, туннельного синдрома.

5 При заболевании Шарко-Мари-Тута наиболее значимыми оказались изменения в мышечной ткани, за счет ее истончения, снижение эхогенности, усиления гиперэхогенной исчерченности, что позволяет расширить протокол ультразвукового исследования периферических нервов.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1 Проведение регионарной анестезии под контролем УЗИ в подмышечной области является наиболее доступным и безопасным.

При проведении регионарной анестезии в протоколе указывается количество нервных стволов, наличие жидкости в параневральной клетчатке после введения анестетика, дополнительные образования в проекции нервного сплетения, состояние мягких тканей, окружающих нервное сплетение, оценка параневральной клетчатки через сутки после введения анестетика .

2 При диагностике нейропатий пациентам с патологией различного генеза необходимо выполнять билатеральное ультразвуковое исследование с оценкой следующих параметров одноименных нервов: эхогенность нервных стволов, дифференцировка на волокна, выраженность оболочки нервного волокна, наличие изменений в структуре окружающих тканей.

3 В семьях с наследственной моторно-сенсорной патологией необходимо проводить скрининговое ультразвуковое исследование с оценкой структуры мягких тканей (мышечная ткань имеет выраженную гиперэхогенную разнонаправленную исчерченность, за счет преобладания соединительной ткани).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Протокол ультразвукового исследования периферических нервов

ФИО, возраст _____

Аппарат МГц _____

Верхняя, нижняя конечность; правая, левая

Срединный, локтевой, лучевой, седалищный, бедренный, большеберцовый, малоберцовый _____ нерв

Анатомическая целостность: нарушена, диастаз (мм) _____

Не нарушена

Эхогенность: понижена, повышена, не изменена

Дифференциация на волокна: выражена, сглажена, отсутствует

Размеры (мм) _____ окружность (мм²) _____

Дополнительные образования:

Невромы (размер, локализация) _____

Рубец (размер, локализация) _____

При ЦДК: кровоток присутствует, отсутствует

Окружающие мягкие ткани: не изменены,

изменены _____

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: _____

Дата _____

Протокол проведения регионарной анестезии под контролем УЗИ

ФИО, возраст _____

Аппарат _____

Верхняя, нижняя конечность

Вид доступа: аксиллярный, межлестничный, надключичный, подключичный.

Количество нервных стволов _____

Расположение стволов по отношению к

сосудам _____

Количество вводимого анестетика _____

Наличие жидкости в параневральной клетчатке после введения

анестетика _____

Дополнительные образования в проекции нервного сплетения, нервных

стволов _____

Мягкие ткани, окружающие нервное

сплетение _____

Оценка параневральной клетчатки через сутки после введения

анестетика _____

Дата _____

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Шуст, Ю.А. Нейропатии у пациентов с соматическими и травматическими повреждениями в аспекте лучевой диагностики (обзор литературы) / Ю.А. Шуст, С.И. Жестовская // Сибирский медицинский журнал (Иркутск), 2015. – № 7 – С. 39-46.
2. Шуст, Ю.А. Комплексное ультразвуковое исследование сосудов и периферических нервов у пациентов с синдромом диабетической стопы / Ю.А. Шуст, Е.В. Лебедева, С.И. Жестовская // Медицинская визуализация (Москва) 2016. – № 2 – С. 110-1.
3. Ультразвуковое исследование на амбулаторном этапе у пациентов с синдромом карпального канала / С.И. Жестовская, Е.Ю. Евдокимова, Ю.А. Шуст // III Съезд врачей лучевой диагностики Сибирского федерального округа. – Красноярск, 2014.
4. Выявление лимфостаза с помощью метода УЗИ и эластографии после мастэктомии / С.И. Жестовская, Е.Ю. Евдокимова, Ю.А. Шуст // Конгресс российской ассоциации радиологов. – Москва, 2015. – 05-07 ноября. – Сборник тезисов и докладов. – С. 173-174.
5. Сравнительные характеристики полинейропатий различного генеза / Ю.А. Шуст, С.И. Жестовская, Е.Ю. Евдокимова // Всероссийская конференция «Функциональная диагностика-2014» в рамках VI Всероссийского национального конгресса лучевых диагностов и терапевтов «Радиология-2014». – 28-30 мая. – Москва, 2014.
6. Шуст, Ю.А. Анатомические особенности плечевого сплетения в аспекте применения регионарной анестезии / Ю.А. Шуст, С.И. Жестовская, Е.Ю. Евдокимова // Первая краевая. – 2013. – № 3(52). – С. 50-52.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимов, Г.А. Дифференциальная диагностика нервных болезней / Г.А. Акимов, М.М. Одинак. – М. : «Гиппократ», 2000. – 663 с.
2. Анестезия при артроскопических операциях на плечевом суставе в амбулаторной практике / К.С. Трухин, Д.В. Заболотский, Н.С. Малащенко [и др.] // Беломорский симпозиум IV: сб. тез. и докл. – 2011. – С. 42-43.
3. Анищенко, В.В. Торакоскопическая верхнегрудная симпатэктомия в лечении больных с компрессионными и механическими повреждениями периферических нервов верхней конечности / В.В. Анищенко, А.В. Козлов, Р.В. Сотниченко // Эндоскопическая хирургия. – 2007. – № 1. – С. 109-110.
4. Астапов, В.М. Атлас «Нервная система человека. Строение и нарушения» / В.М. Астапов, Ю.В. Микадзе. – М. : «ПЕРСЭ», 2004. – 80 с.
5. Багрянская, М.Ф. Внутривольная структура плечевого сплетения человека / М.Ф. Багрянская // Вопросы морфологии нервной системы. – М., 1960. – С. 136-143.
6. Бадалян, Л.О. Клиническая электронейромиография : руководство для врачей / Л.О. Бадалян, И. А. Скворцов. – М. : Медицина, 1986. – 365 с.
7. Байкушев, С. Стимуляционная электромиография и электронейрография в клинике нервных болезней / С. Байкушев, З.Х. Манович, В.П. Новикова. – М. : Медицина, 1974. – 144 с.
8. Беленков, Ю.Н. Клиническое применение магнитно-резонансной томографии с контрастным усилением / Ю.Н. Беленков, С.К. Терновой, О.И. Беличенко. – М. : Видар, 1996. – С. 9-59.
9. Белова, А.Н. Диабетическая периферическая нейропатия: эпидемиология, патогенез, клиника, диагностика, лечение / А.Н. Белова, М.Н. Кудыкин, Г.Е. Шейко // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2016. – Т. 24. – № 4. – С. 139-151.
10. Бер, Э. Взаимосвязи между ультраструктурой и механическими свойствами в коллагене сухожилия высокоупорядоченном макромолекулярном

композите / Э. Бер, А. Хилтнер, Б. Фридман // Механика полимеров. – 1975. – № 6. – С. 1051-1060.

11. Берзиньш, Ю.Э. Туннельные поражения нервов верхней конечности / Ю.Э. Берзиньш, Р.Т. Думбере. – Рига : Зинатне, 1989. – 216 с.

12. Берсенева, В.П. Повреждения нервов нижней конечности у детей и возможности их хирургического лечения / В.П. Берсенева, Ф.С. Говенько // Вопросы нейрохирургии. – 1990. – № 5. – С. 26-28.

13. Бисенков, Н.П. Анатомо-функциональные особенности дегенерации и регенерации нервов при их тракционных повреждениях / Н.П. Бисенков, М.И. Попович // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1980. – Т. 79, вып. 11. – С. 28-35.

14. Болгов, М.А. Соматосенсорные вызванные потенциалы при болевых вертеброгенных синдромах пояснично-крестцовой локализации / М.А. Болгов, Л.Р. Зенков, Н.Н. Яхно // Неврологический журнал. – 2000. – № 3. – С. 24-28.

15. Болезнь Мортон как туннельный синдром интерметатарзального канала / И.С. Истомина, А.Н. Левин, В.И. Кузьмин [и др.] // Вестн. травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2006. – № 1. – С. 75-81.

16. Буковская, Л.Г. Кровоснабжение длинных стволов плечевого сплетения из системы плечевой артерии / Л.Г. Буковская // Труды института. – 1957. – Т. 10. – С. 98-105.

17. Васильев, С.А. Нейрохирургические аспекты нейрофиброматоза 2-го типа / С.А. Васильев, А.А. Зуев // Нейрохирургия. – 2008. – № 4. – С. 69-72.

18. Вахитов, Ш.М. Анализ связей в социально-гигиенических исследованиях с использованием таблиц сопряженности / Ш.М. Вахитов. – Л., 1990. – 30 с.

19. Вишневская, К.Н. Актуальные вопросы изучения периферической нервной системы: Возрастные особенности невралгических влагалищ, пучковой структуры и внутриствольных сосудов подвздошно-пахового и полового-бедренного нервов человека / К.Н. Вишневская // Труды института. – Смоленск : Смоленский медицинский институт, 1977. – Т. 53. – С. 42-44.

20. Вишневский, В.А. Причины, диагностические ошибки при повреждениях

периферических нервов конечностей / В.А. Вишневский // Запорожский медицинский журнал. – 2014. – № 4 (85). – С. 50-55.

21. Влияние поясничной симпатомии на регенерацию седалищного нерва в условиях его аутонейропластики: экспериментальное исследование / В.Г. Голубев, А.И. Крупаткин, М.В. Меркулов [и др.] // Вестн. травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2009. – № 1. – С. 65-69.

22. Возможности методов лучевой диагностики в визуализации периферических нервов предплечья и кисти / И.Г. Чуловская, А.В. Скорогляд, Н.А. Еськин [и др.] // Вестн. травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2008. – № 2. – С. 64-68.

23. Возможности ультрасонографии в диагностике повреждений периферических нервов верхней конечности / И.Г. Чуловская, В.Ф. Коршунов, Н.А. Еськин [и др.] // Радиология-практика. – 2005. – № 3. – С. 11-16.

24. Воробьева О.В. Нейропатии, обусловленные соматическими заболеваниями / О.В. Воробьева // Эффективная фармакотерапия. – 2011. – № 18. – С. 43-48.

25. Воронова, Н.В. Анатомия центральной нервной системы / Н.В. Воронова, Н.М. Климова, А.М. Менджерицкий. – М. : Аспект Пресс, 2005. – 128 с.

26. Восканян, Ю.Э. Факторы риска и профилактика-повреждений, черепно-мозговых нервов в реконструктивной хирургии сонных артерий / Ю.Э. Восканян, С.Н. Коломейцев, Р.В. Шнюков // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2005. – Т. 1. – № 2. – С. 96.

27. Гланц, С. Медико-биологическая статистика / С. Гланц. – М. : Практика, 1998. – 459 с.

28. Головченко, Ю.И. Возрастные изменения нервных стволов / Ю.И. Головченко. – Киев : Здоровье, 1983. – 84 с.

