

Министерство здравоохранения Донецкой Народной Республики  
ГОО ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М. ГОРЬКОГО»

*На правах рукописи*

**Бережная Александра Анатольевна**

**УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДИАГНОСТИКА И КОНТРОЛЬ ЛЕЧЕНИЯ  
ШЕЙНОЙ РАДИКУЛОПАТИИ**

14.01.13 – лучевая диагностика, лучевая терапия

14.01.11 – нервные болезни

**Диссертация**

на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Научные руководители –  
доктор медицинских наук, профессор  
Зубов Александр Демьянович  
доктор медицинских наук, профессор  
Статинова Елена Анатольевна

Экземпляр диссертации идентичен  
по содержанию с другими экземплярами.  
которые были представлены в диссертационный совет

Ученый секретарь диссертационного совета  
Д 01.026.06  
Коценко Ю.И.

Донецк – 2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
<b>РАЗДЕЛ 1. ВОЗМОЖНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИИ ШЕЙНОЙ РАДИКУЛОПАТИИ:</b>	
ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	17
1.1. Шейная радикулопатия: эпидемиология, патогенез и клиническая характеристика.....	17
1.2. Современные методы диагностики шейной радикулопатии.....	23
1.3. Ультразвуковое исследование в диагностике патологии позвоночника.....	32
1.4. Ультразвуковое исследование нервов и нервных сплетений .....	39
1.5. Ультразвуковое исследование в выборе лечебной тактики и контроле эффективности лечения шейной радикулопатии.....	45
<b>РАЗДЕЛ 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....</b>	<b>52</b>
2.1. Дизайн исследования .....	52
2.2. Общая характеристика изучаемых групп.....	57
2.3. Методика изготовления фантома и использования его для отработки методики исследования шейного отдела .....	62
2.4. Методика ультразвуковых исследований.....	63
2.5. Методика оценки результатов лечения шейной радикулопатии с использованием ультразвуковой визуализации.....	70
2.6. Методика статистической обработки данных.....	73
<b>РАЗДЕЛ 3. УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА У ЗДОРОВЫХ ЛИЦ.....</b>	<b>75</b>
3.1. Анализ доступов для ультразвукового исследования межпозвонковых дисков шейного отдела позвоночника и спинномозговых нервов.....	75
3.2. Фантом для освоения техники ультразвуковой визуализации шейного отдела позвоночника и соответствующих мягкотканых структур.....	80

3.3. Ультразвуковые характеристики вертебральных структур шейного отдела у здоровых лиц.....	89
3.4. Ультразвуковое исследование мягкотканых структур области шейного отдела позвоночника.....	107
<b>РАЗДЕЛ 4. ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА.....</b>	<b>117</b>
4.1. Ультразвуковая диагностика изменений вертебральных структур у пациентов с шейной радикулопатией.....	117
4.2. Ультразвуковая визуализация изменений спинномозговых нервов шейного отдела у больных с шейной радикулопатией.....	128
4.3. Клинико-эхографические корреляции у больных шейной радикулопатией.....	143
<b>РАЗДЕЛ 5. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ В ЛЕЧЕНИИ ШЕЙНОЙ РАДИКУЛОПАТИИ.....</b>	<b>151</b>
5.1. Использование данных ультразвукового исследования в дифференцированном выборе тактики консервативной терапии.....	151
5.2. Ультразвуковая оценка эффективности консервативной терапии шейной радикулопатии.....	161
5.3. Ультразвуковой контроль паравертебральных блокад при лечении шейной радикулопатии.....	164
5.4. Ультразвуковое исследование шейного отдела позвоночника и спинномозговых нервов в отдаленном периоде оперативного лечения....	173
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>182</b>
<b>ВЫВОДЫ.....</b>	<b>204</b>
<b>ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....</b>	<b>206</b>
<b>СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....</b>	<b>209</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....</b>	<b>210</b>

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Шейная радикулопатия является распространенным патологическим состоянием, частота которого составляет в среднем 83,2 на 100 тыс. населения в год [44, 128]. Заболевание ведет к временной или стойкой потере трудоспособности, инвалидизации, ограничениям в социально-бытовой сфере и в итоге вызывает значительное снижение качества жизни [31].

Результаты клинического обследования, как правило, недостаточны для определения локализации и выраженности поражений структур шейного отдела. Рентгенологическое исследование и компьютерная томография не предоставляют достаточной информации о состоянии мягких тканей: мышц, связок, сухожилий, сосудов и периферических нервов, а также не позволяют уверенно определить уровень поражения нерва, поскольку дегенеративные изменения вертебральных структур присутствуют у большинства лиц среднего и пожилого возраста. Применение высокоинформативного метода магнитно-резонансной томографии ограничено высокой стоимостью, нередко труднодоступностью, а в ряде случаев – наличием металлоконструкций в организме пациента.

Перспективным методом в установлении причин и определении локализации корешкового синдрома, выборе тактики лечения и контроле его результатов является ультразвуковое исследование, характеризующееся высокой информативностью, доступностью, отсутствием лучевой нагрузки, возможностью визуализации в режиме реального времени и проведения многократного исследования для контроля в динамике. Однако до настоящего времени отсутствует унифицированная методика ультразвукового исследования вертебральных и нервных структур шейного

отдела, не определены их качественные и количественные эхографические характеристики в норме и при патологических изменениях.

Высокая социально-экономическая значимость проблемы диагностики и эффективного лечения шейной радикулопатии побудила к поиску новых путей ее решения с использованием метода ультразвуковой визуализации, что и определило цель настоящей работы.

Работа является фрагментом плановой научно-исследовательской работы кафедры анестезиологии, интенсивной терапии и медицины неотложных состояний ФИПО «Разработка принципов и методов индивидуальной коррекции интенсивной терапии у пациентов с полиэтиологическим поражением ЦНС (№ госрегистрации 0114 U 001924,). Вклад автора в работу заключается в проведении ультразвуковых исследований шейного отдела и шейных спинномозговых нервов здоровым добровольцам и пациентам с шейной радикулопатией.

**Степень разработанности темы.** Вопросы использования ультразвуковой визуализации в процессе диагностики и лечения шейной радикулопатии практически не представлены в современной профильной литературе. Имеется ряд исследований, посвященный смежной тематике: ультразвуковой навигации спинальной и эпидуральной анестезии [4, 41, 47 и др.], визуализации периферических нервов, шейного и плечевого сплетений как объекта для выполнения лечебных блокад и регионарной анестезии [54, 154, 143], доплерографическим исследованиям при синдроме позвоночной артерии, диагностике травмы шеи [60], у детей с цервикальным болевым синдромом, врожденными изменениями и приобретенными деформациями [11, 68, 201]. Описаны аспекты ультразвукового исследования поясничного отдела позвоночника, как более доступного для визуализации объекта [43, 64, 99, 156, 176], исследованы корреляции между ультразвуковым изображением межпозвонковых дисков и их анатомическими и

макроморфологическими параметрами при наличии патологических изменений [72].

Ультразвуковая визуализация собственно вертебральных структур шейного отдела представлена в исследованиях С.А. Кинзерского и соавт. [48, 91] и не нашла дальнейшего развития в работах других авторов.

Ультразвуковые характеристики спинномозговых нервов шейного отдела представлены в работах В.Г. Салтыковой (2008, 2011) [79, 80] и R. Beekman и соавт. (2005) [203], однако в них изучены эхографические изображения нервов преимущественно на уровнях шейного и плечевого сплетений и дистальнее. В профильной литературе отсутствуют сведения о диаметрах спинномозговых нервов в норме и при патологических изменениях.

Известно, что в генезе болевого синдрома при шейной радикулопатии ведущими факторами являются механическая компрессия корешка спинного мозга и воспалительные изменения в периневральной ткани [140, 208, 164]. Однако ультразвуковые проявления данных процессов в литературе не представлены.

Роль данных ультразвукового исследования в выборе индивидуализированной тактики лечения больных с корешковым синдромом в литературе не отображена. При болях в шее широко используются лечебные блокады [44, 87, 156], однако возможности ультразвуковой навигации данных вмешательств не изучены. Имеются немногочисленные исследования, посвященные эхоконтролируемым блокадам при вертеброгенном синдроме боли в нижней части спины [4, 47].

Ультразвуковые характеристики вертебральных и нервных структур шейного отдела после консервативного или хирургического лечения в профильной литературе не отображены.

Таким образом, вопрос использования ультразвуковой визуализации в неврологии, в частности, у больных шейной радикулопатией, до настоящего времени остается недостаточно изученным, что указывает на своевременность и актуальность исследований в данном направлении.

**Цель работы:** улучшить результаты диагностики и лечения шейной радикулопатии путем ультразвуковой визуализации позвоночных и нервных структур.

Для реализации поставленной цели были сформулированы **задачи:**

1. Оптимизировать методику ультразвукового исследования позвоночных и мягкотканых структур области шейного отдела позвоночника, оценить эффективность предложенных инноваций.

2. По данным ультразвукового исследования изучить нормальную ультразвуковую анатомию позвоночных и нервных структур шейного отдела у здоровых лиц.

3. Оптимизировать методику ультразвукового исследования шейного отдела позвоночника за счет выявления и обоснования анатомических ориентиров для оценки уровня шейного позвонка.

4. Установить эхографические диагностические критерии дегенеративных изменений шейного отдела позвоночника, лежащих в основе развития корешкового синдрома, и оценить их клиническую значимость.

5. По данным ультразвукового исследования оценить изменения спинномозговых нервов шейного отдела, разработать и клинически обосновать эхографические критерии их состояния.

6. Изучить возможности ультразвукового исследования спинномозговых нервов шейного отдела в оптимизации консервативной терапии шейной радикулопатии. Разработать алгоритм индивидуализированного выбора лечебной тактики в зависимости от

особенностей протекания патологического процесса по эхографическим данным.

7. Изучить динамику изменений спинномозговых нервов по данным ультразвукового исследования в результате лечения шейной радикулопатии.

8. Улучшить результаты купирования болевого синдрома у пациентов с шейной радикулопатией за счет ультразвуковой навигации паравертебральных блокад.

**Объект исследования:** вертебральные (позвонки, межпозвонковые диски) и мягкотканые (спинномозговые нервы) структуры шейного отдела.

**Предмет исследования:** ультразвуковые, рентгенологические изображения, компьютерные и магнитно-резонансные томограммы шейного отдела позвоночника здоровых лиц, больных шейной радикулопатией, фрагментов тела животного; клинические проявления шейной радикулопатии; выраженность боли по результатам вербальных и визуально-аналоговых опросников, данные хронометража диагностического исследования; статистические показатели результативности лечения.

**Научная новизна работы** заключается в получении новых научных данных о возможностях ультразвукового исследования в диагностике и лечении шейной радикулопатии.

Расширены научные данные об оптимальных доступах, режимах и датчиках при ультразвуковом исследовании вертебральных и нервных структур шейного отдела; способах обучения методике ультразвукового исследования с использованием симуляционных технологий и референтных методов визуализации.

Расширены научные сведения об ультразвуковых характеристиках шейного отдела позвоночника у здоровых лиц.

Получены новые научные данные о нормальной ультразвуковой анатомии шейных спинномозговых нервов и нормограммы их диаметров в стандартизированных точках.

Впервые выявлены ультразвуковые анатомические ориентиры для определения уровня позвоночного сегмента, к которым отнесены бифуркация сонной артерии и парные бугорки поперечного отростка.

Расширены научные сведения об ультразвуковых проявлениях дегенеративных изменений шейного отдела позвоночника, описана эхо семиотика патологии позвонков и межпозвонковых дисков.

Получены новые научные данные о влиянии дегенеративных изменений позвоночника на шейные спинномозговые нервы в проксимальных отделах, предложен новый ультразвуковой критерий оценки их состояния.

Впервые изучена динамика диаметра спинномозговых нервов шейного отдела в проксимальных отделах при дегенеративных изменениях позвоночника.

Расширены научные сведения о влиянии длительности и особенностей течения заболевания на характер и выраженность изменений спинномозговых нервов шейного отдела, оценена корреляция клинических симптомов и структурных изменений при шейной радикулопатии по данным ультразвукового исследования.

Впервые на основании эхографических данных выделены варианты течения шейной радикулопатии, с учетом которых обоснована целесообразность дифференцированного подхода к выбору тактики консервативного лечения.

Впервые описана динамика ультразвуковых характеристик спинномозговых нервов в процессе консервативного лечения шейной радикулопатии.

Расширены научные сведения о возможностях миниинвазивных эхоконтролируемых вмешательств в лечении шейной радикулопатии.

Впервые описана ультразвуковая картина шейного отдела позвоночника и спинномозговых нервов у пациентов после хирургического лечения заболеваний, клинически проявляющихся корешковым синдромом, в т.ч. с установкой металлических конструкций.

**Теоретическая и практическая значимость работы** заключается в разработке и обосновании использования ультразвукового исследования вертебральных и нервных структур шейного отдела как метода первого порядка у пациентов с шейной радикулопатией.

Разработан фантом для освоения методики ультразвукового исследования шейного отдела позвоночника и спинномозговых нервов, определены возможности синхронного использования в процессе обучения референтных методов с применением технологии Fusion.

Усовершенствована методика ультразвукового исследования вертебральных и нервных структур шейного отдела с учетом оптимальных доступов, используемых датчиков, применения мультимодальной визуализации. Определены стандартизированные точки измерения диаметров спинномозговых нервов.

Предложены новые эхоанатомические ориентиры для определения уровня позвоночного сегмента: бифуркация сонной артерии и парные бугорки поперечного отростка, использование которых позволило повысить информативность по сравнению с традиционным подходом соответственно на  $15,6 \pm 5,4\%$  и  $13,3 \pm 6,2\%$ .

Обосновано применение расширенных настроек ультразвуковых сканеров и дополнительных режимов исследования, что дало возможность достоверно ( $p < 0,001$ ) сократить время ультразвукового исследования спинномозговых нервов в среднем с  $156 \pm 25$  до  $65 \pm 22$  секунд на один нерв.

Описана нормальная ультразвуковая картина и приведены нормограммы диаметров спинномозговых нервов шейного отдела в стандартизированных точках.

Выявлены ультразвуковые признаки дегенеративных изменений шейного отдела позвоночника как возможной причины шейной радикулопатии, установлена высокая (100,0%) специфичность, но недостаточная (55,5%) чувствительность метода в выявлении патологии межпозвонковых дисков.

Изучены эхографические характеристики спинномозгового нерва при наличии радикулопатии, эхопризнаки его компрессии и инволюции. Предложен новый эхографический количественный критерий степени поражения нерва – градиент диаметра нерва, позволяющий дифференцировать при ультразвуковом исследовании неизмененный нерв, естественные изменения вследствие дегенеративных процессов в позвоночнике и воспаление, проявляющееся корешковым синдромом.

Предложен и клинически обоснован индивидуализированный подход к выбору тактики консервативного лечения шейной радикулопатии, основанный на данных ультразвукового исследования пораженных спинномозговых нервов, позволяющий достоверно сократить удельный вес случаев нерезультативной терапии с 18,8% до 7,9%, длительность результативного лечения с  $18,4 \pm 2,6$  до  $10,1 \pm 3,1$  суток, достигнуть достоверно более значимого регресса неврологической симптоматики и болевого синдрома.

Разработана методика ультразвуковой навигации паравертебральной блокады, которая за счет прецизионного определения уровня пораженного нерва и контроля введения и распространения лекарственного препарата в тканях позволила на 16,3% повысить эффективность купирования болевого

синдрома, сократить количество процедур блокад в среднем с 3 до 1 и полностью избежать осложнений в виде гематом в месте инъекции.

На основе клинико-эхографических сопоставлений выделены ультразвуковые критерии эффективности консервативной терапии, позволяющие оценивать результативность лечения и при необходимости корректировать его схемы.

Разработана методика ультразвукового исследования позвоночных и нервных структур шейного отдела после хирургического лечения, в т.ч. с установкой металлоконструкций, позволившая выявлять причины рецидива болевого синдрома у пациентов, не подлежащих магнитно-резонансной томографии.

**Методология и методы исследования.** При проведении работы использовались методы клинико-anamnestические – сбор анамнеза, оценка неврологической симптоматики, вербальные опросники и визуально-аналоговая шкала оценки, методы лучевой визуализации – ультразвуковая диагностика в В-режиме, режимах цветового и энергетического доплеровского картирования, панорамного сканирования, Fusion с использованием данных рентгенологических исследований, рентгеновской компьютерной или магнитно-резонансной томографии; статистические методы – для анализа полученных данных.

**Положения, выносимые на защиту.** Ультразвуковое исследование позвоночных и нервных структур шейного отдела является методом первого порядка при шейной радикулопатии.

Оптимальным доступом для ультразвукового исследования позвоночных и нервных структур шейного отдела является передне-боковой при положении пациента лежа. Расширению возможностей метода способствует применение дополнительных режимов, в частности, доплеровского картирования, панорамного сканирования, Fusion.

Ультразвуковое исследование позволяет выявить дегенеративные изменения позвоночника: уплощения шейного лордоза, гетерогенности поверхности и краевых остеофитов, в диагностике выпячиваний межпозвонковых дисков метод недостаточно чувствителен, но высокоспецифичен.

Дегенеративные изменения позвоночника присутствуют у подавляющего большинства взрослого населения и далеко не во всех случаях выступают причиной шейной радикулопатии.

Основным преимуществом ультразвукового исследования при шейной радикулопатии является возможность визуализации спинномозговых нервов, выявления причин корешкового синдрома, оценка уровня поражения, тяжести патологических изменений.

Абсолютные значения высоты межпозвонковых дисков, проксимального и дистального диаметров нерва значительно варьируют, вследствие чего не могут быть использованы в качестве объективного диагностического критерия выраженности шейной радикулопатии. О тяжести воспалительных изменений спинномозгового нерва свидетельствует показатель градиента диаметра нервов, значения которого до 15% указывают на неизмененный нерв, 15-20% – естественные изменения вследствие дегенеративных процессов в позвоночнике, более 20% – на воспаление, проявляющееся корешковым синдромом.

По данным ультразвукового исследования можно выделить три формы шейной радикулопатии: отечная, инволютивная и компрессионно-ишемическая. Консервативная терапия с учетом формы шейной радикулопатии является более эффективной по сравнению с эмпирически избираемым лечением.

В процессе результативного лечения значимых изменений ультразвуковых характеристик вертебральных структур не наблюдается. При

ультразвуковом исследовании спинномозговых нервов определяется снижение отека проксимальной части нерва, проявляющееся уменьшением проксимального диаметра и нормализацией показателя градиента диаметра нерва.

Паравентробральная блокада, выполняемая под ультразвуковой навигацией, является более эффективной по сравнению с традиционной за счет прецизионного определения уровня поражения и контроля введения лекарственного препарата.

Проведение ультразвукового исследования целесообразно у пациентов после хирургического лечения, в т.ч. с установкой металлоконструкций, препятствующих выполнению магнитно-резонансной томографии, позволяет выявлять причины болевого синдрома и неврологической симптоматики шейной радикулопатии, дифференцировать истинный рецидив на уровне выполненной операции и *prolongatio morbi* на смежные уровни.

Обучение методике проведения ультразвукового исследования шейного отдела целесообразно проводить с использованием симуляционных технологий, с обязательным контролем референтного метода, наиболее эффективной формой применения которого является синхронизированная мультимодальная визуализация в режиме Fusion.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Достоверность результатов, изложенных в диссертационной работе, обусловлена достаточным объемом репрезентативного клинического и медико-статистического материала, использованием современных средств и методов исследований в соответствии с поставленными задачами, выбором адекватных методов статистического анализа полученных данных. Положения, изложенные в диссертации, базируются на полученных данных и соответствуют материалу, представленному в публикациях.

Апробация работы состоялась 09.12.2019 г. на совместном заседании кафедр внутренних болезней №2, неврологии и медицинской генетики, онкологии и радиологии им. академика Г.В. Бондаря, факультетской терапии имени проф. А.Я. Губергрица, терапии ФИПО им. проф. А.И. Дядыка ГОО ВПО ДОННМУ ИМ. М. ГОРЬКОГО.

Основные результаты диссертационной работы были представлены на 4 научных форумах: Международный медицинский форум Донбасса «Наука побеждать... болезнь». Донецк, 15-16 ноября 2017 г., Республиканский день специалиста ультразвуковой диагностики, Донецк, 28 ноября 2017 г., V юбилейный медицинский конгресс «Актуальные вопросы врачебной практики», Ялта, Российская Федерация, 4-7 сентября 2018 г, заседании Республиканского общества неврологов, Донецк, 18 апреля 2019 г.

**Личный вклад соискателя.** Диссертация является самостоятельным научным трудом соискателя. Автором при участии научного руководителя определены цель и задачи исследования, самостоятельно проведен патентный поиск и анализ современного состояния проблемы по данным научной литературы. Автором лично проведен тематический подбор больных, сбор, изучение, анализ и обобщение полученных данных. Автором самостоятельно выполнены все ультразвуковые исследования пациентов и здоровых добровольцев, ультразвуковая навигация паравертебральных блокад, изготовлен фантом шейного отдела. Соискателем самостоятельно проведен статистический анализ полученных данных, написаны все разделы диссертации, сформулированы ее основные положения, практические рекомендации, выводы. В работах, выполненных в соавторстве, реализованы научные идеи соискателя. В процессе написания работы не использованы идеи и разработки соавторов.

**Публикации.** Результаты диссертационной работы полностью изложены в 11 научных работах, из них 3 статьи в рецензируемых изданиях,

рекомендованных ВАК ДНР, 1 статья в рецензируемом издании, рекомендованном ВАК РФ, 2 статьи в профильных сборниках научных трудов, 5 тезисов в материалах отечественных и зарубежных конференций и съездов.