29. Голубев, И.Ю. Хирургия кисти: компрессионные нейропатии верхних конечностей // Избранные вопросы пластической хирургии / И.Ю. Голубев. – 2000. – Т. 1. – № 3. – 1-52 с.

30. Гольдберг, Д.Г. О повреждениях периферических нервных стволов при

огнестрельных переломах плеча / Д.Г. Гольдберг, А.И. Томп // Вопросы нейрохирургии. – 1941. – Т. 5. – № 5-6. – С. 7-13.

31. Грачев, Ю.В. Патогенетические механизмы и клинические особенности тригеминальных лицевых болей / Ю.В. Грачев // Журн. неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 1999. – Т. 99. – № 8. – С. 38-42.

32. Губочкин, Н.Г. Реконструктивно-восстановительное лечение раненых и пострадавших с сочетанными повреждениями сухожилий и нервов верхних конечностей / Н.Г. Губочкин // Вестн. Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. – 2011. – № 7. – С. 45-50.

33. Гусев, Е.И. Методы исследования в неврологии и нейрохирургии : руководство для врачей / Е.И. Гусев. – М., 2000. – 330 с.

34. Гусев, Е.И. Неврология и нейрохирургия / Е.И. Гусев, А.Н. Коновалов, Г.С. Бурд. – М. : Медицина, 2000. – 656 с.

35. Джумагишиев, Д.К. Комплексная диагностика травм периферических нервов / Д.К. Джумагишиев, В.Г. Нинель, Р.П. Горшков // Актуальные вопросы нейрохирургии и неврологии: матер. Средне-Волжской межрегион, науч.-практ. конф. – Тамбов, 2006. – С. 33-40.

36. Джумагишиев, Д.К. Комплексная интраоперационная диагностика травм периферических нервов / Д.К. Джумагишиев, В.Г. Нинель, Р.П. Горшков // Новые технологии лечения переломов костей и их последствий : матер. науч.-практ. конф. – Саратов, 2006. – С. 14-17.

37. Диабетическая дистальная полинейропатия обзор современных рекомендаций / В.Б. Бреговский, В.Н. Храмин, И.Ю. Демидова [и др.] // Анналы клинической и экспериментальной неврологии. – 2015. – Т. 9. – № 1. – С. 60-68.

38. Диагностика заболеваний нервной системы / Р.Ф. Гимранов, Ж.В. Гимранова, Е.Н. Ерёмина [и др.]. – М. : Издательство российского университета дружбы народов, 2003. – С. 188-207.

39. Диагностическая теплорадиолокация в нейрохирургии / Л.Б. Лихтерман,

С.Н. Колесов, А.Г. Кисляков [и др.] // Вопросы нейрохирургии. – 1988. – № 4. – С. 19-25.

40. Дружинин, Д.С. Ультразвуковая визуализация периферических нервов при мультифокальной моторной нейропатии и хронической воспалительной демиелинизирующей полинейропатии / Д.С. Дружинин, Е.С. Наумова, С.С. Никитин // Нервно-мышечные болезни. – 2016. – Т. 6. – № 1. – С. 63-73.

41. Евтушенко, С.К. Туннельные невропатии. Трудности диагностики и терапии / С.К. Евтушенко, А.Н. Евтушевская, В.В. Марусиченко // Международный неврологический журнал. – 2015. – № 1 (71). – С. 25-30.

42. Ельцин, А.Г. Оперативное лечение контрактур плечевого сустава у детей с натальными и постнатальными повреждениями плечевого сплетения / А.Г. Ельцин, В.Н. Меркулов // Технологии живых систем. – 2008. – Т. 5. – № 2-3. – С. 98-104.

43. Еськин, Н.А. Возможности ультразвукового исследования в диагностике повреждений и заболеваний периферических нервов верхней конечности / Н.А. Еськин, Н.Ю. Матвеева, С.Г. Приписнова // Вестн. травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2008. – № 2. – С. 82-87.

44. Журакулов, Ш.А. Дифференциальный подход к хирургическому лечению переломов проксимального отдела плечевой кости / Ш.А. Журакулов, М.Ф. Кадыров // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2011. – № 2 (583). – С. 81-86.

45. Зайцев, Е.И. Внутривольное строение периферических нервов: Количество и процентное содержание мягкотных нервных волокон разных диаметров в нервах нижней конечности / Е.И. Зайцев. – Л. : Медгиз, 1963. – С. 301-336.

46. Затолокина, М.А. К вопросу о микроскопическом строении периферических нервов задней поверхности плеча в области средней трети / М.А. Затолокина, Л.А. Мантулина, Л.А. Липатов // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 1-4. – С. 748-751.

47. Заяц, Г.А. Медицинское тепловидение – современный метод

функциональной диагностики / Г.А. Заяц, В.Т. Коваль // Здоровье. Медицинская экология. Наука. – 2010. – Т. 43. – № 3. – С. 27-33.

48. Зенков, Л.Р. Функциональная диагностика нервных болезней / Л.Р. Зенков, М.А. Ронкин. – М. : Медпресс-информ., 2004. – 488 с.

49. Зозуля, Ю.А. Современные возможности инструментальной диагностики заболеваний центральной и периферической нервной системы / Ю.А. Зозуля // Киев: Лікування та діагностика, 1997. – С. 3-8.

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

51. Зыкин, Б.И. Эластография: анатомия метода / Б.И. Зыкин, Н.А. Постнова, М.Е. Медведев // Лучевая диагностика, лучевая терапия. – 2012. – № 2-3. – С. 107-112.

52. Зыкин, Б.И. Ультразвуковая эластография / Б.И. Зыкин, Н.А. Постнова, М.Е. Медведев [и др.] // Медицинский алфавит. – 2013. – Т. 1-2. – № 10. – С. 14-19.

53. Ирисханов, И.Р. Комплексное лечение переломов костей верхней конечности, осложненных повреждений нервов / И.Р. Ирисханов, А.А. Баканов, Д.К. Джумагишиев // Травматология и ортопедия XXI века: матер. науч.-практич. конф. молод. учён., посв. 80-летию проф. Н.П. Решетникова. – Саратов, 2007. – С. 46-48.

54. Камчатнов, П.Р. Поражение периферической нервной системы при сахарном диабете / П.Р. Камчатнов, А.В. Чугунов, М.А. Евзельман // Нервно-мышечные болезни. – 2016. – Т. 6. – № 2. – С. 20-26.

55. Касаткина, Л.Ф. Электромиографические методы исследования в диагностике нервно-мышечных заболеваний / Л.Ф. Касаткина, О.В. Гильванова. – М. : Медика, 2010. – 416 с.

56. Качественные и количественные ультразвуковые характеристики интактных срединного и локтевого нервов / В.В. Азолов, М.А. Щедрина, О.Б. Носов [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2004. – № 1. – С. 45-48.

57. Клинико-лучевая диагностика перинатальной травмы шеи и ее последствий у детей / Н.С. Воротынцева, Л.Г. Никульшина – Жикина [и др.] // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». – 2015. – № 4. – С. 13-19.

58. Клиническая диагностика повреждений черепных нервов при операциях на сонных артериях / А.А. Фокин, А.В. Куклин, Г.Н. Вельская [и др.] // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2005. – Т. 11. – № 2. – С. 114.

59. Кованов, В.В. Хирургическая анатомия конечностей человека / В.В. Кованов, А.А. Травин. – М. : Медицина, 1983. – 600 с.

60. Колесов, С.Н. Совершенствование методики тепловизионной диагностики повреждений периферических нервов верхних конечностей / С.Н. Колесов // Оптический журнал. – 2015. – Т. 82. – № 7. – С. 51-61.

61. Команциев, В.Н. Методические основы клинической электронейромиографии : руководство для врачей / В.Н. Команциев, В.А. Заболотных. – СПб., 2001. – С. 189-191.

62. Комплексная диагностика в тактике хирургического лечения повреждений периферических нервов конечностей / В.Г. Нинель, Ш.М. Айтемиров, Г.А. Коршунова [и др.] // Вестн. травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2016. – № 1. – С. 62-66.

63. Компьютерная томография в неотложной нейрохирургии : учебное пособие / В. В. Лебедев [и др.]. – М. : Медицина, 2005. – 360 с.

64. Комягина, И.В. Особенности клинико-электронейромиографической картины и результатов ультразвукового исследования периферических нервов при полиневропатиях / И.В. Комягина, К.М. Беляков // Журнал научных статей «Здоровье и образование в XXI веке». – 2013. – Т. 15. – № 1-4. – С. 37-39.

65. Копцов, С.В. Регионарная анальгезия при операциях остеосинтеза переломов костей голени / С.В. Копцов, И.Г. Беленький, Д.И. Кутянов // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. – С. 262.

66. Косов, И.С. Роль ультрасонографии в оценке денервационного синдрома при нейропатии лучевого нерва / И.С. Косов, В.Г. Голубев, М. Кхир-Бек // 1-й

съезд общества кистевых хирургов России. – Ярославль, 2006. – С. 49-50.

67. Крупаткин, А.И. Клиническая нейроангиофизиология конечностей, (периваскулярная иннервация и нервная трофика) / А.И. Крупаткин. – М. : Научный Мир, 2003. – 328 с.

68. Крупаткин, А.И. Новые возможности оценки объемной микрогемодинамики тканей опорно-двигательной системы с помощью лазерной доплеровской флоуметрии / А.И. Крупаткин, В.Г. Голубев, Д.Е. Панов // Вестн. травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2004. – № 1. – С. 47-52.

69. Леонов, С.А. Динамика основных показателей автодорожного травматизма в Российской Федерации / С.А. Леонов, Е.В. Огрызко, Т.М. Андреева // Вестн. травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2009. – № 3. – С. 86-91.

70. Лукьянов, М.В. Клиническая электромиография. История и перспективы / М.В. Лукьянов // Неврологический журнал. – 2013. – Т. 18. – № 2. – С. 59-64.

71. Лурье, А.С. Хирургия плечевого сплетения / А.С. Лурье. – М. : Медицина, 1968. – 224 с.

72. Магомедов, А.М. Использование статистических методов в медицинских исследованиях / А.М. Магомедов // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2014. – Т. 4. – № 11. – С. 1270-1271.

73. Макромикроскопическая анатомия некоторых периферических нервов (сравнительно-анатомические, возрастные и морфофункциональные аспекты) / В.В. Бобин, А.С. Кулиш, Н.М. Плужник [и др.] // Макромикроскопическая анатомия нервной системы: сб. науч. тр. – Харьков : Харьковский медицинский институт, 1986. – С. 22-27.

74. Медикаментозная блокада вегетативных нервных сплетений и нервов нижних конечностей у больных хирургического и онкологического профиля / С.Е. Емельянов, А.В. Чукбар, А.Ю. Панкратов [и др.] // Клиническая геронтология: ежеквартальный научно-практический журнал. – 2006. – Т. 12. – № 6. – С. 12-17.

75. Меркулов, В.Н. Сухожильно-мышечная транспозиция при застарелых повреждениях малоберцового нерва у детей / В.Н. Меркулов, Ш.Д. Имяров, А.И. Дорохин // Детская хирургия. – 2014. – Т. 18. – № 3. – С. 20-22.

76. Мирецкая, Е.И. Биомедицинские исследования на человеке: правовые и морально-этические проблемы / Е.И. Мирецкая // Юридическая наука и практика: Вестник Нижегородской академии МВД России. – 2014. – № 2 (26). – С. 235-237.

77. Михайлов, М.К. Рентгенодиагностика родовых повреждений позвоночника / М.К. Михайлов. – М. : ГЭОТАР-Медиа. – 2001. – 176 с.

78. Мовшович, И.А. Оперативная ортопедия. Руководство для врачей / И.А. Мовшович. – М. : Медицинское информативное агентство, 2006. – С. 146-148.

79. Нарушения невралной проводимости при травматических невропатиях (патогенез, клинические синдромы, диагностика и лечение) / М.М. Одинак, С.А. Живолупов, К.В. Федоров [и др.] // Воен.-мед. журн. – 2008. – Т. 329. – № 2. – С. 28-39.

80. Неврология лица / под ред. В. А. Карлова. – М. : Медицина, 1991. – 288 с.

81. Нейропатии : руководство для врачей / Н.М. Жулев, Б.А. Осетров, С.Н. Жулев [и др.]. – СПб. : Издательский дом СПбМАПО, 2005. – 415 с.

82. Нейропластические закономерности восстановления функций при травматических невропатиях и плексопатиях / С.А. Живолупов, Е.Н. Гневышев, Н.А. Рашидов [и др.] // Вестник Российской военно-медицинской академии. – 2015. – № 1 (49). – С. 81-90.

83. Нейротравматология : справочник / под ред. А.Г. Коновалова [и др.]. – Ростов н/д : Изд-во «Феникс», 1999. – 576 с.

84. Неотложная медицинская помощь / под ред. Дж.-Э. Тинтиналли, Рл. Кроума, Э. Руиза. – М. : Медицина, 2001. – 999 с.

85. Николаев, С.Г. Практикум по клинической электронейромиографии / С.Г. Николаев. – Иваново : Иван, гос. мед. академия, 2003. – 264 с.

86. Новицкий, И.С. О возрастных изменениях периферической нервной системы спинальных ганглиев, корешков и седалищного нерва / И.С. Новицкий // Труды института. — Омск : Омский медицинский институт, 1940. – Сб. 7. – С. 50-100.

87. Новые подходы к диагностике и хирургическому лечению туннельных синдромов верхней конечности / В. Г.Голубев, А.И. Крупаткин, М.В. Меркулов [и др.] // Вестн. травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2002. – № 4. – С. 55-59.

88. Одинак, М.М. Заболевания и травмы периферической нервной системы (обобщение клинического и экспериментального опыта) / М.М. Одинак, С.А. Живолупов. – Издательство : СпецЛит, 2009. – 367 с.

89. Омеляненко, Н.П. Особенности пространственной организации коллагеновых волокон ахиллова сухожилия человека / Н.П. Омеляненко, Ю.А. Хорошков, Л.Д. Жеребцов // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1981. – Т. 81, вып. 8. – С. 77-82.

90. Островерхов, Г.Е. Оперативная хирургия и топографическая анатомия : учеб. для студентов мед. вузов / Г.Е. Островерхов, Ю.М. Бомаш, Д.Н. Лубоцкий. – 5-е изд., испр. – М. : Мед. информ. агентство, 2013. – 736 с.

91. Островский, Н.В. Проводниковая анестезия конечностей : пособие для врачей / Н.В. Островский. – М. : Практическая медицина, 2007. – 52 с.

92. Петрова, Е.С. Современные морфологические подходы к изучению регенерации периферических нервных проводников / Е.С. Петрова, Н.В. Павлова, Д.Э. Коржевский // Медицинский академический журнал. – 2012. – Т. 12. – № 3. – С. 15-29.

93. Петухов, Н.И. Туннельные синдромы верхней конечности / Н.И. Петухов // Мануальная терапия. – 2014. – № 2 (54). – С. 92-96.

94. Плечевая плексопатия. Индикаторная диагностика. Лечение / М.А. Якушин, В.Я. Неретин, Н.Ю. Гилянская [и др.]. – М. : Гардарики, 2005. – 143 с.

95. Повреждение срединного и локтевого нерва при чрезмышечковом переломе плеча / М.Х. Маликов, А.А. Давлатов, Г.Д. Каримзаде [и др.] // Вестн. Авиценны. – 2014. – № 1 (58). – С. 79-83.

96. Попелянский, Я.Ю. Болезни периферической нервной системы: руководство для врачей / Я.Ю. Попелянский. – М. : МЕДпрессинформ, 2005. – 366 с.

97. Попелянский, Я.Ю. Ортопедическая неврология (вертеброневрология): Руководство для врачей / Я.Ю. Попелянский. – М. : МЕДпрессинформ, 2003. – 670 с.

98. Попович, М.И. Тракционная травма элементов сосудисто-нервного пучка

/ М.И. Попович // Оренбургский медицинский вестн. – 2014. – Т. II, № 3. – С. 19-23.

99. Проведение блокады плечевого сплетения под контролем ультразвуковой визуализации и нейростимуляции / З.З. Надирадзе, А.В. Михайлов, Д.В. Заболоцкий [и др.] // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2014. – № 3. – С 46-50.

100. Прогнозирование двигательных результатов пластики нервных стволов верхних конечностей / Г.М. Ходжамурадов, А.А. Давлатов, М.М. Исмоилов [и др.] // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2012. – Т. 17. – № 3. – С. 898-900.

101. Рассел, С.М. Диагностика повреждения периферических нервов / С.М. Рассел. – М. : Бином, 2009. – 256 с.

102. Ремнев, А.Г. Электронейромиография: анализируемые параметры / А.Г. Ремнев, А.А. Олейников // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 10. – С. 281-281.

103. Салтыкова, В.Г. Ультразвуковая диагностика периферической формы болезни Реклинхаузена / В.Г. Салтыкова, И.Н. Карпов, И.В. Никитина // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2009. – № 5. – С. 68-77.

104. Салтыкова, В.Г. Роль ультразвукового исследования в диагностике туннельных невропатий / В.Г. Салтыкова // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2011. – № 4. – С. 43-56.

105. Салтыкова, В.Г. Методика ультразвукового исследования и эхографическая картина блуждающего нерва // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2009. – № 1. – С. 74-79.

106. Сапин, М.Р. Анатомия человека : учебник для студ. мед. вузов; в 3-х т. – Т. 2. / М.Р. Сапин, Г.Л. Билич. – М. : ГЭОТАР-Медиа. – 2009. – 496 с.

107. Синдром запястного (карпального) канала / А.А. Богов, Р.Ф. Масгутов, И.Г. Ханнанова [и др.] // Практическая медицина. – 2014. – № 4. – С. 35-40.

108. Синдром запястного канала в послеродовом периоде / И.А. Строков, В.А. Головачева, Н.Б. Вуйчик [и др.] // Неврологический журнал. – 2013. – № 3. –

С. 43-50.

109. Синдром недифференцированной дисплазии соединительной ткани / Н.В. Пизова, А.Н. Дмитриев, Д.С. Дружинин [и др.] // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2012. – Т. 112. – № 6. – С. 4-7.

110. Скороглядов, А.В. Ультразвуковая диагностика в хирургии кисти / А.В. Скороглядов, Д.А. Магдиев, И.Г. Чуловская // Лечебное дело. – 2008. – № 3. – С. 85-88.

111. Скоромец, А.А. Топическая диагностика заболеваний нервной системы : руководство для врачей / А.А. Скоромец, Т.А. Скоромец. – СПб. : Политехника, 2000. – 400 с.

112. Скоромец, А.А. Нервные болезни : учеб. пособие / А.А. Скоромец, А.П. Скоромец, Т.А. Скоромец. – М. : МЕДпресс-информ, 2012. – 560 с.

113. Современное состояние проблемы фокальных невропатий: дефиниции, распространенность диагностика (обзор литературы) / Е.В. Бахтерева, В.А. Широков, Е.Л. Лейдерман [и др.] // Уральский медицинский журнал. – 2011. – № 2 (80). – С. 19-24.

114. Современные возможности диагностики и лечения туннельных синдромов верхней конечности // Актуальные вопросы ортопедии и травматологии / Н.А. Еськин, В.Г. Голубев, С.Г. Приписнова [и др.]. – Киев : АМН Украины. – 2004. – С. 464-469.

115. Современные методы диагностики и классификации травм периферической нервной системы / Г.А. Акимов, В.И. Шапкин, С.А. Живолупов [и др.] // Воен. мед. журн. – 1992. – № 1. – С. 38-41.

116. Соков, Л.П. Клиническая нейротравматология и нейроортопедия / Л.П. Соков, Е.Л. Соков, С.Л. Соков. – М. : Изд. «Камерон», 2004. – 528 с.

117. Сонографические признаки патологии нервов / Н.А. Еськин, В.Г. Голубев, И.Ю. Насникова [и др.]. – СПб. : Невский радиологический форум «Наука-клинике», 2005. – С. 217-218.

118. Тарзальный туннельный синдром у больных сахарным диабетом / П.С. Кошиков, В.Н. Зеленин, И.Н. Кошикова [и др.] // Сибирский медицинский

журнал. – 2009. – № 3. – С 23-27.

119. Тондий, О.Л. Туннельные мононейропатии: этиопатогенез, клиника, диагностика, лечение / О.Л. Тондий, Е.П. Завальная, С.Н. Коренев // Східно-європейський журнал внутрішньої та сімейної медицини. – 2016. – № 1. – С. 68-74.

120. Тонков, В.Н. Учебник нормальной анатомии человека / В.Н. Тонков. – Л. : Государственное издательство медицинской литературы, 1962. – С. 660-667.

121. Травматология и ортопедия : учеб. для мед. вузов / ред. Н.В. Корнилов. – 3-е изд., доп. и перераб. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 592 с.

122. Триумфов, А.В. Топическая диагностика заболеваний нервной системы / А.В. Триумфов. – Л. : Медицина, 1965. – С. 243-247.

123. Удинцева, Е.В. Клинико-функциональные особенности кровоснабжения при синдроме кубитального канала по данным ультразвуковой доплерографии локтевой артерии / Е.В. Удинцева, Т.Ф. Перетолчина // Сибирский медицинский журнал. – 2008. – Т. 23. – №4-2. – С. 99-102.

124. Ультразвуковая диагностика патологии сухожилий и нервов конечностей / С.П. Миронов, Н.А. Еськин, В.Г. Голубев [и др.] // Вестн. травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2004. – № 3. – С. 3-4.

125. Ультразвуковая характеристика мышц разгибателей кисти и пальцев при нейропатии лучевого нерва. Современные технологии диагностики, лечения и реабилитации повреждений и заболеваний кисти / И.С. Косов, В.Г. Голубев, Ф.У. Кусова [и др.]. – М. : б/и, 2004. – С. 377-380.