**Объем и структура диссертации** Диссертационная работа изложена на русском языке на 234 страницах компьютерного текста и состоит из введения, обзора литературы, 4 разделов собственных исследований, анализа и обобщения результатов исследований, выводов, практических рекомендаций, списка использованной литературы. Работа иллюстрирована 20 таблицами на 11 страницах и 61 рисунком на 32 страницах. Список использованной литературы содержит 209 научных публикаций, из них 118 изложены кириллицей, 91 – латиницей, и занимает 25 страниц.

# РАЗДЕЛ 1

## ВОЗМОЖНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИИ ШЕЙНОЙ РАДИКУЛОПАТИИ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1. Шейная радикулопатия: эпидемиология, патогенез и клиническая характеристика

Заболевания позвоночника относятся к наиболее распространенным, приводящим к значительным материальным и трудовым потерям [48, 90]. По данным Всемирной организации здравоохранения, боль в спине признана основной причиной невыхода на работу [31].

Патологическое состояние периферической нервной системы, развивающееся из-за воспалений в результате компрессии корешков спинномозговых нервов, обозначают терминами «шейная радикулопатия» (ШРП) или «корешковый синдром» [116]. ШРП – патология, широко распространенная в популяции: заболеваемость в популяции составляет 107 на 100 000 мужчин и 63 на 100 000 женщин [44, 56], в среднем – 83,2 случая на 100 000 населения в год [44, 164]. Эпидемиологические данные, касающиеся распространенности и заболеваемости ШРП, разноречивы и недостаточны [44, 164]. Эпизод боли в шее в течение жизни как минимум однократно отмечался у двух третей взрослого населения; в течение года – у 20-40% [56], по другим данным [96] – у 15-70% взрослых. Боль в шее занимает 4-е место по количеству лет, прожитых с инвалидизацией [113]. Пик заболеваемости отмечается на четвертой и пятой декаде жизни, максимум приходится на возраст 35-45 лет.

Боль в шее занимает второе место среди болевых синдромов в позвоночнике (30,2%) после боли в поясничном отделе позвоночника (42,0%), и в подавляющем большинстве случаев приводит к временной утрате трудоспособности у людей моложе 45 лет, что является серьезной

социально-экономической проблемой во всем мире. По данным различных скрининговых исследований, показали, что в течение года 12-75% людей трудоспособного возраста испытывают боль в шее, на протяжении последнего полугодия – 54%, при этом у 10-15% – с временной потерей трудоспособности [40, 55, , 96116, 162].

В среднем длительность боли составляет около 10-14 дней, у 70% пациентов болевой синдром регрессирует в течение 1 месяцев, а у 10% – носит хронический характер и длится более 3 месяцев [13, 25, 40, 164]. Наличие болевого синдрома значительно снижает качество жизни пациентов, ограничивая их двигательную активность, что приводит к инвалидизации, расстройствам в эмоциональной сфере и депрессивным состояниям, требующим медикаментозной коррекции (коморбидным состояниям).

Широкая распространенность, поражение преимущественно людей трудоспособного возраста – 35-45 лет, склонность к затяжному и рецидивирующему течению, экономические потери в связи с утратой трудоспособности и инвалидизацией обусловили высокую социально-экономическую значимость проблемы диагностики и эффективного лечения шейной радикулопатии [33, 134].

Прогрессирующее изменение различных структур позвоночного столба – межпозвонкового диска, связок, паравертебральных мышц, межпозвонковых суставов и т.д. – исследователи связывают с его физиологическими особенностями: значительной подвижностью шеи, большой физической нагрузкой на мышечный аппарат, выраженным представительством межпозвонковых хрящевых соединений, прохождением позвоночной артерии [86, 155]. К факторам риска ШРП относят наследственную предрасположенность, некоторые психические расстройства (депрессия, тревожные расстройства), нарушения сна, курение, сидячий образ жизни [113, 181]. Также факторами риска развития боли в шее выступают головная боль, эмоциональные нарушения, неудовлетворительные условия труда, плохая организация рабочего места,

низкая удовлетворенность трудом и неблагоприятный социально-психологический климат в коллективе. К появлению цервикалгии предрасположены и представители определенных профессий: офисные и медицинские работники, программисты, государственные и муниципальные служащие, операторы, а также занятые высокоточным ручным трудом [112, 113, 173]. ШРП может являться одним из проявлений «офисного синдрома», развивающегося у офисных служащих, которым страдают до 60–70% лиц трудоспособного возраста [114, 140]. Указывается на наличие положительной связи между цервикобрахиалгией и высоким индексом массы тела [173]. Специфическими факторами риска цервикалгии являются также травмы: черепно-мозговые, хлыстовые и др.

Формирование корешкового синдрома связано со сдавлением спинномозгового корешка грыжей межпозвонкового диска, остеофитом или утолщенной желтой связкой [96], и обычно развивается остро после физического усилия или охлаждения. Возникновение цервикалгий детерминировано раздражением нервных корешков и симпатических вегетативных волокон в результате дегенеративных изменений в структурах ШОП и прямого механического воздействия на корешки спинномозговых нервов, асептического воспаления в корешковой зоне и периневральных структурах, спазма паравертебральных мышц шеи [63, 96, 106, 193]. Вовлечение в патологический процесс спинномозговых корешков, спинного мозга, позвоночной артерии приводит к возникновению очаговой неврологической симптоматики [86]. Наиболее частыми причинами вертеброгенной шейной радикулопатии являются протрузии, грыжи межпозвонковых дисков и шейный спондилез. Следует учитывать действие механизмов компенсации, вследствие которого клинические симптомы заболевания могут быть сглаженными или отсутствовать [11].

Наиболее частой причиной ШРП выступает остеохондроз. Остеохондрозом считают дегенеративно-дистрофическое поражение межпозвонкового диска [73]. Он является одним из самых распространенных

заболеваний позвоночника. Трудопотери, связанные с остеохондрозом, занимают по объему 3-е место после респираторных заболеваний и уходу за больными, составляя до 8% от общего количества трудопотерь [48]. Причиной радикулопатии выступают такие осложнения остеохондроза, как: образование остеофитов, межпозвонковые грыжи, сужение межпозвонкового или фораминального канала, спондилез. При компрессии или механическом раздражении корешков шейного отдела спинного мозга развивается радикулопатия [13, 25]. Высокая частота, относительно раннее развитие синдромов шейного остеохондроза, приводящих молодых людей к потере трудоспособности, а порой и к инвалидизации, определяют социальную значимость этого широко распространенного заболевания.

Патоморфологические субстраты, формирующие болевые синдромы ШРП, многообразны и могут проявляться в комплексе при поражении нескольких межпозвонковых дисков: грыжа или протрузия диска, костно-хрящевые разрастания, патологическая подвижность тел позвонков [1, 2, 48, 79]. Имеются указания на доминирование спондилоартроза в качестве причины ШРП у более пожилых пациентов, в то время как грыжевые выпячивания межпозвонковых дисков чаще отмечаются у более молодых пациентов [164, 44].

Ведущими патогенетическими факторами дискогенных радикулопатий являются компрессионные и рефлекторные механизмы, воспалительные и аутоиммунные процессы, микроциркуляторные расстройства в области поражения [93, 151]. В основе патогенеза дискогенной радикулопатии лежат дегенеративные изменения в фиброзном кольце [158]. Дегенерация межпозвонковых дисков опосредуется выбросом большого количества провоспалительных цитокинов клетками пульпозного ядра и фиброзного кольца, макрофагами, нейтрофилами, Т- и В-лимфоцитами [138]. Синтезированные цитокины вызывают цепь патофизиологических реакций, приводящих к аутофагии, старению и апоптозу клеток межпозвонковых дисков [107, 197]. У большинства людей течение процесса старения

(дегенерации) медленное, постепенное, однако в определенных ситуациях оно может значительно ускориться, что обуславливает возникновение хронического болевого синдрома [107, 132].

Наиболее уязвимым элементом при дегенеративных изменениях в ШОП являются спинномозговые нервы с развитием клинического синдрома компрессии корешков [48].

Клиническая картина ШРП характеризуется болевым синдромом в области шеи с иррадиацией в верхние конечности, пальцы [44]. В генезе болевого синдрома при ШРП ведущими факторами являются механическая компрессия корешка спинного мозга и воспалительные изменения в периневральной ткани, которые запускаются пролабированием диска в эпидуральное пространство и воздействием материала, высвобождаемого из пульпозного ядра [140, 148]. Под их действием развиваются нарушение микроциркуляции, возникает ирритация вдоль нервных волокон, интра- и экстраневральный отек, изменение нейрофизиологических характеристик корешка или блокада проведения по нему, аксональная дегенерация и повреждение шванновских клеток. В результате воспаления повышается чувствительность нервных волокон корешков к механическому воздействию [183]. Боль в области шеи сама по себе отмечается не всегда и/или выражена меньше, чем боль в области верхней конечности [44]. Описаны и нетипичные зоны иррадиации боли — в область груди, нижней челюсти, в подлопаточную область [44]. В ряде случаев боль в шее может быть единственным проявлением ШРП, но чаще она сочетается с другими симптомами, а также с признаками дорсопатии иной локализации.

При вертеброгенной ШРП корешковая боль сопровождается клиническими признаками дисфункции корешка в виде нарушений чувствительности (ощущение онемения, парестезии, дизестезии, аллодиния, гиперпатия, гипералгезия) в соответствующем дерматоме, выпадения глубоких рефлексов, мышечной слабости в дистальных или проксимальных отделах верхних конечностей. Облегчение боли при отведении плеча выше

горизонтального уровня указывает на шейную радикулопатию [113, 177]. Снижение/выпадение чувствительности обычно не происходит при поражении одного спинномозгового корешка, что связано с анатомическими особенностями иннервации в дерматомах (часть волокон идет от верхнего и от нижнего дерматома) [44].

Поражение шейных спинномозговых корешков  $C_{VI}$  и  $C_{VII}$  является самым распространенным [69]. Это объясняется анатомическими особенностями позвоночного столба на шейном уровне — межпозвоночные отверстия уменьшаются в размере сверху вниз, поэтому компрессия корешков чаще происходит на среднем и нижнем шейном уровне [44]. Наиболее часто — порядка 60% случаев — ШРП вызвана поражением корешка  $C_{VII}$ , как правило, в связи с грыжей диска  $C5-C6$  [55]. В 20-25% случаев ШРП вызвана поражением корешка  $C_{VI}$  как следствие грыжи диска  $C5-C6$  [55]. Поражения корешка  $C_{VIII}$  составляют до 10% случаев ШРП, оно обычно вызвано грыжей диска  $C7-T1$  [55]. Поражение корешка  $C_V$ , вызванное, как правило, грыжей диска  $C4-C5$ , отмечается примерно в 5% случаев ШРП. Поражение корешков  $C2-C4$  обычно происходит вследствие спондилеза, включающего артроз и гипертрофию межпозвонковых (фасеточных) суставов, формирование «унковертебральных суставов», равномерное выпячивание межпозвонковых дисков, гипертрофию связок, формирование остеофитов, воспалительное поражение периартикулярных тканей [55]. Реже поражение этих корешков может быть вызвано ревматоидным артритом, патологией атланта-аксиального сочленения [55].

Известно, что существуют связи между задним корешком и вышележащим шейным сегментом, что может выступать причиной ошибочной локализации уровня поражения на один сегмент выше, чем на самом деле, на основании клинического обследования.

Комиссией по изучению болей в шее (Neck Pain Task Force, 2008 [116]) выделено 4 градации цервикалгии с соответствующими рекомендациями по дообследованию и лечению.

I – отсутствие симптомов, свидетельствующих о значимой структурной патологии, отсутствие или незначительное ограничение повседневной активности: дополнительные исследования и лечение не требуются

II – отсутствие признаков значимой структурной патологии, повседневная активность ограничена: потребность в проведении противоболевой терапии и ранняя активации для предотвращения длительной нетрудоспособности;

III – отсутствие признаков значимой структурной патологии, выявляется неврологическая симптоматика: требуется дообследование, в т.ч. с применением средств лучевой визуализации, и комплексная терапия;

IV – признаки органического поражения (травма, миелопатия, опухоль, системные заболевания): безотлагательное дообследование, в т.ч. с применением средств лучевой визуализации, и специализированная терапия.

## 1.2. Современные методы диагностики шейной радикулопатии

Цервикалгия – синдромальный диагноз, требующий нозологической идентификации в каждом конкретном клиническом случае для обеспечения индивидуализированного выбора тактики лечения и реабилитации пациента, основанной на принципах доказательной медицины [116].

**Клиническая диагностика.** Сложная анатомо-функциональная организация ШОП обуславливает сложность диагностики причин боли в шее. Нервно-сосудистые образования ШОП тесно взаимосвязаны, а их дегенеративно-дистрофические и/или посттравматические изменения предопределяют появление ряда неврологических, мышечно-тонических, висцеральных, нейродистрофических и клинических симптомокомплексов [110]. В клинической картине вертеброгенной шейной радикулопатии ведущими являются болевой синдром и очаговая неврологическая симптоматика в зоне пораженного корешка [93]. Однако клинические проявления, характерные для ШРП, могут быть вызваны и другими

заболеваниями и состояниями: травма, контузия спинного мозга, ранения позвоночника, воспалительные заболевания шейного отдела, опухоли и метастазы спинного мозга, миозиты, сколиоз.

Симптомы боли в ШОП сопровождают ряд патологических состояний. Выделяют вертеброгенные и невертеброгенные причины боли в шее: неспецифические причины (дисфункция фасеточных суставов, миофасциальный синдром, протрузии и грыжи межпозвонковых дисков, кривошея, артроз фасеточных суставов), травмы (переломы и вывихи позвонков, повреждения межпозвонковых суставов, межпозвонковых дисков, мышц и связок), ревматические, инфекционные и эндокринные заболевания, первичные или метастатические новообразования, психогенная и отраженная боль [96, 116]. Вертеброгенную ШРП следует дифференцировать с невертеброгенной патологией: опоясывающий герпес, опухоли и метастатические процессы, миелит, патология легких (саркоидоз, пневмония, плеврит), острый инфаркт миокарда, заболевания щитовидной железы.

Клинически выделяют рефлекторные (цервикалгия, цервикокраниалгия, цервикобрахиалгия), корешковые и корешково-сосудистые синдромы [96]. Боль, локализованную только в шее, называют цервикалгией, иррадиирующая в руку, голову или межлопаточную область – соответственно цервикобрахиалгией, цервикокраниалгией и цервикоторакалгией [116].

Цервикалгия характеризуется болью в шейном отделе позвоночника, усиливающейся при движении. При осмотре определяется вынужденное положение головы, ограничение подвижности и искривление шеи в боковом направлении, уплощение или усиление шейного лордоза, напряжение и болезненность мышц [96]. Также характерны изменения чувствительности и моторной сферы (гипестезия по корешковому типу, снижение или угасание рефлексов, гипотония мышц) [96]. Указывается, что клиническая симптоматика ШРП зависит от высоты поражения [28].

В процессе диагностики необходимо определить, имеет ли боль скелетно-мышечный характер или она связана с вовлечением невралгических структур, т.е. является неврогенной? Если боль имеет невропатический генез, связана ли она с поражением корешка, сплетения или периферического нерва? Если боль связана с поражением корешка, являются ли ее причиной дегенеративно-дистрофические изменения позвоночника либо иной патологический процесс? Имеются ли у пациентов с корешковым синдромом также и признаки вовлечения спинного мозга [55]?

Болевое ощущение является субъективным параметром, для оценки его выраженности применяются визуально-аналоговые шкалы (10-балльная и 100-балльная). Однако при использовании одномерных ранговых шкал производится только количественная оценка боли без учета ее качественных особенностей. Боль является сложным, многомерным чувством, интегрирующим интенсивность боли, ее сенсорную и эмоциональную составляющую. Поскольку боль является не только сенсорной реакцией организма на повреждающий или раздражающий стимул, а в формировании болевого синдрома большую роль играет психо-эмоциональное напряжение, тревога и личностные особенности пациента, для ее детального исследования необходима объективизация как количественных, так и качественных характеристик данного феномена [74], что реализовано в ряде опросников и шкал вербальных оценок [93]; в частности, опросниках Мак-Гилла, НАQ, WOMAC и др. [96, 108]. В 1975 г. Р. Мелзак разработал Мак-Гилловский болевой опросник (McGill Pain Questionnaire), в котором все слова (дескрипторы), описывающие качественные особенности боли, разделены на 20 подклассов, что позволило проводить в многомерную оценку боли [74].

Высказывается мнение об отсутствии прямого влияния степени дегенеративно-дистрофических изменений позвоночника на выраженность болевого синдрома как для поясничного [43], так и для шейного [96] отделов. Ряд авторов высказывают мнение, что результаты клинического обследования, включая и неврологический статус, как правило, недостаточны

для определения локализации и выраженности поражений структур позвоночного столба [72].

Относительно применения методов лучевой визуализации до настоящего времени нет единого мнения. Сообщается, что для диагностики ШРП во многих случаях бывает достаточно клинического обследования с учетом жалоб, анамнеза и данных неврологического осмотра [116]. Также некоторые авторы указывают, что в подавляющем большинстве случаев острой и хронической боли в шее нет необходимости в дополнительных инструментальных методах исследования [113, 134], и только при подозрении на вертеброгенную патологию (спондилолистез, перелом) целесообразно выполнение рентгенографии. МРТ и рентгеновская компьютерная томография рекомендуются при выявлении т.н. «красных флажков» (наличие симптомов или факторов риска тяжелого заболевания, травма, метастазы, инфекционный процесс и пр.), а также при решении вопроса о необходимости хирургического лечения [113, 134]. Проведение рентгенографии, магнитно-резонансной (МРТ) и компьютерной томографии (КТ) показано только пациентам с болью в шее III и IV градаций по Neck Pain Task Force, 2008 [116].

Однако в настоящее время наблюдается тенденция к переходу специалистов от механистической задачи поиска грыж межпозвонковых дисков к комплексной оценке состояния позвоночного сегмента, включающей изменения дисков, окружающих их структур, состояние суставных поверхностей и связочного аппарата, взаимоотношение с соседними сегментами [48], что требует применения методов визуализации.

### **Инструментальные методы исследования при патологии ШОП**

Рентгенография в двух проекциях до настоящего времени остается основным методом визуализации заболеваний позвоночника на этапе скрининга. В литературе приведены показания и особенности выполнения различных спондилограмм (прямые, боковые, косые, функциональные, через открытый рот) [33, 65] и возможности рентгенографии. Описаны технологии

определения размеров межпозвонковых отверстий по прямым и боковым рентгенограммам, основные морфологические признаки и критерии стадии развития остеохондроза [33, 60, 61].

Основной целью рентгенографии является исключение таких причин боли, как опухоль, спондилит или остеопороз. Рентгенография ШОП может выявить такие проявления дегенеративно-дистрофических изменений, как склероз замыкательных пластин, гипертрофию суставных отростков, остеофиты, неравномерное сужение межпозвонковой щели и снижение высоты диска, субхондральный остеосклероз, формирование остеофитов, артроз межпозвонковых суставов, изменение формы позвонков, смещения позвонков, искривления оси позвоночника [55, 111]. Предложены шкалы рентгенологических изменений – дегенерации межпозвонкового диска Nilibrand и структуры передних остеофитов по шкале Parks.

Рентгенография с функциональными пробами используется для определения нестабильности отдельных сегментов позвоночника и скрытых спондилестезов [40, 109]. Для диагностики смещения позвонков выполняют рентгенографию шейного отдела позвоночника в положении максимального сгибания и разгибания, нестабильности атлантаксиального сустава – боковую рентгенографию [116].

Однако выявление рентгенологических признаков дегенеративно-дистрофических изменений позвоночника чаще всего не имеет клинического значения, так как их можно обнаружить у подавляющего большинства лиц зрелого и пожилого возраста [55]. Указывается, что при проведении рутинной рентгенографии дегенеративные изменения с возрастом определяются практически у всех пациентов (в том числе у асимптомных), очень часто не объясняя клиническую картину [44]. Рентгенографические признаки остеохондроза и спондилоартроза позвоночника обнаруживаются почти у половины лиц среднего возраста и у большинства пожилых людей [109]. Сообщается, что дегенеративно-дистрофические изменения, протрузии и грыжи дисков в отсутствие каких-либо симптомов цервикалгии отмечаются

у 60% пациентов после 40 лет и более чем у 80% после 60 лет [113]. При этом выраженность таких изменений не коррелирует с клинической картиной и не исключает других причин болей в спине, не определяемых рентгенографически, в частности, протрузий диска, межпозвонковых грыж, сужения спинно-мозгового канала, эпидурита, лигаментита желтой связки). Рентгенография позволяет визуализировать только костные изменения, и о патологии мягких тканей возможно судить по косвенным признакам [93].

Таким образом, рентгенография ШОП, которую традиционно выполняют практически всем больным, является недостаточно информативной [69], рентгенологическое заключение не может быть основой клинического диагноза, а также определять лечебную и экспертную тактику [40, 109]. В настоящее время ее диагностическая значимость рентгенографии ограничивается преимущественно исключением опухолевого поражения позвоночника, спондилита, травм, спондилолистеза и остеопороза [40].

В последние десятилетия в неврологии нашли широкое применение МРТ и КТ, особенно при появлениях признаков компрессии нервов или спинного мозга [40].