126. Ультразвуковое исследование плечевого сплетения (первый в России опыт визуализации) / С.П. Миронов, Н.Ю. Матвеева, Н.А. Еськин [и др.] // Вестн. травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2008. – № 4. – С. 23-28.

127. Ультразвуковой контроль катетеризации внутренней яремной вены у вертебрологических больных / Д.В. Заболотский, Г.Э. Ульрих, А.Г. Кулев [и др.] // Хирургия позвоночника, 2011. – С. 53-57.

128. Ультразвуковые изменения периферических нервов при мультифокальной моторной невропатии / Н.Б. Вуйчик, И.А. Строков, Г.И.

Кунцевич [и др.] // Неврологический журнал. – 2014. – Т. 19. – № 1. – С. 32-37.

129. Ультразвуковые признаки перерыва срединного и локтевого нервов на уровне предплечья и их регенерации после шва / О.Б. Носов, М.А. Щедрина, О.В. Комкова [и др.] // VII Междунар. симп. «Новые технологии в нейрохирургии»: матер. симп. – СПб., 2002. – С. 248-249.

130. Ультрасонографическая диагностика в травматологии и ортопедии / Н.А. Еськин, И.Ю. Насникова, Д.Р. Богдашевский [и др.] // Актуальные вопросы лучевой диагностики заболеваний костно-суставной системы: всерос. науч.-практич. конф. – Барнаул, 2005. – С. 60-63.

131. Ходжамуродов, Г.М. Опыт применения васкуляризированных трансплантатов для пластики дефектов нервных стволов верхней конечности / Г.М. Ходжамуродов, М.Ф. Одинаев, М. Раджабов // Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии, 2012. – № 3. – С. 76-81.

132. Цымбалюк, В.И. Хирургическое лечение травматических повреждений лучевого нерва в подключично-подмышечной области / В.И. Цымбалюк, Б.Н. Лузан, А.Е. Кучерук // Астраханский медицинский журнал. – 2013. – Т. 8. – № 1. – С. 291-296.

133. Чехонацкий, А.А. Способ диагностики уровня повреждения седалищного нерва / А.А. Чехонацкий, Г.А. Коршунова // Актуальные вопросы неврологии и нейрохирургии в практическом здравоохранении. – Саратов, 1993. – С. 46-48.

134. Шевелев, И.Н. Травматические поражения плечевого сплетения (диагностика, микрохирургия) / И.Н. Шевелев. – М. : Издательство, 2005. – 383 с.

135. Шехтман, А.Г. Применение метода магнитно-резонансной томографии в клинической оценке структур головного мозга в норме и при опухолевой патологии / А.Г. Шехтман, О.Я. Малыгина // Медицинский альманах. – 2014. – № 5. – С. 174-178.

136. Шушарин, А.Г. Медицинское тепловидение – современные возможности метода / А.Г. Шушарин, В.В. Морозов, М.П. Половинка // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 4. – С. 10.

- 137.** Эластография – инновационный метод поиска рака различных локализаций / А.В. Зубарев, В.Е. Гажонова, С.О. Чуркина [и др.] // Поликлиника. – 2009. – № 4. – С. 32-37.
- 138.** Эхография нервов, сухожилий и связок / Н.А. Еськин, В.Г. Голубев, Д.Р. Богдашевский [и др.] // Sonoace International. – 2005. – вып. 13. – С. 82-94.
- 139.** Юрина, Н.А. Гистология : учебник / Н.А. Юрина, А.И. Радостина. – Стер. изд. – М. : Альянс, 2016. – 256 с.
- 140.** A method to estimate the depth of the sciatic nerve during subgluteal block by using thigh diameter as a guide / E. C. Crabtree, M. Beck, B. R. Lopp [et al.] // Reg. Anesth. Pain Med. – 2006. – Vol. 31. – P. 358-362.
- 141.** A retrospective study of the incidence of neurological injury after axillary brachial plexus block / B. Ben-David, M. Barak, Y. Katz [et al.] // Pain Practice. – 2006. – Vol. 6. – P. 119-123.
- 142.** Ah Chun, K. Postoperative ultrasonography of the musculoskeletal system / K. Ah Chun, Kil-Ho Cho // Ultrasonography. – 2015. – Vol. 34. – № 3. – P. 195-205.
- 143.** An, T. W. The Prevalence of Cubital Tunnel Syndrome: A Cross-Sectional Study in a U.S. Metropolitan Cohort / T. W. An, B. A. Evanoff, M. I. Boyer // J. Bone Joint Surg. Am. – 2017. – Vol. 99. – № 5. – P. 408-416.
- 144.** Anatomic considerations and the relationship between the piriformis muscle and the sciatic nerve / M. Guvencer, P. Akyer, C. Iyem [et al.] // Surg. Radiol. Anat. – 2008. – Vol. 30. – P. 467-474.
- 145.** Anatomic variations in the lateral femora cutaneous nerve with respect to pediatric hip surgery / M.A. Bjurlin, K.E. Davis, E.F. Allin [et al.] // Am. J. Orthop. – 2007 – Vol. 36. – P. 146.
- 146.** Anatomical study of the brachial plexus using surface ultrasound / C.E. Royse, S. Sha, P. F. Soeding [et al.] // Anaesth. Intensive Care. – 2006. – Vol. 34. – P. 203-210.
- 147.** Anterior transposition compared with simple decompression for treatment of cubital tunnel syndrome. A metaanalysis of randomized, controlled trials / M. Zlowodzki, S. Chan, M. Bhandari [et al.] // J. Bone Joint Surg Am. – 2007. –

Vol. 89. – P. 2591-2598.

148. Bahm, J. Critical review of pathophysiologic mechanisms in thoracic outlet syndrome (TOS) / J. Bahm // *Acta Neurochir Suppl.* – 2007. – Vol. 100. – P. 137-179.

149. Bäumer, P. Diagnostic criteria in MR neurography / P. Bäumer // *Radiologe.* – 2017. – Vol. 57. – № 3. – P. 176-183.

150. Bergler-Czop, B. Von_recklinghausen_disease: one patient – various problems / B. Bergler-Czop, B. Miziołek, L. Brzezińska-Wcisło // *Balkan J Med Genet.* – 2016. – Vol. 19. – № 1. – P. 95-102.

151. Bernhardt, M. Neuropathologische Beobachtungen / M. Bernhardt // *Deutsches Archiv fuer klinische Medizin.* – Leipzig. – 1878. – Vol. 22. – P. 362-393.

152. Bianchi, S. Ultrasound of the Musculoskeletal System / S. Bianchi, C. Martinoli. – Heidelberg: Springer-VerlagBerlin, 2007. – 974 p.

153. Bilateral ganglion cyst of the common peroneal nerve / M. Pedrazzini, F. Pogliacomi, F. Cusmano [et al.] // *Eur. Radiol.* – 2002. – Vol. 12. – P. 2803-2806.

154. Birchansky S. Imaging the brachial plexus and peripheral nerves in infants and children / S. Birchansky, N. Altman // *Semin. Pediatr. Neurol.* – 2000. – Vol. 7. – № 1. – P. 15-25.

155. Bozentka, D. J. Cubital tunnel syndrome pathophysiology / D. J. Bozentka // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 1998. – Vol. 351. – P. 90-94.

156. Brachial plexus injury: clinical manifestations, conventional imaging findings, and the latest imaging techniques / T. Yoshikawa, N. Hayashi, S. Yamamoto [et al.] // *Radio-graphics.* – 2006. – Vol. 26. – № 1. – P. 133-143.

157. Brachial plexus sonography: a technique for assessing the root level / C. Martinoli, S. Bianchi, E. Santacroce [et al.] // *Am. J. Roentgenol.* – 2002. – Vol. 179. – № 3. – P. 699-702.

158. Campbell, W.W. Ulnar neuropathy at the elbow / W.W. Campbell // *Muscle Nerve.* – 2000. – Vol. 23. – № 4. – P. 450-452.

159. Carpal Tunnel Syndrome: A Review of the Recent Literature / I. Ibrahim, W.S Khan, N Goddard [et al.] // *Open Orthop J.* – 2012. – Vol. 6. – P. 69-76.

160. Carpal tunnel syndrome: diagnostic usefulness of sonography / S.M. Wong,

J.F. Griffith, A.C. Hui [et al.] // Radiology. – 2004. – Vol. 232. – P. 93-99.

161. Carpal tunnel syndrome: usefulness of sonography / L. Sarria, T. Cabada, R. Cozcolluela [et al.] // Eur. Radiol. – 2000. – Vol. 10. – № 12. – P. 1920-1925.

162. Celik, G. Effects of Two Different Treatment Techniques on the Recovery Parameters of Moderate Carpal Tunnel Syndrome: A Six-Month Follow-up Study / G. Celik, M.K. Ilik // J. Clin. Neurophysiol. – 2016. – Vol. 33. – № 2. – P. 166-170.

163. Central pain and thalamic hyperactivity: a single photon emission computerized tomographic study / P. Cesaro, M.W. Mann, J.L. Moretti [et al.] // Pain. – 1991. – Vol. 47. – № 3. – P. 329-336.

164. Cervical nerve root avulsion in brachial plexus injuries: magnetic resonance imaging classification and comparison with myelography and computerized tomography myelography / K. Doi, K. Otsuka, Y. Okamoto [et al.] // J. Neurosurg. – 2002. – Vol. 96. – P. 277-284.

165. Chien, A.J. Sonography and MR imaging of posterior interosseous nerve syndrome with surgical correlation / A.J. Chien, D.A. Jamadar, J.A. Jacobson // Am. J. Roentgenol. – 2003. – Vol. 181. – P. 219-221.

166. Choi, Y.Y. PET/CT in benign and malignant musculoskeletal tumors and tumor-like conditions / Y.Y. Choi, J.Y. Kim, S.O. Yang // Semin. Musculoskelet. Radiol. – 2014. – Vol. 18. – № 2. – P. 133-148.

167. Coexisting secondary intraneural and vascular adventitial ganglion cyst of joint origin: a causal rather than a coincidental relationship supporting an articular theory / R.J. Spinner, B.W. Scheithauer, N.M. Desy [et al.] // Skeletal Radiol. – 2006. – Vol. 35. – P. 734-744.

168. Cohen, S.L. Sonography of Morton Neuromas: What Are We Really Looking At. / S.L. Cohen, T.T. Miller, S.J. Ellis // J. Ultrasound. Med. – 2016. – Vol. 35. – № 10. – P. 2191-2195.

169. Colbert, S.H. Nerve compressions in the upper extremity / S.H. Colbert, S.E. Mackinnon // Mo Med. – 2008. – Vol. 105. – № 6. – P. 527-535.