КТ имеет ряд существенных преимуществ, к которым относятся: возможность определения соотношения и топографии анатомических и патологических структур, получение изображения всего поперечного среза области, одномоментная сравнительная оценка изображения симметричных отделов тела, определение общей формы и характера поверхности исследуемого объекта, возможность выполнения денситометрии и пр. [43]. КТ в режиме 3D-реконструкции наиболее информативна в оценке состояния костных структур, определении количественных показателей – размеров позвоночного канала, площади межпозвонкового отверстия, объема межпозвонкового канала и др. Она хорошо выявляет стеноз межпозвонкового отверстия, остеофиты, оссификацию задней продольной связки [40]. Однако она, как и рентгенография, недостаточно информативна для оценки состояния связочного аппарата и корешков спинномозговых

нервов [97]. Спиральная КТ (СКТ) высокоинформативна в выявлении дистрофических изменений шейного отдела позвоночника, превосходит МРТ в оценке изменений костных структур, в том числе проявлений артроза межпозвонковых суставов, обызвествлений фиброзного кольца диска и желтой связки [147]. Указывается на повышение информативности СКТ посредством проведения ротационных проб – т.н. функциональная компьютерная томография [104].

Однако КТ имеет ограничения в визуализации мягкотканых структур, в связи с чем недостаточно информативна для оценки состояния связочного аппарата и корешков спинномозговых нервов [33, 72]. Недостатками метода также являются значительная лучевая нагрузка, высокая себестоимость, длительность процедуры и необходимость значительное время соблюдать неподвижность, что затруднительно при выраженном болевом синдроме, статичность изображения, меньшая визуальная дифференцированность различных сред, возможность индуцированной клаустрофобии [33].

МРТ лучше позволяет выявлять и оценивать состояние межпозвонкового диска и спинного мозга, поэтому ее целесообразно использовать для выявления изменений межпозвонковых дисков, определения степени компрессии дурального мешка, оценки выраженности миелопатии, определения размеров межпозвонковых отверстий. При МРТ возможно достоверно выявить дегидратацию или гипогидратацию межпозвонковых дисков и дегенеративные процессы в них, оценить состояние пульпозного ядра, выявлять разрывы и трещины фиброзного кольца, смещения пульпозного ядра при протрузиях диска, грыжи дисков размером от 2 мм, оценивать степень отека и венозного стаза в эпидуральной и окружающей клетчатке, степень компрессии корешков и дурального мешка [11, 64]. Также МРТ предоставляет возможность визуализации вторичных изменений в телах позвонков и унковертебральных суставах, вызывающих компрессионный синдром [50, 109]. Предложена классификация

дегенеративных изменений межпозвонковых дисков по С. W. Pfirrmann с соавт., включающая 5 степеней дегенеративного процесса.

МРТ позволяет визуализировать и оценивать степень компрессии корешков спинномозговых нервов [33, 83, 182], приводящих корешковых артерий и вен, развитие арахноидита поврежденного сегмента [182].

Ряд авторов указывает на возможность проведения т.н. кинематической МРТ в положениях сгибания и разгибания, которая позволяет выявить нестабильность ШОП [33, 184]. МРТ ШОП показана при планировании оперативного вмешательства по поводу грыжи диска, опухоли шейной локализации спинного мозга, а также при подозрении на инфекционно-воспалительное и метастатическое (вторичное) поражение позвоночника.

В диагностике грыж межпозвонковых дисков чувствительность МРТ составляет 98,9%, специфичность – 96,8%, точность – 97,8%; для СКТ эти показатели составляют соответственно 93,7%, 82,6% и 89,1% [33]. Однако сообщается о частых ложноположительных данных МРТ/СКТ: когда находки являются случайными, их локализация не соответствует клинической картине и не объясняет ее [44]. При интерпретации данных лучевых методов визуализации важно учитывать, что изменения шейного отдела позвоночника могут выявляться у лиц, не имеющих клинической симптоматики ШРП. Примерно у 50% обследуемых без симптоматики корешкового синдрома при МРТ выявляются изменения дисков: дегидратация, протрузии и грыжи [109]. По другим данным, у 57% обследованных, не имевших жалоб на боль в ШОП, обнаруживаются протрузии дисков, у 26% – стеноз позвоночного канала, у 7% – грыжи дисков с признаками сдавления спинного мозга [55]. Кроме того, сообщается, что выявляемые при МРТ изменения в зоне компрессии не всегда соответствуют неврологической симптоматике [33]. Ограничения метода вызваны и техническими особенностями выполнения обследования: в частности, МРТ, выполняемая в положении пациента лежа, недооценивает сагиттальное смещение при дегенеративном спондилолистезе по сравнению с вертикальной боковой рентгенограммой [196].

Ряд авторов сообщает, что при МРТ достаточно хорошо визуализируются нервы большого диаметра, окруженные жировой прослойкой, однако нервы малого диаметра практически не дифференцируются от других тканей [21]. Несмотря на высокую контрастность мягких тканей и возможность оценки объекта в разных плоскостях, МРТ периферических нервов остаётся менее предпочтительным методом диагностики по сравнению с УЗИ [21].

Недостатками метода МРТ являются высокая стоимость оборудования и наивысшая среди всех современных инструментальных диагностических методов стоимость самого обследования [109], затруднения при проведении исследования, вызванные необходимостью сохранять неподвижность продолжительное время при наличии болевого синдрома [33], ограничения, обусловленные наличием металлических объектов в организме (протезов, фиксирующих металлоконструкций стимуляторов, инородных тел и пр.).

Авторы указывают, что в течение еще значительного периода времени МРТ не сможет стать методом выбора тактики и контроля эффективности терапии [48], что обусловлено ограниченным числом установок, длительностью и высокой стоимостью исследования [48]. В связи с этим в отечественной лучевой диагностике заболеваний позвоночника важная роль отводится доступным методам. В связи с возможностью оценки изменений мягкотканых компонентов наиболее информативным методом первичной диагностики признается УЗИ [3, 126, 163].

Для выявления метастазов в позвоночник может быть проведена радиоизотопная остеосцинтиграфия. У лиц среднего и пожилого возраста при рецидивирующих болях в спине наряду с онкопатологией необходимо исключать остеопороз, особенно у лиц женского пола в постменопаузальном периоде, для чего рекомендована остеоденситометрия [9].

Данные электронейромиографии редко имеют практическую значимость при вертеброгенной радикулопатии, но иногда важны в дифференциальной диагностике с поражением периферического нерва или

сплетения. Дифференцирующим признаком является скорость проведения возбуждения по двигательным волокнам, которая у пациентов с радикулопатией обычно остается нормальной даже при выявлении слабости в пораженном миотоме, поскольку только часть волокон в пределах нерва оказывается поврежденной [9].

Такие инвазивные методики, как миелография, дискография, эпидурография, в настоящее время применяются ограничено, по строгим показаниям, в основном в рамках предоперационной диагностики [40, 72].

### **1.3. Ультразвуковое исследование в диагностике патологии позвоночника**

Традиционно среди специалистов сложилось предубеждение о малой информативности УЗИ в диагностике патологии опорно-двигательного аппарата, в частности, позвоночника, в связи с высокой отражающей способностью костной ткани [48]. Однако современные технологии, оптимально подобранные датчики и существующие методики проведения исследования позволяют с помощью УЗИ получать изображение хрящевых структур межпозвонковых дисков [48] и оценивать изменения в паравертебральных тканях [18]. УЗИ межпозвонковых дисков ШОП, в отличие от КТ и МРТ, полностью исключает лучевую нагрузку на пациента. Этот неинвазивный метод прост в применении, не требует специальных помещений, больших затрат времени и средств [98, 99]. Достоинствами метода также являются: непосредственный контакт с пациентом во время обследования, что дает возможность детализации жалоб и субъективного восприятия своего состояния больным; возможность УЗ «пальпации» исследуемой области и определение болезненности конкретной зоны при этом, более четкая дифференцируемость жидкостных структур, сосудов, возможность применения динамических тестов и повторных исследований за короткие промежутки времени [18, 43].

Метод УЗИ, однако, имеет и ряд недостатков, к которым относят: большую роль субъективного фактора в проведении исследования и интерпретации полученных данных; меньшую возможность стандартизации исследования в аспектах доступов, положения УЗ датчиков; наличие непреодолимых акустических сред, прежде всего, костных структур [43].

В 90-е годы в литературе появились сообщения о трансабдоминальном УЗИ поясничного отдела позвоночника [139, 137]. Японские авторы в исследовании на трупах подтвердили, что высота межпозвонкового диска может быть определена с помощью УЗИ, пульпозное ядро в норме является гипоэхогенным, а фиброзное кольцо – гиперэхогенным [167, 176, 202].

Первые сообщения о роли УЗИ в диагностике патологии межпозвонковых дисков и позвоночного канала (на поясничном уровне) в отечественной литературе были представлены в 1992 г. [91].

В литературе имеется ряд публикаций, описывающих возможности УЗИ в исследовании позвоночника. В единичных исследованиях описана нормальная УЗ картина вертебральных структур, исследованы корреляции между УЗ изображением межпозвонковых дисков и их анатомическими и макроморфологическими параметрами как в норме, так и при наличии патологических изменений [72]. Показаниями к УЗИ ШОП и выходящих нервных стволов считают: корешковые компрессионные синдромы вертеброгенной ШРП, которые обусловлены медианными и боковыми грыжами, протрузиями межпозвонковых дисков и характеризуются выпадением чувствительной и двигательной функций в зоне иннервации периферических нервов шейного сплетения; болевые синдромы, обусловленные шейным остеохондрозом или наличием иной патологии (протрузии дисков, листез тел позвонков, остеофиты, спондилез, спондилоартроз); планируемое ортопедическое лечение с целью выявления степени декомпрессии, клинические признаки компрессии позвоночной артерии в костном канале [70].

Подавляющее большинство авторов признают, что УЗИ является простым способом визуализации, который позволяет дифференцировать нормальный и дистрофически измененный межпозвонковый диск [70, 202]. Также проведено сопоставление результатов УЗИ с миелографией, КТ, МРТ и дискографией [72]. Основная часть немногочисленных исследований, посвященных визуализации позвоночника, выполнена в связи с УЗ навигацией спинальной и эпидуральной анестезии [45, 118, 166, 204]. Указывается, что в сравнении с рентгенологическим методом УЗИ более информативно для оценки мягких тканей ШОП, позволяет визуализировать структуру межпозвонковых дисков и спинномозгового канала, и по диагностической ценности приближается к МРТ.

УЗИ межпозвонковых дисков и позвоночного канала до настоящего времени осуществляется по методике Л.Г. Плеханова с соавт [91]. При сагиттальном сканировании определяют форму, взаиморасположение, размеры, структуру переднего контура тел позвонков и межпозвонковых дисков. При сканировании в горизонтальной анатомической плоскости оценивают особенности структуры межпозвонковых дисков и спинномозгового канала.

Методика проведения УЗИ ШОП может быть усовершенствована за счет стандартизации исследования путем определения четких анатомических ориентиров, стандартных проекций и режимов сканирования, а также определения качественных и количественных нормативных параметров межпозвонковых дисков, позвоночного канала, корешковых каналов [70].