170. Comparison between perivascular and perineural ultrasound-guided axillary brachial plexus block using levobupivacaine: A prospective, randomised

clinical study / U. Ambi, P. Bhanupriya, S.Y. Hulkund [et al.] // Indian J. Anaesth. – 2015. – Vol. 59. – № 10. – P. 658-663.

171. Comprehensive musculoskeletal sonographic evaluation of the hand and wrist / B.O. Olubaniyi, G. Bhatnagar, V. Vardhanabhuti [et al.] // J. Ultrasound Med. – 2013. – Vol. 32. – № 6. – P. 901-914.

172. Correlation between ultrasound imaging, cross-sectional anatomy and histology of the brachial plexus: a review / G.J. Geffen, N. Moayeri, J. Bruhn [et al.] // Reg. Anesth. Pain Med. – 2009. – Vol. 34. – P. 490-497.

173. Cranial MR imaging in neurofibromatosis / J.R. Bognanno, M.K. Edwards, T.A. Lee [et al.] // AJR. – 1988. – Vol. 151. – № 2. – P. 381-388.

174. Diagnosis of closed injury and neoplasm of the brachial plexus by ultrasonography / M. Zheng, Y. Zhu, X. Zhou [et al.] // J. Clin. Ultrasound. – 2014. – Vol. 42. – № 7. – P. 417-422.

175. Diagnostic value of sonography in patients with suspected carpal tunnel syndrome: a prospective study / H.R. Ziswiler, S. Reichenbach, E. Vogelin [et al.] // Arthritis Rheum. – 2005. – Vol. 52. – P. 304-311.

176. Diakow, P.R. Differentiation of active and latent trigger points by thermography / P.R. Diakow // J. Manipulative Physiol. Ther. – 1992. – Vol. 15. – № 7. – P. 439-441.

177. Differentiation of malignant and benign musculoskeletal tumors: combined color Doppler ultrasonography, power Doppler ultrasonography and spectral wave analysis / G. Bodner, M. Schocke, F. Rachbauer [et al.] // Radiology. – 2002. – Vol. 223. – P. 410-416.

178. Diffusion-weighted magnetic resonance neurography for the diagnosis of carpal tunnel syndrome: a pilot study / Bao H, Wu C, Wang S [et al.] // Clin. Radiol. – 2017. – Vol. 72. – № 2. – P. 165-169.

179. Emamhadi, M. Long-term clinical outcomes of spinal accessory nerve transfer to the suprascapular nerve in patients with brachial plexus palsy / M. Emamhadi, B. Alijani, S. Andalib.

180. Evaluation of postoperative peripheral nerve lesions with high resolution

ultrasound / S. Peer, G. Bodner, R. Meirer [et al.] // Am. J. Roentgenol. – 2001. – Vol. 177. – P. 415-419.

181. Evansa, G.R. Neurofibromatosis type 2 / G.R. Evansa, M. Sainiob, M. Baserc // J. Med. Genet. – 2000. – Vol. 37. – P. 897-904.

182. Exhaustive mutation analysis of the NF1 gene allows identification of 95% of mutations and reveals a high frequency of unusual splicing defects / L.M. Messiaen, T. Callens, G. Mortier [et al.] // Hum. Mutat. – 2000. – Vol. 15. – № 6. – P. 541-555.

183. Feasibility of 3D ultrasound to evaluate upper extremity nerves / M.T. Girtler, A. Krasinski, C. Dejaco [et al.] // Ultraschall Med. – 2013. – Vol. 34. – № 4. – P. 382-387.

184. Ferner, R.E. Neurofibromatosis 1 / R.E. Ferner // Eur. J. Hum. Genet. – 2007. – Vol. 15. – № 2. – P. 131-138.

185. Fornage, B.D. Peripheral nerves of the extremities: imaging with US / B.D. Fornage // Radiology. – 1988. – Vol. 167. – № 1. – P. 179-182.

186. Fornage, B.D. Sonography of peripheral nerves of the extremities / B.D. Fornage Radiol. Med. – 1993. – № 85. – P. 162.

187. Friedrich, R.E. Expansive Extracranial Growth of Intracranial Meningioma in Neurofibromatosis Type 2 / R.E. Friedrich, C. Hagel // Anticancer Res. – 2016. – Vol. 36. – № 6. – P. 161-167.

188. Garcia-Penas, J.J. Learning disorders in neurofibromatosis type 1 / J.J. Garcia-Penas // Rev. Neurol. – 2017. – Vol. 64. – P. 59-63.

189. Gibbon, W.W. Musculoskeletal ultrasound / W.W. Gibbon // Bailheres Clin. Rheumatol. – 1996. – № 10. – P. 561-586.

190. Giovagnorio, F. Sonography of the cervical vagus nerve: normal appearance and abnormal findings / F. Giovagnorio, C. Martinoli // Am. J. Roentgenol. – 2001. – Vol. 176. – № 3. – P. 745-749.

191. Göransson, H. Patient outcome after surgical management of the spinal accessory nerve injury: A long-term follow-up study / H. Göransson, O.V. Leppänen, M. Vastamäki // SAGE Open Med. – 2016. – Vol. 4. – P. 1-6.

192. Guyon's canal lipoma causing ulnar neuropathy / L.T. Bui-Mansfield,

M. Williamson, D.T. Wheeler [et al.] // Am. J. Roentgenol. – 2002. – Vol. 178. – P. 1458.

193. Henderson, R.E. Current and Prospective Use of Musculoskeletal Diagnostic Ultrasound Imaging at Chiropractic Teaching Institutions: A Worldwide Survey of Diagnostic Imaging Staff / R.E. Henderson, B.F. Walker, K.J. Young // J. Chiropr Med. – 2017. – Vol. 16. – № 1. – P. 54-63.

194. High-resolution ultrasound of peripheral neurogenic tumors / H. Gruber, B. Glodny, N. Bendix [et al.] // Eur. Radiol. – 2007. – Vol. 17. – P. 2880-2888.

195. High-resolution ultrasound of the supraclavicular brachial plexus can it improve therapeutic decisions in patients with plexus trauma? / H. Gruber, B. Glodny, K. Galiano [et al.] // Eur Radiol. – 2007. – Vol. 17. – P. 1611-1620.

196. High-resolution ultrasound-guided high interscalene plexus block for carotid endarterectomy / T. Roessel, D. Wiessner, A. R. Heller [et al.] // Reg. Anesth. Pain Med. – 2007. – Vol. 32. – P. 247-253.

197. Hilar biliary neurofibroma without neurofibromatosis: case report with contrast-enhanced ultrasound findings / H.L. Guo, L.D. Chen, Z. Wang [et al.] // J. Med. Ultrason (2001). – 2016. – Vol. 43. – № 4. – P. 537-543.

198. Hobson-Webb, L.D. Ultrasound of Focal Neuropathies / L.D. Hobson-Webb, L. Padua // J. Clin. Neurophysiol. – 2016. – Vol. 33. – № 2. – P. 94-102.

199. Holsbeeck, M. Musculoskeletal Ultrasound / M. Holsbeeck, J. H. Introcaso. – Boston: Mosby-Year Book. – St. Louis, Baltimore, 1991. – P. 174-175.

200. Homotypic and heterotypic interaction of the neurofibromatosis 2 tumor suppressor protein merlin and the ERM protein ezrin / M. Gronholm, M. Sainio, F. Zhao [et al.] // J. Cell. Sci. – 1999. – Vol. 112. – P. 895-904.

201. Hsiao, C.W. Concurrent carpal tunnel syndrome and pronator syndrome: A retrospective study of 21 cases / C.W. Hsiao, J.T. Shih, S.T. Hung // Orthop. Traumatol. Surg. Res. – 2017. – Vol. 103. – № 1. – P. 101-103.

202. Imaging of ancient schwannoma / K. Isobe, T. Shimizu, T. Akahane [et al.] // Am. J. Roentgenol. – 2004. – Vol. 183(2). – P. 331-336.

203. Intraneural ganglion cyst of the ulnar nerve in an unusual location: A case

report / U. Öztürk, A. Salduz, M. Demirel [et al.] // Int. J. Surg. Case Rep. – 2017. – Vol. 31. – P. 61-64.

204. Intraoperative electroneurography: management of ulnar neuropathy at the elbow / W. W. Campbell, S. K. Sahni, R. M. Pridgeon [et al.] // Muscle Nerve. – 1988. – Vol. 11. – № 1. – P. 75-81.

205. Intraoperative imaging of the brachial plexus by highresolution ultrasound / H. Kubiena, M. Hormann, W. Michlits [et al.] // J. Reconstr Microsurg. – 2005. – Vol. 21. – P. 429-433.

206. Intraoperative portable ultrasonography localization of clinically impalpable soft-tissue tumors / J. Jagadeesan, J. A. Davies, A. Raurell, Robert [et al.] // World J. Surg. Oncol. – 2012. – Vol. 10. – P. 1-4.

207. Is Histopathological Analysis of Interdigital Morton's Neuroma Necessary? / R.K. Mallina, K. Al-Dadah, K. Patel [et al.] // Foot Ankle Spec. – 2016. – doi: 10.1177/1938640016685151.

208. Jacobson, J.A. Musculoskeletal Ultrasound / J.A. Jacobson. – Philadelphia: Elsevier, 2007. – P. 264-333.

209. Jett, K. Clinical and genetic aspects of neurofibromatosis 1 / K. Jett, J.M. Friedman // Genet. Med. – 2010. – Vol. 12. – № 1. – P. 1-11.

210. Jorgensen, B. Post-traumatic dislocation of the ulnar nerve in the cubital tunnel / B. Jorgensen, L. B. Stolle // Ugeskr. Laeger. –2002. – Vol. 164. – № 44. – P. 5147-5148.

211. Kapral, S. Ultrasound in local anaesthesia. Part II: ultrasound-guided blockade of peripheral nerve channels / S. Kapral, P. Marhofer // Anaesthesist. – 2002. – Vol. 51. – P. 1006-1014.

212. Kawakatsu, M. Tarsal Tunnel Syndrome Due To Three Different Types of Ganglion During a 12-Year Period: A Case Report / M. Kawakatsu, T. Ishiko, M. Sumiya // J. Foot Ankle Surg. – 2017. – Vol. 56. – № 2. – P. 379-384.

213. Kresak, J.L. Neurofibromatosis: A Review of NF1, NF2, and Schwannomatosis / J.L. Kresak, M. Walsh // J. Pediatr. Genet. – 2016. – Vol. 5. – № 2. – P. 98-104.