Для обеспечения достоверности УЗИ позвоночника необходимо обучение специалистов. В настоящее время существует множество фантомов – моделей для изучения УЗ анатомии костно-мышечной системы, однако сообщается, что для позвоночника пока таких возможностей нет [45]. Имеются сообщения об использовании так называемого «водного фантома позвоночника» (для обучения методике выполнения нейроаксиальных блоков), который изготовлен путем погружения пластиковой модели

пояснично-крестцового отдела позвоночника в воду [45]. Однако данный фантом позволяет получить только базовые навыки визуализации костных структур позвоночника, недостаточно удобен в использовании, методика его исследования отличается от реального УЗИ в клинической практике.

При УЗИ неизмененного ШОП в сагиттальной плоскости определяются позвонки как гиперэхогенные линейные структуры с четкой акустической тенью от тел и частично поперечных отростков [1, 72]. В норме крючковидные отростки шейных позвонков не контактируют с телом вышележащего позвонка; при развитии патологического процесса, сопровождающегося уплощением и нарушением структуры межпозвонкового диска, указанные отростки могут образовывать с телами позвонков патологические унковертебральные сочленения [48].

При УЗИ позвоночника фиксируют ряд параметров и проводят стандартные измерения. Как правило, для оценки состояния позвоночника используется двухмерное УЗИ, при необходимости может быть выполнено исследование в режимах 3D и 4D с получением объемного изображения пораженной области. Эхографически в сагиттальном сечении оценивают толщину межпозвонкового диска, в аксиальном – структуру и форму пульпозного ядра, толщину заднего сегмента фиброзного кольца, наличие участков истончений, разволокнений, разрывов, размеры участков протрузий фиброзного кольца и грыжевого выпячивания [3, 176].

При УЗИ определяется межпозвонковый диск, состоящий из пульпозного ядра, фиброзного кольца и располагающихся по его передней и задней поверхностям соответственно передней и задней продольных связок [48]. Межпозвонковый диск визуализируются как однородная гипоэхогенная структура правильной округлой формы, за которой определяются гиперэхогенные линейные сигналы от твердой и мягкой мозговых оболочек, между которыми находится анэхогенное ликворное пространство. Передний контур дисков в норме не выступает за пределы тел позвонков. Высота

межпозвоночного диска оценивается как минимальное расстояние между поверхностями тел позвонков [70, 72].

Пульпозное ядро, располагающееся на каркасе рыхлых соединительнотканых волокон, лишено кровоснабжения и иннервации [48].

Немногочисленные исследования посвящены роли УЗИ в диагностике патологии позвоночника. Сообщается о выявлении протрузий и грыж в поясничном отделе [48, 109]. В единичных работах описана семиотика патологических изменений ШОП, однако большинство исследований посвящено УЗИ поясничного отдела позвоночника [72]. Визуализируются изменения костных структур, наиболее распространенными из которых являются остеофиты, являющиеся косвенным признаком остеохондроза. Эхографически возможно определить спондилолистез [2], выявить признаки обезвоживания, дегомогенизации и нарушения структуры межпозвоночного диска, снижение высоты диска, уменьшение размеров пульпозного ядра, повышение его эхогенности, а в дальнейшем и изменение его структуры в виде фрагментации и появления гиперэхогенных включений [1]. При УЗИ в режиме реального времени с функциональной пробой (сгибание-разгибание) могут быть выявлены нестабильность шейного отдела позвоночника и нарушение соотношения позвонков [41].

Указывается о возможности УЗ дифференцировки протрузии (выпячивания диска в позвоночный канал за счет пролабирования фиброзного кольца без его разрыва и вовлечения в патологический процесс эпидуральной клетчатки и корешков спинномозговых нервов) и грыжи (разрыва волокон фиброзного кольца с выходом фрагмента пульпозного ядра через образовавшееся отверстие в позвоночный канал) [48]. В сагиттальной плоскости протрузия межпозвоночного диска эхографически визуализируется как выбухание его заднего контура по дуге большого радиуса без признаков разрыва фиброзного кольца, с признаками рубцовых изменений в прилежащей эпидуральной клетчатке в виде гиперэхогенных линейных включений [19]. Косвенными УЗ признаками протрузии являются

уменьшение диаметра спинномозгового канала по сравнению с таковым на уровне соседних межпозвонковых дисков, снижение передней высоты межпозвонкового диска, уменьшение толщины фиброзного кольца в задних отделах как результат «расплющивания» пульпозного ядра и растяжения фиброзного кольца, деформация расположенных рядом сосудов [72].

Указывается (на примере поясничного отдела позвоночника), что УЗИ характеризуется достаточно высокой чувствительностью и специфичностью в выявлении протрузий и грыж межпозвонковых дисков, спондилолистеза, вентральных остеофитов, оссификации переднего контура межпозвонковых дисков [72]. Грыжи межпозвонковых дисков морфологически представляют собой участки выпадения пульпозного ядра сквозь разрывы в фиброзном кольце. Эхографически они определяются как выбухания заднего контура межпозвонкового диска по дуге малого радиуса с разрывом фиброзного кольца [19]. УЗ признаками грыжи межпозвонковых дисков также являются: уменьшение размеров спинномозгового канала по сравнению с соседними межпозвонковыми дисками (за счет рубцовых изменений, локализованных по заднему контуру фиброзного кольца), уменьшение размера корешкового канала по сравнению с контралатеральным [72].

Чувствительность УЗИ при выявлении дегенеративных изменений позвоночника составляет 92%, специфичность — 90% [19]. Кроме того, метод имеет преимущество перед МРТ в возможности функционального исследования в положении сгибания и разгибания [118, 186]. Наибольшую чувствительность и специфичность УЗИ имеет при выявлении патологических изменений передней поверхности позвоночника – протрузии межпозвонковых дисков (соответственно 88,6% и 98,3% [19]), изменении размеров спинномозгового канала (соответственно 90,9% и 100,0%) и остеофитов [72]. Для патологии внутренних структур и заднего контура межпозвонковых дисков (грыжи дисков, сужение корешковых каналов) диагностическая ценность УЗИ несколько ниже [72]. Указывается на значимость УЗИ позвоночника в качестве скринингового диагностического

метода (селективного для групп риска) и с целью обследования лиц с наличием вертеброгенного болевого синдрома для визуализации, качественной и количественной оценки состояния двигательного сегмента, межпозвонкового диска, выявления протрузий или грыж межпозвонковых дисков, при этом совпадение данных УЗИ и МРТ достигает 90% [33, 109].

Расхождение в оценке размеров вентральных остеофитов, протрузий и грыж межпозвонкового диска по данным традиционных методов (МРТ и рентгенографии) составляет, по данным ряда авторов, не более 1-2 мм [72]. Сообщается, что такие исследования позволяют оценить состояние позвоночника и отобрать группу больных, нуждающихся в дальнейших дорогостоящих диагностических методиках [72]. УЗИ является более информативным в сравнении с рентгенологическим методом и приближается к МРТ в оценке мягких тканей позвоночного столба, поскольку позволяет оценить структуру межпозвонковых дисков и спинномозгового канала [72].

Подобных исследований в отношении ШОП не найдено, за исключением работ А.Ю. Кинзерского и соавт. [48, 91], в которых, однако, не приводятся статистические характеристики диагностической методики.

Также в литературе представлены сведения о УЗ визуализации ШОП у детей, в частности, с цервикальным болевым синдромом, с целью выявления органических изменений костных и мягкотканых структур [11, 68], анатомических особенностей и приобретенных деформаций, в частности, сглаживания шейного лордоза [68]. Сообщается о роли УЗИ в диагностике ювенильного остеохондроза ШОП, особенно на доклиническом этапе, когда традиционная диагностика затруднена [11].

Значительное количество исследований посвящено роли УЗИ в диагностике травмы шеи, выявлении и оценке синдрома позвоночной артерии. Также метод УЗИ может быть использован для оценки регионального кровообращения у пациентов с корешковыми и нейротрофическими проявлениями остеохондроза, выявления нестабильности позвоночного сегмента и пр. [133, 186].

Роль УЗИ в диагностике корешкового синдрома до настоящего времени не раскрыта. Метод не включен в стандарты обследования больных с корешковым синдромом [70].

Допплерографические исследования при ШРП до настоящего времени ограничиваются оценкой кровотока в позвоночных артериях [11, 41].

#### **1.4. Ультразвуковое исследование нервов и нервных сплетений**

Традиционно диагноз шейного радикулита ставился на основании клинического и неврологического обследования пациента, дополненного рентгенографическим исследованием. Однако рентгенологическое исследование не предоставляет достаточной информации о состоянии мягких тканей: мышц, связок, сухожилий, сосудов и периферических нервов. В то же время данная информация может быть решающей для дифференциальной диагностики состояний, вызывающих боль в шейном отделе позвоночника.

В последние годы ведущим методом визуализации нервов является магнитно-резонансная томография (МРТ) [30]. Однако ее возможности ограничены малодоступностью, высокой стоимостью, рядом противопоказаний (в частности, наличием в организме пациента металлических протезов, конструкций, кардиостимуляторов).

Перспективным методом обследования в таких случаях является УЗИ.

Развитию УЗ визуализации периферических нервов способствовала популяризация методики регионарной анестезии под контролем УЗИ, которая в настоящее время позиционируется как наилучший способ выполнения высокоэффективных и безопасных блокад периферических нервов и сплетений. Начало УЗ визуализации периферических нервов было положено в 1981 г., когда Н. В. Abramowitz и соавт. [123] сообщили об успешном применении УЗ доплерографии для нахождения подмышечной артерии как ориентира для нервных пучков в надключичной ямке, сами нервные пучки не были видны ввиду несовершенства аппаратуры. Первое

сообщение о возможности УЗ визуализации периферических нервов было сделано В. Fornage [148] в 1988 г. Автором описана УЗ нервного ствола и приемы его идентификации относительно анатомических ориентиров. Однако низкая на тот момент разрешающая способность УЗ аппаратуры и отсутствие высокочастотных датчиков не позволили не только провести полноценное исследование, но и даже достоверно распознать контуры таких тонких структур, как нервные сплетения. Использование постоянного УЗ контроля при блокаде плечевого сплетения описано в 1994 г. S. Kapral и соав. [205], УЗ изображение было сопоставлено с рентгенологическими данными. Дальнейшие сопоставления результатов УЗ визуализации с данными рентгенографии были выполнены М. Е. Güzeldemiri соавт., 1995 [150], с результатами МРТ – D. G. Sheppard и соавт., 1998 [187]. D. G. Sheppard и соавт. в 1998 г. [187] впервые дали описание УЗ изображения нервных стволов и критерии их дифференцировки от кровеносных сосудов [42]. И только к концу девяностых годов в литературе стали появляться сообщения о возможностях УЗИ в визуализации и оценке состояния нервных сплетений и периферических нервов конечностей [79]. С тех пор УЗИ является активно развивающимся методом исследования периферических нервов [53, 82, 152]. Простота, неинвазивность, отсутствие ионизирующего излучения, низкая стоимость, возможность проведения многократных исследований для оценки динамики патологического процесса, в отличие от дорогостоящей и малодоступной МРТ периферических нервов, определяет возможность его использования как дополнительного метода для исследования структуры нервов [30, 186].