- 214.** Kwon, B.C. Comparison of sonography and electrodiagnostic testing in the diagnosis of carpal tunnel syndrome / B.C. Kwon, K.I. Jung, G.H. Baek // J. Hand Surg. – 2008. – Vol. 33. – P. 65-71.
- 215.** Lateral femoral cutaneous nerve: an anatomic study / M.C. Grothaus, M. Holt, A.O. Mekhail [et al.] // Surg. Radiol. Anat. – Vol. 19. – P. 307.
- 216.** Lee, D. Morphological and functional changes in the diabetic peripheral nerve: using diagnostic ultrasound and neurosensory testing to select candidates for nerve decompression / D. Lee, D.M. Dauphinee // J. Am. Podiatr. Med. Assoc. – 2005. – Vol. 95. – P. 433-437.
- 217.** Lee, K.M. Relationship Between Electrodiagnosis and Various Ultrasonographic Findings for Diagnosis of Carpal Tunnel Syndrome / K.M. Lee, H.J. Kim // Ann. Rehabil. Med. – 2016. – Vol. 40. – № 6. – P. 1040-1047.
- 218.** Loewy, J. Sonoanatomy of the median, ulnar and radial nerves / J. Loewy // Can. Assoc. Radiol. J. – 2002. – Vol. 53. – P. 33-38.
- 219.** Long-Term Results of Neurectomy Through a Dorsal Approach in the Treatment of Morton's Neuroma / P. Reichert, K. Zimmer, J. Witkowski [et al.] // Adv. Clin. Exp. Med. – 2016. – Vol. 25. – № 2. – P. 295-302.
- 220.** Maldonado, A.A. Lateral pectoral nerve transfer for spinal accessory nerve injury / A.A. Maldonado, R.J. Spinner // J. Neurosurg. Spine. – 2017. – Vol. 26. – № 1. – P. 112-115.
- 221.** Malignant melanoma of soft tissues (clear cell sarcoma) of the foot. Is MRI able to perform a specific diagnosis? Report of one case and review of the radiological literature / N. Gandolfo, C. Martinoli, F. Cafiero [et al.] // Anticancer Res. – 2000. – Vol. 20. – P. 3993-3998.
- 222.** Malignant peripheral nerve sheath tumors of the spine: results of surgical management from a multicenter study / D. Chou, M.H. Bilsky, A. Luzzati [et al.] // J. Neurosurg. Spine. – 2017. – Vol. 26. – №3. – P. 291-298.
- 223.** Mazurek, M.T. Upper extremity peripheral nerve anatomy: current concepts and applications // M.T. Mazurek, A.Y. Shin // Clin. Orthop. Relat. Res. – 2001. – Vol. 383. – P. 7-20.

- 224.** McCartney, C.-J.-L. Ultrasound guidance for a lateral approach to the sciatic nerve in the popliteal fossa / C.-J.-L. McCartney, I. Brauner, V.-W.-S. Chan // *Anaesthesia*. – 2004. – Vol. 59. – P. 1023-1025.
- 225.** McNally, E.G. *Practical Musculoskeletal Ultrasound* / E.G. McNally // Oxford: Elsevier, 2005. – P. 163-165.
- 226.** McNally, S.A. Results of 1245 endoscopic carpal tunnel decompressions / S.A. McNally, P.F. Hales // *Hand Surg.* – 2003. – Vol. 8. – P. 111-116.
- 227.** Median and ulnar nerve injuries; what causes different repair outcomes? / M.H. Nouraei, A. Hosseini, S. Salek [et al.] // *Adv. Biomed. Res.* – 2015. – Vol. 4. – P. 215.
- 228.** Molecular, genetic, and cellular pathogenesis of neurofibromas and surgical implications / O.N. Gottfried, D.H. Viskochil, D.W. Fults [et al.] // *Neurosurgery*. – 2006. – Vol. 58. – P. 1-16.
- 229.** Morphology and dynamics of the ulnar nerve in the cubital tunnel: diagnosis by high resolution ultrasonography / M. Okamoto, M. Abe, H. Shirai [et al.] // *J. Hand Surg.* – 2000. – Vol. 25. – P. 85-89.
- 230.** Morton's neuroma: is it always symptomatic / J. Bencardino, Z.S. Rosenberg, J. Beltran [et al.] // *Am. J. Roentgenol.* – 2000. – Vol. 175. – P. 649-653.
- 231.** MRI-apparent localized deformation of the median nerve within the carpal tunnel during functional hand loading / J.E. Goetz, N.M. Kunze, E.K. Main [et al.] // *Ann Biomed Eng.* – 2013. – Vol. 41. – № 10. – P. 2099-2108.
- 232.** Multidimensional ultrasound imaging of the wrist: Changes of shape and displacement of the median nerve and tendons in carpal tunnel syndrome / A. Filius, M. Scheltens, H.G. Bosch [et al.] // *J. Orthop. Res.* – 2015. – Vol. 33. – № 9. – P. 1332-1340.
- 233.** Musahl, C Severe brain injury with rupture of the superior sagittal sinus after vacuum extraction birth / C. Musahl, U. Schick // *J. Neurosurg. Pediatr.* – 2008. – Vol. 1. – № 6. – P. 471-473.
- 234.** Myxofibrosarcoma – Case report / B.A. de Castro, A.C. Piancastelli, R.L. Meyer [et al.] // *An. Bras. Dermatol.* – 2016. – Vol. 91. – № 1. – P. 97-99.

- 235.** Natural history of neurofibromatosis associated optic nerve glioma in mice / M.L. Bajenaru, J.R. Garbow, A. Perry [et al.] // *Ann. Neurol.* – 2005. – Vol. 57, № 1. – P. 119-127.
- 236.** Nerve injuries and traumatic lesions of the brachial plexus : Imaging diagnostics and therapeutic options / D. Schwarz, M.T. Pedro, C. Brand [et al.] // *Radiologe.* – 2017. – Vol. 57, № 3. – P. 184-194.
- 237.** Neurofibromatous neuropathy / P.K. Thomas, R.-H.-M. King, T.R. Chiang [et al.] // *Muscle Nerve.* – 1990. – Vol. 13. – P. 93-101.
- 238.** Neurofibromatous neuropathy in neurofibromatosis 1 / R.E. Ferner, S.M. Hall, R.-A.-C. Hughes [et al.] // *J. Med. Genet.* – 2004. – Vol. 41. – P. 837-841.
- 239.** Neurological complications of neurofibromatosis type 1 in adulthood / A. Creange, J. Zeller, S. Rostaing-Rigattieri [et al.] // *Brain.* – 1999. – Vol. 122. – P. 473-481.
- 240.** New technologies for the assessment of neuropathies / R. Gasparotti, L. Padua, C. Briani // *Nat Rev Neurol.* – 2017. – Vol. 17. – doi: 10.1038/nrneurol.2017.31.
- 241.** New, simple, ultrasound-guided infiltration of the pudendal nerve: ultrasonographic technique / P. Kovacs, H. Gruber, J. Piegger [et al.] // *Dis Colon Rectum.* – 2001. – Vol. 44. – P. 1381-1385.
- 242.** NF2 gene in neurofibromatosis type 2 patients / J. Zucman-Rossi, P. Legoix, H. D. Sarkissian [et al.] // *Hum. Mol. Genet.* – 1998. – Vol. 7. – P. 2095-2101.
- 243.** Ngo, K. T. Electrodiagnostic findings and surgical outcome in isolated first branch lateral plantar neuropathy: a case series with literature review / K. T. Ngo, D. R. Del Toro // *Arch. Phys. Med Rehabil.* – 2010. – Vol. 91, № 121. – P. 948-951.
- 244.** Observational multicentric survey on carpal tunnel syndrome: demographic and clinical data from 34 Italian centers / R. Luchetti, S. Tognon, M. Cacciavillani [et al.] // *Eur. Rev. Med. Pharmacol Sci.* – 2017. – Vol. 21, № 3. – P. 460-469.
- 245.** Orthopaedic manifestations of neurofibromatosis type 1 / D. S. Feldman, C. Jordan, L. Fonseca [et al.] // *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* – 2010. – Vol. 18, № 6. – P. 346-357.

- 246.** Pain, quality of life, and spinal accessory nerve status after neck dissection / J. E. Terrell, D. E. Welsh, C. R. Bradford [et al.] // Laryngoscope. – 2000. – Vol. 110. – P. 620-626.
- 247.** Park, G. Y. The ultrasonographic and electrodiagnostic findings of ulnar neuropathy at the elbow / G. Y. Park, J. M. Kim, S. M. Lee // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 2004. – Vol. 85. – P. 1000-1005.
- 248.** Pastides, P Morton's neuroma: A clinical versus radiological diagnosis / P. Pastides, S. El-Sallakh, C. Charalambides // Foot Ankle Surg. – 2012. – Vol. 18, № 1. – P. 22-24.
- 249.** Peer, S. High Resolution Sonography of the Peripheral Nervous System / S. Peer, G. Bodner. – Berlin : Springer, 2008. – 136 p.
- 250.** Peeters, E. Y. Sonography of the normal ulnar nerve at Guyon's canal and of the common peroneal nerve dorsal to the fibular head / E.Y. Peeters, K.H. Nieboer, M.M. Osteaux // J. Clin. Ultrasound. – 2004. – Vol. 32. – P. 375-380.
- 251.** Peripheral Nerve Schwannoma: A Review of Varying Clinical Presentations and Imaging Findings / P. Albert, J. Patel, K. Badawy [et al.] // J. Foot Ankle Surg. – 2017. – Vol. 16. – P. 30422-30427.
- 252.** Peripheral nerve ultrasonography in patients with transthyretin amyloidosis / S. Podnar, S. Sarafov, I. Tournev [et al.] // Clin. Neurophysiol. – 2017. – Vol. 128, №4. – P. 505-511.
- 253.** Peripheral tumor and tumor-like neurogenic lesions / E. Abreu, S. Aubert, G. Wavreille [et al.] // Eur. J. Radiol. – 2013. – Vol. 82, №1. – P. 38-50.
- 254.** Persistent median artery in the carpal tunnel: color Doppler ultrasonographic findings / E.M. Gassner, M. Schocke, S. Peer [et al.] // J. Ultrasound Med. – 2002. – Vol. 21, № 4. – P. 455-461.
- 255.** Piatt, J. H. Pediatric spinal injury in the US: epidemiology and disparities / J.H. Piatt // J. Neurosurg. Pediatr. – 2015. – Vol. 16, №4. – P. 463-471.
- 256.** Posterior subgluteal approach to block the sciatic nerve: description of the technique and initial clinical experiences / P.Di Benedetto, A. Casati, L. Bertini [et al.] // Eur. J. Anaesthesiol. – 2002. – Vol. 19. – P. 682-686.

257. Predictors of carpal tunnel syndrome: accuracy of gray-scale and color Doppler sonography / A. Mallouhi, P. Pulzl, T. Trieb // Am. J. Roentgenol. – 2006. – Vol. 186. – P. 1240-1245.

258. Preimplantation diagnosis for neurofibromatosis / Y. Verlinsky, S. Rechitsky, O. Verlinsky [et al.] // Reprod. Biomed. Online. – 2002. – Vol. 4, № 3. – P. 218-222.

259. Pronation can increase the pressure on the posterior interosseous nerve under the arcade of Frohse: a possible mechanism of palsy after two-incision repair for distal biceps rupture--clinical experience and a cadaveric investigation / A.C. Links, K.S. Graunke, C. Wahl [et al.] // J. Shoulder Elbow Surg. – 2009. – Vol. 18, № 1. – P. 64-68.