В профильной литературе указывается, что контрастность изображений и уровень пространственного разрешения, получаемые при УЗИ, значительно выше, чем при МРТ [38]. Осевое разрешение современных высокочастотных УЗ датчиков 12–17 МГц достигает 250–500 мкм, что позволяет с максимальной из применяемых в настоящее время методов визуализации точно дифференцировать нервный ствол и его волокнистую структуру,

оценить взаимоотношение с окружающими тканями [23, 38, 62]. К преимуществам метода УЗИ следует также отнести возможность оценки васкуляризации и гемодинамики в зоне интереса.

В настоящее время УЗИ нервов входит в клинические протоколы и стандарты. Комитетом по ультразвуковым технологиям в анестезиологии и реаниматологии Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов» (протокол № 1/15 от 11.03.15) рекомендовано для включения в образовательные программы клинической ординатуры и дополнительного образования освоение УЗ навигации регионарной анестезии [20 54]. Однако практического применения данная рекомендация до настоящего времени не нашла.

В литературе представлено детальное описание УЗ изображения периферического нерва [28, 103]. Эхографические характеристики определяются структурой нерва, представляющей собой нервные волокна, сгруппированные в пучки и окруженные соединительной тканью (периневрием). В целом эхогенность нерва является промежуточной между относительно низкой эхогенностью мышц и более высокой эхогенностью сухожилий [103]. Ствол периферического нерва эхографически представляет собой тяж неоднородной поперечной структуры в виде чередующихся гипер- и гипоехогенных полос [28], морфологическим субстратом которых являются множественные отдельные нервные пучки, окруженные эпи- и периневрием [23]. Изображение собственно нерва всегда является гипоехогенным, что особенно заметно при применении высокочастотных датчиков (12-18 МГц), и наиболее выражено у тучных больных [28], а соединительной ткани – гиперэхогенной [23]. Такой тип строения нерва называют фасцикулярным паттерном [23], который является основным дифференцирующим признаком нерва от других анатомических структур, в частности, сухожилий [23, 30].

Спинномозговые нервы описаны в литературе значительно менее детально. Так, описание спинномозговых нервов шейного сплетения представлено только в работах В.Г. Салтыковой [79, 80], УЗ картина

плечевого сплетения детально описана в работе R. Beekman и соавт. [203] и углублена в исследовании В. Г. Салтыковой (2008) [79], однако и в них приведены эхографические характеристики нервов преимущественно на уровнях вышеуказанных сплетений и дистальнее. Также описано выполнение УЗИ шейного и плечевого сплетений у детей при заболеваниях и повреждениях опорно-двигательного аппарата и мягкотканых структур, в том числе и периферических нервов, шейного и плечевого сплетений [79]. Описания УЗ характеристик спинномозговых нервов в проксимальной части, начиная от выхода из корешкового канала, в профильной литературе не найдено, кроме краткой характеристики, приведенной в работе Е.Г. Салтыковой: ветви корешков спинномозговых нервов при УЗ исследовании определяются как гипоэхогенные тяжи однородной эхоструктуры, равномерной толщины, выходящие из позвоночного ствола, делающие угловой изгиб сразу при выходе из канала, идущие в дистальном направлении межмышечно и плотно соприкасающиеся друг с другом [79].

При УЗИ периферического нерва предложено визуально при поперечном и продольном сканировании оценивать его качественные характеристики: форму сечения, контур доступного отрезка, эхогенность, наличие волокнистой дифференцировки нервного ствола на отдельные фасцикулы [38, 149, 175]. В отличие от нервных стволов, нервы шейного сплетения характеризуются пониженной эхогенностью, однородной эхоструктурой, равномерной толщиной [79], что, возможно, связано с их непрямолинейным ходом при выходе из позвоночного столба и возникающим в связи с этим свойством анизотропии [79, 179].

При поперечном сканировании нервные стволы определяются при небольшом краниальном наклоне датчика как гипоэхогенные овальные структуры, окруженные соединительной тканью и жировой клетчаткой, имеющей неоднородную структуру, умеренно пониженную эхогенность с хаотично расположенными тонкими гиперэхогенными линиями [79].

Сообщается, что корешок  $C_1$  визуализировать при УЗИ не представляется возможным вследствие высокого анатомического расположения и малых размеров нерва [79]. При сканировании в поперечной плоскости визуализация верхних шейных корешков на уровне  $C_{II}$ – $C_{III}$  затруднена у 42,5% из-за трудностей, связанных с дифференциацией тканей [79]. Указывается, что качество визуализации зависит от телосложения пациента. Так, у лиц астенического телосложения, с длинной шеей удается визуализировать нервные корешки на уровне  $C_{II}$ – $C_{VII}$ , нормостенического телосложения –  $C_{III}$ – $C_{VII}$ , гиперстенического телосложения с короткой шеей и выраженным подкожно-жировым слоем исследование шейного сплетения было значительно затруднено и ограничивалось визуализацией корешков  $C_{IV}$ – $C_{VI}$  [79]. Ультразвуковой визуализации корешка  $C_{VIII}$ , выходящего на уровне первого грудного позвонка, достигнуть не удастся [79].

В литературе указывается, что для объективного УЗ исследования нервов необходимо выделить подлежащие математико-статистическому анализу количественные характеристики, отражающие морфологические изменения нерва [88, 89, 95].

В литературе имеются указания на возможность УЗ оценки диаметра периферических нервов [39, 63, 129, 137 и др.]. Диаметр нерва измеряют эхографически от гиперэхогенной границы (адвентициальная оболочка). Большинство авторов высоко оценивают возможности метода. Так, Э. Ю. Малецкий с соавт. [95] и Moayeri N. [137] на основе сопоставления УЗ измерений периферических нервов с результатами МРТ и стандартного интраоперационного измерения указывают на высокие коэффициенты линейной и ранговой корреляции и делают заключение о высоком уровне воспроизводимости методики. Другие авторы сообщают, что УЗ оценка диаметра нерва имеет высокий уровень погрешности и не может выступать информативным диагностическим критерием [63].

Один из основных параметров, используемых в УЗ исследовании периферических нервов – площадь поперечного сечения нерва [89]. Также

предложено (для периферических нервов) оценивать значение интраневральной вариабельности – отношение максимальной и минимальной площади поперечного сечения [30, 89], и определять градиент асимметрии отношение средних площадей поперечного сечения нерва справа и слева [38, 80, 89]. Также некоторые авторы [89] проводят сопоставление полученных данных со стандартными антропометрическими параметрами – рост, масса тела, индекс массы тела. Кроме того, авторы предлагают оценивать степень уплощения нерва как соотношение ширины нерва к его толщине [38, 80].

Исследователи указывают, что количественные результаты, полученные при УЗИ, стабильно менее реальных анатомических размеров, и объясняют этот факт особенностями УЗ визуализации нерва и методикой его измерения. Согласно общепринятой методике, при УЗ измерении диаметра нерва предполагается исключение наружного гиперэхогенного ободка (наружного эпинеурия) и измерение только отчетливо дифференцируемого гипоехогенного тяжа, соответствующего близко расположенным пучкам нервных волокон [39, 198].

Сообщается, что УЗИ периферического нерва предоставляет сведения о морфологических и структурных изменениях нервного ствола [88] и сдавлении его близлежащими структурами [1, 23]. Так, указывается, что при отеке нерва наблюдаются равномерное утолщение нервных стволов, мелкозернистая гипоехогенная структура без нормальной дифференцировки на отдельные фасцикулы [30].

Таким образом, УЗИ предоставляет возможность выявления и оценки патологических изменений ШОП. Однако в настоящее время в научной литературе имеются лишь единичные упоминания о возможностях метода, а в повседневной клинической практике УЗИ в указанных целях не используется.

Возможным путем повышения информативности исследования вертебральных и нервных структур шейного отдела является применение мультимодальной визуализации. Технология S-Fusion или Fusion ("слияние")

представляет собой объединение разных методов лучевой диагностики в процессе комплексной мультимодальной визуализации в реальном времени. Гибридная компьютерная технология Fusion предусматривает сочетание УЗ визуализации с изображениями, получаемыми при рентгенографии, сцинтиграфии, КТ, МРТ, а также при исследовании в режимах доплеровского картирования, контрастного усиления и эластографии. В литературе имеются единичные данные о возможностях применения технологии Fusion при исследовании различных отделов мышечно-скелетной системы [95]. Сведений о применении указанной технологии в визуализации позвоночных и нервных структур в профильной литературе не найдено.

### **1.5. Ультразвуковое исследование в выборе лечебной тактики и контроле эффективности лечения шейной радикулопатии**

Ведущей задачей терапии цервикальных болевых синдромов является быстрое и эффективное купирование боли и профилактика ее хронизации [96, 115]. Указывается, что в лечении важна не только положительная динамика по данным физикальных, лабораторных и инструментальных методов исследования, но и субъективное благополучие пациента [108]. Выбор тактики лечения ШРП и последующая оценка результатов затрудняются тем, что отсутствуют единые критерии оценки исходов и степени неврологических нарушений [51].

Имеется два направления лечения ШРП – консервативный и хирургический. Существенным недостатком консервативного метода является отсутствие прямого действия на патологический субстрат. Хирургические вмешательства компенсируют этот недостаток, однако, несут в себе определенные риски [4]. В литературе имеются сообщения о дифференцированном подходе к выбору тактики лечения ШРП [8, 35, 131, 208], в частности, по степени болевых ощущений [40]. Сообщается, что лечение пациентов с шейными спондилогенными компрессионными

радикулопатиями (мануальная и декомпрессионная терапия, лечебная гимнастика), избираемое на основании данных МРТ и спондилографии (стандартной и функциональной) с учетом выявленных радиологическими методами нарушений биомеханики, обеспечивает более эффективное расширение межпозвонкового отверстия, стеноз которого является главной причиной радикулярного синдрома при ШРП, чем эмпирически избираемая терапия [35, 128]. Однако обоснованных критериев выбора лечебной тактики на основе данных УЗИ до настоящего времени в литературе не представлено.

Как самостоятельный метод лечения спинальной боли в литературе рассматриваются разнообразные блокады, которые не относятся ни к консервативным, ни хирургическим методам и определяются как метод активной терапии [4]. С хирургическими методами их объединяет возможность непосредственного воздействия на патологический субстрат, с консервативными – по сути инъекционное влияние на патологический очаг.