260. Quantitative Muscle Ultrasonography in Carpal Tunnel Syndrome / H. Lee, S. Jee, S. H. Park [et al.] // Ann. Rehabil. Med. – 2016. – Vol. 40, № 6. – P. 1048-1056.

261. Quantitative MRI analysis of idiopathic carpal tunnel syndrome / H.K. Oge, B. Acu, T. Gucer [et al.] // Turk Neurosurg. – 2012. – Vol. 22, № 6. – P. 763-768.

262. Radial nerve palsy associated with fractures of the shaft of the humerus. A systematic review / Y.C. Shao, P. Harwood, M.-R.-W. Grotz [et al.] // Journal of Bone and J. Surgery. –2007. – Vol. 87-B, № 12. – P. 1647-1652.

263. Radial nerve palsy associated with humeral shaft fracture: evaluation with US-initial experience / G. Bodner, W. Buchberger, M. Schocke [et al.] // Radiology. – 2001. – Vol. 219. – P. 81-816.

264. Recurrent ulnar nerve entrapment at the elbow: Correlation of surgical findings and 3-Tesla magnetic resonance neurography / A. Chhabra, V. Wadhwa, R.S. Thakkar [et al.] // Can. J. Plast. Surg. – 2013. – Vol. 21, № 3. – P. 186-189.

265. Reimers, C. D. Sonographic der Muskeln, Sehnen und Nerven / C. D. Reimers, H. Gaulrapp, H. Kele. – Koln: Deutscher Arzte-Verlag, 2004. – S.223-233.

266. Ricci, S. Ultrasound observation of the sciatic nerve and its branches at the popliteal fossa: always visible, never seen / S. Ricci // Eur. J. Vase Endovasc. Surg. – 2005. – Vol. 30. – P. 659-663.

267. Risk factors which predispose first-time traumatic anterior_shoulder

dislocations to recurrent instability in adults: a systematic review and meta-analysis / M. Olds, R. Ellis, K. Donaldson [et al] // Br. J. Sports Med. – 2015. – Vol. 49, № 14. – P. 913-922.

268. Robinson, L. R. Traumatic injury to peripheral nerves / L. R. Robinson // Muscle Nerve. – 2000. – Vol. 23. – P. 863-873.

269. Rota, E. Entrapment neuropathies in diabetes mellitus / E. Rota, N. Morelli // World J Diabetes. – 2016. – Vol. 7, № 17. – P. 342-353.

270. Ruggieri, M. Diagnosis, Management, and New Therapeutic Options in Childhood Neurofibromatosis Type 2 and Related Forms / M. Ruggieri, A. D. Praticò, D. G. Evans // Semin. Pediatr Neurol. – 2015. – Vol. 22, № 4. – P. 240-258.

271. Rutledge, M. H. Role of the neurofibromatosis type 2 gene in the development of tumors of the nervous system / M. H. Rutledge, G. A. Rouleau // Neurosurg. Focus. – 2005. – Vol. 19, № 5. – P. 1-5.

272. Ryu, J. Current status of musculoskeletal application of shear wave elastography / J. Ryu, W.K. Jeong // Ultrasonography. – 2017. – doi: 10.14366/usg.16053.

273. Sandhu, N. S. Ultrasound imaging of brachial plexus / N.S. Sandhu // Anesthesiology. – 2004. – Vol. 100. – P. 1325-1326.

274. Schafhalter-Zoppoth, I. Inadvertent femoral nerve impalement and intraneural injection visualized by ultrasound / I. Schafhalter-Zoppoth, I.D. Zeitz, A.T. Gray // Anesth. Analg. – 2004. – Vol. 99. – P. 627-628.

275. Schafhalter-Zoppoth, I. The musculocutaneous nerve: ultrasound appearance for peripheral nerve block / I. Schafhalter-Zoppoth, A.T. Gray // Reg. Anesth. Pain Med. – 2005. – Vol. 30. – P. 385-390.

276. Sciatic nerve: sonographic evaluation and anatomic pathologic considerations / M. Graif, A. Seton, J. Nerubali [et al.] // Radiology. – 1991. – Vol. 181. – P. 405-408.

277. Seror, P. Isolated sensory manifestations in neuralgic amyotrophy: report of eight cases / P. Seror // Muscle Nerve. – 2004. – Vol. 29, № 1. – P. 134-138.

278. Silbermann-Hoffman, O. Post-traumatic brachial plexus MRI in practice /

O. Silbermann-Hoffman, F. Teboul // Diagn. Interv Imaging. – 2013. – Vol. 94, № 10. – P. 925-943.

279. Sobotta Atlas der Anatomie des Menschen. Bd. 2. Rumpf, Eingeweide, untere Extremität // Urban und Schwarzenberg. – München, 2000. – P. 348-388.

280. Soft tissue landmark for ultrasound identification of the sciatic nerve in the infragluteal region: the tendon of the long head of the biceps femoris muscle / J. Bruhn, N. Moayeri, G. J. Groen [et al.] // Acta Anaesthesiol. Scand. – 2009. – Vol. 53. – P. 912-915.

281. Somatotopic fascicular organization of the human sciatic nerve demonstrated by MR neurography / P. Bäumer, M. Weiler, M. Bendszus [et al.] // Neurology. – 2015. – Vol. 84, № 17. – P. 1782-1787.

282. Sonoanatomy of the ulnar nerve in the cubital tunnel: a multicentre study by the GEL / D. Jacob, V. Creteur, C. Courthaliac [et al.] // Eur. Radiol. – 2004. – Vol. 14. – P. 1770-1773.

283. Sonographic characteristics of peripheral nerve sheath tumors / D.L. Reynolds Jr., J.A. Jacobson, P. Inampudi [et al.] // Am. J. Roentgenol. – 2004. – Vol. 182. – P. 741-744.

284. Sonographic evaluation of digital annular pulley tears / C. Martinoli, S. Bianchi, M. Nebiolo [et al.] // Skeletal Radiol. – 2000. – Vol. 29, № 7. – P. 387-391.

285. Sonographic imaging of the sciatic nerve division in the popliteal fossa / U. Schwemmer, C. K. Markus, C. A. Greim [et al.] // Ultraschall Med. – 2005. – Vol. 26. – P. 496-500.

286. Sonographic mapping of the normal brachial plexus / X. Demondion, P. Herbinet, N. Boutry [et al.] // Am. J. Neuroradiol. – 2003. – Vol. 24. – P. 1303-1309.

287. Sonography in the diagnosis of carpal tunnel syndrome: a critical review of the literature / R. Beekman, L. H. Visser [et al.] // Muscle Nerve. – 2003. – Vol. – P. 26-33.

288. Sonography of brachial plexus traction injuries / H. P. Haber, N. Sinis, M. Haerle [et al.] // Am. J. Roentgenol. – 2006. – Vol. 186, № 6. – P. 1787-1791.

289. Sonography of entrapment neuropathies in the upper limb (wrist excluded)

/ C. Martinoli, S. Bianchi, F. Pugliese [et al.] // J. Clin Ultrasound. – 2004. – Vol. 32. – P. 438-450.

290. Sonography of Morton's neuromas / T. J. Quinn, J. A. Jacobson, J. G. Craig [et al.] // Am. J. Roentgenol. – 2000. – Vol. 174. – P. 1723-1728.

291. Sonography of peripheral nerves. Part II: lower limbs / V. Creteur, C. Bacq, E. Fumiere // J. Radiol. – 2007. – Vol. 88. – P. 349-360.

292. Sonography versus electrodiagnosis for the diagnosis of carpal tunnel syndrome in routine practice / C. Boutte, P. Gaudin, L. Grange [et al.] // Rev. Neurol. (Paris). – 2009. – Vol. 165, № 5. – P. 460-465.

293. Spence, B.C. Ultrasoundguided musculocutaneous nerve block: a description of a novel technique / B.C. Spence, B.D. Sites, M.L. Beach // Reg Anesth Pain Med. – 2005. – Vol. 30. – P. 198-201.

294. Spinner, R.J. Cystic transverse limb of the articular branch: a pathognomonic sign for peroneal intraneural ganglia at the superior tibiofibular joint / R.J. Spinner, N.M. Desy, K.K. Amrami // Neurosurgery. – 2006. – Vol. 59. – P. 157-166.

295. Spinner, R.J. Peroneal intraneural ganglia: the importance of the articular branch. A unifying theory / R.J. Spinner, J.L. Atkinson, R.L. Tiel. // J. Neurosurg. – 2003. – Vol. 99. – P. 330-343.

296. Spinner, R.J. The use of MR arthrography to detect occult joint communication in a recurrent peroneal intraneural ganglion / R.J. Spinner, K.K. Amrami, M.G. Rock // Skeletal Radiol. – 2006. – Vol. 35. – P. 172-179.

297. Steinmann, S. P. Axillary nerve injury: diagnosis and treatment / S.P. Steinmann, E.A. Moran // J. Am. Acad. Orthop. Surg. – 2001. – Vol. 9. – P. 328-335.

298. Strohl, A.B. Ulnar Tunnel Syndrome, Radial Tunnel Syndrome, Anterior Interosseous Nerve Syndrome, and Pronator Syndrome / A.B. Strohl, D.S. Zelouf // J. Am. Acad. Orthop. Surg. – 2017. – Vol. 25, № 1. – P. 1-10.

299. Surgical anatomy of the spinal accessory nerve and the trapezius branches of the cervical plexus / A.C. Kierner, I. Zelenka, S. Heller [et al.] // Arch. Surg. – 2000. – Vol. 1. – P. 1428-1431.

- 300.** Surgical outcomes of 156 spinal accessory nerve injuries caused by lymph node biopsy procedures / S.H. Park, Y. Esquenazi, D.G. Kline [et al.] // J. Neurosurg. Spine. – 2015. – Vol. 23, № 4. – P. 518-525.
- 301.** Tagliafico, A.S. Peripheral nerve imaging: Not only cross-sectional area / A.S. Tagliafico // World J. Radiol. – 2016. – Vol. 8, № 8. – P. 726-728.
- 302.** Tarsal tunnel syndrome secondary to neurilemoma – a case report / C.C. Tsai, T.M. Lin, C.S. Lai [et al.] // Kaohsiung J. Med Sci. – 2001. – Vol. 17. – P. 216-220.
- 303.** Thai, L.M. Sonography of peripheral nerves: technique, anatomy, and pathology / L.M. Thain, D.B. Downey // Ultrasound Q. – 2002. – Vol. 18. – P. 225-245.
- 304.** The division of the sciatic nerve in the popliteal fossa: anatomical implications for popliteal nerve blockade / J.D. Vloka, A. Hadzic, E. April [et al.] // Anesth. Analg. – 2001. – Vol. 92. – P. 215-217.
- 305.** The use of cross correlation analysis between high, frequency ultrasound images to measure longitudinal median nerve movement / A. Dilley, J. Greening, B. Lynn [et al.] // Ultrasound Med. Biol. – 2001. – Vol. 27. – P. 1211-1218.
- 306.** The use of magnetic resonance imaging to evaluate the accuracy of a handheld ultrasound machine in localizing the sciatic nerve in the popliteal fossa / B. D. Sites, J.D. Gallagher, I. Tomek [et al.] // Reg. Anesth. Pain Med. – 2004. – Vol. 29. – P. 413-416.
- 307.** The ultrasonographic evaluation of hemodynamic changes in patients with diabetic polyneuropathy after tarsal tunnel decompression / F. Tekin, K. Ağladioğlu, M. Sürmeli // Microsurgery. – 2015. – № 6. – P. 457-62.
- 308.** Tibial intraneural ganglia in the tarsal tunnel: is there a joint connection / R. J. Spinner, L. DellonA', G. Rosson [et al.] // J. Foot Ankle Surg. – 2007. – Vol. 1. – P. 27-31.
- 309.** Transfer of the levator scapulae, rhomboid major, and rhomboid minor for paralysis of the trapezius / L.U. Bigliani, C.A. Compito, X.A. Dualde [et al.] // J. Bone Joint Surg. – 1996. – Vol. 78A. – P. 534-540.

310. Tzika, M. Entrapment of the superficial peroneal nerve: an anatomical insight / M. Tzika, G. Paraskevas, K. Natsis // J. Am. Podiatr. Med. Assoc. – 2015. – Vol.105, № 2. – P. 150-159.

311. Ulnar nerve dislocation and snapping triceps syndrome: diagnosis with dynamic sonography -report of three cases / J. A. Jacobson, P. J. L. Jebson, A. W. Jeffers [et al.] // Radiology. – 2001. – Vol. 220. – P. 601-605.

312. Ultrasonographic appearance of supinator syndrome / G. Bodner, C. Harpf, R. Meirer [et al.]. – J. Ultrasound Med. – 2002. – Vol. 21. – P. 1289-1293.

313. Ultrasonographic assessment of mild and moderate idiopathic carpal tunnel syndrome / T. Altinok, O. Baysal, H. M. Karakas [et al.] // Clin. Radiol. – 2004. – Vol. 59. – P. 916-925.

314. Ultrasonographic evaluation of Achilles tendons in clubfeet before and after percutaneous tenotomy / A. Agarwal, N.A. Qureshi, P. Kumar [et al.] // J. Orthop. Surg. (Hong Kong). – 2012. – Vol. 20, № 1. – P. 71-74.

315. Ultrasonographic findings of the axillary part of the brachial plexus / G. Retzl, S. Kapral, M. Greher [et al.]. // Anesth. Analg. – 2001. – Vol. 92. – P. 1271-1275.

316. Ultrasonographic findings of the normal ulnar nerve in adults / M.S. Cartwright, H.W. Shin, L. V. Passmore [et al.] // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 2007. – Vol. 88. – P. 394-396.

317. Ultrasonographic measurements in cubital tunnel syndrome / J. S. Yoon, B.J. Kim, S.J. Kim [et al.] // Muscle Nerve. – 2007. – Vol. 36. – P. 853-855.

318. Ultrasonography of the accessory nerve. Normal pathological findings in cadavers and patients with iatrogenic accessory nerve palsy / G. Bodner, C. Harpf, A. Gardetto [et al.] // Ultrasound Med. – 2002. – Vol. 21. – P. 1159-1163.

319. Ultrasound anatomy of the radial nerve in the distal upper arm / G.L. Foxall, D. Skinner, J.G. Hardman [et al.] // Reg. Anesth. Pain Med. – 2007. – Vol. 32. – P. 217-220.

320. Ultrasound examination and localization of the sciatic nerve: a volunteer study / V.W. Chan, H. Nova, S. Abbas [et al.] // Anesthesiology. – 2006. – Vol. 104. –

P. 309-314.

321. Ultrasound examination of the sciatic nerve at the anterior thigh in obese patients / C. Chantzi, T. Saranteas, J. Zogogiannis [et al.] // Acta Anaesthesiol. Scand. – 2007. – Vol. 51. – P. 132 -137.

322. Ultrasound in the diagnosis of ulnar neuropathy at the cubital tunnel / E.R. Wiesler, G.D. Chloros, M.S. Cartwright [et al.] // J. Hand Surg. [Am]. – 2006. – Vol. 31. – P. 1088-1093.

323. Ultrasound in tarsal tunnel syndrome: Correct diagnosis for appropriate treatment / D. Coraci, F. Ioppolo, L.Di Sante [et al.] // Muscle Nerve. – 2016. – Vol. 54, № 6. – P. 1148-1149.

324. Ultrasound of nerve entrapment in osteofibrous tunnels of the upper and lower limbs / C. Martinoli, S. Bianchi, N. Gandolfo [et al.] // Radiographics. – 2000. – Vol. 20. – P. 199-217.

325. Ultrasound of tendons and nerves / C. Martinoli, S. Bianchi, M.H. Dahmane [et al.] // Eur. Radiol. – 2002. – Vol. 12. – P. 44-55.

326. Ultrasound of tumours and tumour-like lesions of peripheral nerves / N. Bendix, C. Wolf, H. Gruber [et al.] // Ultraschall. Med. – 2005. – Vol. 26. – P. 318-324.

327. Ultrasound-guided aspiration and injection of an intraneural ganglion cyst of the common peroneal nerve / T. Liang, A. Panu, S. Crowther [et al.] // HSS J. – 2013. – Vol. 9, № 3. – P. 270-274.

328. Ultrasound-guided aspiration of symptomatic intraneural ganglion cyst within the tibial nerve / J. Jose, R. Fourzali, B. Lesniak [et al.] // Skeletal Radiol. – 2011. – Vol. 40, № 11. – P. 1473-1478.

329. Ultrasound-guided midthigh sciatic nerve block – a clinical and anatomical study / M. J. Barrington, S. L. Lai, C. A. Briggs [et al.] // Reg. Anesth. Pain Med. – 2008. – Vol. 33. – P. 369-376.

330. Ultrasound-guided peripheral nerve stimulation for neuropathic pain after brachial plexus injury: two case reports / J.H. Kim, S.H. Shin, Y.R. Lee [et al.] // J. Anesth. – 2017. – doi: 10.1007/s00540-017-2315-5.

- 331.** Ultrasound-guided sciatic nerve block: description of a new approach at the subgluteal space / M.K. Karmakar, W.H. Kwok, A.M. Ho [et al.] // Br. J. Anaesth. – 2007. – Vol. 98. – P. 390-395.
- 332.** Ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block / V.W. Chan, A. Perlas, R. Rawson [et al.] // Anesth. Analg. – 2003. – Vol. 97. – P. 1514-1517.
- 333.** Use of High-Resolution Ultrasonography in Anterior Subcutaneous Transposition of the Ulnar Nerve for Cubital Tunnel Syndrome / M. Yang, J. Wang, X. Yang [et al.] // Acta Neurochir. Suppl. – 2017. – Vol. 124: – P. 277-281.
- 334.** Use of magnetic resonance imaging to define the anatomical location, closest to * all three cords of the infraclavicular brachial plexus / A.R. Sauter, H.J. Smith, A. Stubhaug [et al.] // Anesth Analg. – 2006. – Vol. 103. – P. 1574-1576.
- 335.** Van Geffen, G.J. Ultrasound-guided subgluteal sciatic nerve blocks with stimulating catheters in children: a descriptive study / G.J. Van Geffen, M. Gielen // Anesth. Analg. – 2006. – Vol. 103. – P. 328333.
- 336.** Viskochil, D. Alternate and related forms of the neurofibromatosis. The Neurofibromatoses / D. Viskochil, J.C. Carey. – London: Chapman & Hall, 2007. – P. 445-474.
- 337.** Visser, L.H. High-resolution sonography versus EMG in the diagnosis of carpal tunnel syndrome / L. H. Visser, M. H. Smidt, M. L. Lee // J. Neurol Neurosurg Psychiatry. – 2008. – Vol. 79. – P. 63-67.
- 338.** Visualization of the course of the sciatic nerve in adult volunteers by ultrasonography / J. Bruhn, G.J. Van Geffen, M.J. Gielen [et al.] // Acta Anaesthesiol. Scand. – 2008. – Vol. 52. – P. 1298-1302.
- 339.** Von Recklinghausen's disease and pheochromocytomas / M.M. Walther, J. Herring, E. Enquist [et al.] // J. Urol. – 1999. – Vol. 162, № 5. – P. 1582-1586.
- 340.** Vosoughi, A.R. Rare Lateral Dislocation of the First Metatarsophalangeal Joint: A Case Report and Review of the Literature / A.R. Vosoughi, P. F. Rippstein // J. Foot Ankle Surg. – 2017. – Vol. 56, № 2. – P. 375-378.
- 341.** Weiss, S. Enzinger end Weiss's soft tissue tumors / S. Weiss, J. Goldblum. – St.Louis : Mosby, 2001. – P. 1443-1444.

- 342.** What symptoms are truly caused by median nerve compression in carpal tunnel syndrome? D.B. Nora, J. Becker, J.A. Ehlers [et al.] // Clin. Neurophysiol. – 2005. – Vol. 116. – P. 275-283.
- 343.** Wilbourn, A.J. Iatrogenic nerve injuries / A.J. Wilbourn // Neurol. Clin. – 1998. – Vol. 16. – P. 55-82.
- 344.** Winn, F.J. Carpal tunnel area as a risk factor for carpal tunnel syndrome / F.J. Winn, D.J. Habes // Muscle Nerve. – 1990. – Vol. 13, № 3. – P. 254-258.
- 345.** Wipperman, J. Carpal Tunnel Syndrome: Diagnosis and Management / J. Wipperman, K. Goerl // Am. Fam. Physician. – 2016. – Vol. 94, № 12. – P. 993-999.
- 346.** Wishart, J.H. Case of tumors in the skull, dura mater, and brain / J.H. Wishart // Edinb. Med. Surg. J. – 1822. – Vol. 18. – P. 393-397
- 347.** Won-Hee, J. Extraaxial Neurofibromas Versus Neurilemmomas: Discrimination with MRI / J. Won-Hee // A.J.R. – 2004. – Vol. 183. – P. 629-633.
- 348.** Yang, W. T. Anatomy of the normal brachial plexus revealed by sonography and the role of sonographic guidance in anesthesia of the brachial plexus / W.-T.-Yang, P.T. Chui, C. Metreweli // Am. J. Roentgenol. – 1998. – Vol. 171, № 6. – P. 1631-1636.
- 349.** Zermeño-Rivera, J. Contralateral Spinal Accessory Nerve Transfer: A New Technique in Panavulsive Brachial Plexus Palsy / J. Zermeño-Rivera, B. Ethel Gutiérrez-Amavizca // Indian J Surg. – 2015. – Vol. 77, № 3. – P. 247-250.