Лечебные блокады считаются самым эффективным способом купирования острых вертеброгенных болевых синдромов с выраженной клиникой неврологических расстройств, главным из которых является корешковый синдром [118]. Преимущества блокад в лечении очевидны – малая травматичность, экономичность, возможность применения в амбулаторных условиях (хирургия одного дня). На современном этапе используют различные блокады путем инъекции местных анестетиков, иногда – в сочетании с нестероидными противовоспалительными средствами. При болях в ШОП широко используются перирадикулярные, фораминальные, паравертебральные лечебные блокады с лидокаином и кортикостероидом [44, 74, 87]. Кaudальная эпидуральная блокада на сегодняшний день используется как малоинвазивный метод лечения болевых синдромов пояснично-крестцового отдела позвоночника путем введения лекарственных препаратов в эпидуральное пространство через *hiatus sacralis* [47]. Также блокада медиальной части задней ветви спинномозгового нерва является методом лечения с умеренными доказательствами краткосрочного и

длительного обезболивающего эффекта [4]. До настоящего времени такие вмешательства производятся преимущественно «вслепую», используя технику пальпации поверхностных костных ориентиров для определения межпозвоночной щели и технику "потери сопротивления" для определения эпидурального пространства [118]. Информация об эффективности блокады с кортикостероидами в лечении ШРП разноречива. Указывается как на положительные результаты лечения, так и на отсутствие эффективности данной методики [44]. Не исключено, что разногласия обусловлены различным уровнем точности введения препарата в заданную зону.

Несмотря на то, что блокада ШОП позволяет быстро купировать приступы сильной боли в шее, использовать ее в качестве единственного метода лечения болевого синдрома не рекомендовано, поскольку процедура обладает выраженными побочными эффектами и может привести к серьезным осложнениям. Частыми являются побочные эффекты: головная боль, нестабильность артериального давления, изменение сердечного ритма. Также могут развиваться тяжелые последствия и осложнения: повреждение кровеносных сосудов, тяжелые аллергические реакции (отек Квинке, спазм гортани, сердечная недостаточность) на анестетики, чрезмерная инфильтрация тканей анестетиками, провоцирующая их омертвление (некроз), повреждение нервных узлов и сплетений (может проявляться онемением и покраснением лица, нарушением мимики, расстройством речи), галлюцинации, инфицирование тканей в месте прокола, а также занесение инфекции в паравerteбральное пространство.

Единичные исследования на основании ультразвуковой оценки распространения вводимой жидкости (на примере блокады плечевого сплетения) [103] сообщают, что только в 20% случаев отмечается формирование жидкостной структуры в желаемом месте, т.е. по ходу инъекции. В остальных случаях распространение вводимого препарата для анестезии происходит произвольно и не поддается прогнозированию, что ведет к снижению эффективности анестезии, потребности в повышении доз

анестетика с последующим возрастанием риска побочных эффектов и пр. Авторы предлагают использовать ультразвуковой мониторинг для оценки распространения вводимого анестетика в тканях и, при необходимости, коррекции места и направления введения жидкости.

Контроль за перемещением пункционной иглы и введением препарата является возможным способом снижения риска части вышеперечисленных осложнений – повреждения сосудов и нервных структур, избыточного введения анестетика.

В качестве альтернативы «слепому» методу предлагается использовать для контроля флуороскопию [118]. Однако недостатком этого метода является облучение пациента и оператора, а также потребность в флуороскопе, который не всегда доступен из-за высокой цены, и специально оборудованном помещении.

УЗ визуализация в настоящее время достаточно широко применяется при контроле блокад периферических нервов. Так, ряд исследователей [42, 174] сообщает о выполнении блокады плечевого сплетения под УЗ контролем, отмечая высокую эффективность и безопасность методики (отсутствии многократных попыток верификации нервов и осложнений) по сравнению с традиционным использованием для идентификации сплетения метода нейростимуляции. УЗ визуализация позволяет оценить локализацию нервов, положение иглы относительно анатомических структур и оценивать распространение местного анестетика [42]. Имеются немногочисленные сообщения об УЗ наведении эпидуральных блокад поясничной области и инъекций в фасеточные суставы [4, 47]. Указывается, что осуществление блокад под контролем УЗИ имеет преимущества: доступность, прямая визуализация участка «интереса» в режиме реального времени, визуализация распространения анестетика, уменьшение вероятности возникновения осложнений, малая продолжительность процедуры, отсутствие воздействия ионизирующего излучения [4]. Возможности УЗ контроля инвазивных методов лечения ШРП до настоящего времени не изучены.

Сообщается о возможности использования УЗ визуализации в оценке результативности консервативного лечения при вертеброгенном синдроме боли в нижней части спины [109], при этом положительная динамика характеризуется уменьшением размеров протрузий и грыж [109]. В литературе имеются единичные упоминания о возможности использовании УЗИ в оценке результативности лечения ШРП [208], однако ни методика такового, ни динамика УЗ картины авторами не описана.

Показанием для хирургического лечения ШРП является безуспешность консервативной терапии и ухудшение неврологической симптоматики. Боль считается одной из наиболее частых причин для хирургического лечения ШРП, и, следовательно, облегчение боли является основной целью в подавляющем большинстве случаев [51].

Операция переднего шейного спондилодеза, позволяющего в 90% случаев достигнуть значимого уменьшения боли и снижения нетрудоспособности, представляет собой «золотой стандарт» хирургического лечения пациентов с дегенеративным заболеванием шейных межпозвонковых дисков и обладает высокой эффективностью, позволяющей нивелировать имеющуюся клинико-неврологическую симптоматику [92]. Тем не менее, данная операция ассоциирована с развитием некоторых нежелательных явлений, таких как гипермобильность, псевдоартроз, дисфагия и дегенерация смежных позвоночно-двигательных сегментов [92]. В качестве альтернативы в конце прошлого столетия была разработана и внедрена в клиническую практику методика тотальной артропластики межпозвонковых дисков ШОП, которая распространена во многих нейрохирургических клиниках мира, имеет высокую клиническую эффективность у пациентов с дегенеративным заболеванием ШОП, позволяет сохранить физиологический объем движений в оперированном сегменте и предотвратить развитие дегенерации смежных сегментов [92].

Международной группой экспертов в 1998 г. предложен стандартный набор основных критериев оценки результатов операций на позвоночнике:

боль в спине, функциональный статус, общее состояние здоровья, инвалидность и удовлетворенность пациентов [51]. Сообщается об использовании Мак-Гилловского болевого опросника для оценки степени регресса болевого ощущения в процессе лечения [74].

При хирургической коррекции с целью получения максимально достоверных данных об эффективности выполненной операции, выявления дислокации, фрагментации элементов стабилизирующей системы проводят рентгенологические исследования или СКТ [6, 7]. Имеется ряд публикаций, в которых представлены результаты динамического УЗИ при заболеваниях периферических нервов. По мнению авторов, УЗИ проводят по необходимости с целью наблюдения за течением процесса, исходя из темпов прогрессирования заболевания, необходимости коррекции лечения и т. д. [57]. В отношении исследований периферических нервных стволов отмечается преимущество УЗИ перед МРТ в контроле результатов лечения, поскольку при МРТ затруднительно достоверно детализировать небольшие структурные изменения, что не позволяет исследовать динамику восстановления нерва [21]. Однако динамика УЗ картины в процессе лечения ШРП в профильной литературе не отображена.

Таким образом, согласно данным литературы, ШРП является широко распространенным заболеванием во всем мире. Она характеризуется тенденцией к хронизации и прогрессированию процесса, потерей трудоспособности и инвалидизацией. Кроме того, в последние годы наблюдается рост заболеваемости у молодых и трудоспособных людей. Это обуславливает необходимость своевременной диагностики, лечения и профилактики остеохондроза, и как его следствия – ШРП.

Вместе с тем существующие на сегодня методы лучевой визуализации ШОП, а именно рентгенография, КТ, МРТ, которые являются золотым стандартом диагностики ШРП, помимо своих преимуществ имеют ряд недостатков. Рентгенография и КТ несут лучевую нагрузку на пациента, а

МРТ противопоказана людям с металлическими имплантами и протезами. К тому же их доступность ограничена высокой стоимостью, что делает актуальной проблему поиска альтернативных методов диагностики.

В настоящее время изучаются новые возможности широко распространенного метода УЗИ для диагностики ШРП. Это исследование не оказывает лучевого воздействия на пациента, поэтому его можно выполнять для контроля проводимого лечения, в т.ч. многократно без ограничения временных интервалов между осмотрами. Также исследование не нанесет вреда беременным женщинам, онкологическим пациентам, а также лицам с ослабленным иммунитетом.

Однако в неврологической практике возможности метода УЗД еще не до конца раскрыты. Несмотря на наличие единичных публикаций, недостаточно освещены вопросы нормальной УЗ анатомии ШОП, не изучены изменения, развивающиеся у больных шейной радикулопатией. Предоставляемая УЗИ возможность исследования мягкотканых структур, в частности, нервных стволов, до настоящего времени не нашла практического использования в клинической неврологии. Не изучены возможности метода УЗИ в дифференцированном определении тактики ведения больных ШРП, выполнении паравертебральных блокад, оценке результатов лечения.

Проведенный анализ современного состояния вопроса по данным литературы позволяет заключить, что вопрос использования ультразвуковой визуализации в неврологии, в частности, у больных шейной радикулопатией, до настоящего времени остается недостаточно изученным, что указывает на своевременность и актуальность исследований в данном направлении.

По материалам раздела опубликованы следующие работы:

1. Зубов, А. Д. Роль ультразвукового исследования в комплексной диагностике шейной радикулопатии (обзор литературы) [Текст] / А. Д. Зубов, А. А. Бережная, Л. Н. Антонова // Университетская клиника. – 2019. – № 1 (30). – С. 62–71.

## РАЗДЕЛ 2

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

#### 2.1. Дизайн исследования

Исследования были проведены на базе Донецкого клинического территориального медицинского объединения (ДоКТМО).

В исследуемую выборку вошло 45 здоровых добровольцев и 126 пациентов с ШРП.

Критериями включения в группу здоровых добровольцев было отсутствие на протяжении жизни эпизодов боли в шее и клинической симптоматики неврологической патологии, а также отсутствие дегенеративных изменений позвоночника, в связи с чем в группу вошли лица в возрасте 21-22 года. Критерием исключения из группы здоровых добровольцев являлось выявление при обследовании методами лучевой визуализации (рентгенография, МРТ, КТ) изменений позвоночника: врожденных, посттравматических, дегенеративных. Все добровольцы дали информированное согласие на проведение исследования.

В группе здоровых лиц у обследуемых регистрировали пол, возраст, рост, массу тела, рассчитывали индекс массы тела. Выполняли УЗИ ШОП и шейных спинномозговых нервов. Полученные при УЗИ данные у 18 добровольцев изучаемой группы сопоставляли с результатами МРТ, которая была выполнена на аппарате Philips Ingenia 1,5 T (Нидерланды). В связи с получением достаточных данных о сопоставимости результатов измерений при МРТ и УЗИ было принято решение дальнейшее МРТ исследование добровольцам изучаемой группы не выполнять.

Критериями включения в группу пациентов с ШРП было наличие клинической симптоматики шейной радикулопатии и подтвержденных лучевыми методами визуализации дегенеративных изменений ШОП.

Критериями исключения из группы пациентов с ШРП было наличие патологии позвоночника, не связанной с дегенеративными изменениями – врожденных аномалий, травм шейного отдела, опухолей, а также наличие заболеваний и состояний, ограничивающих УЗ визуализацию шейного отдела позвоночника: болезнь Форестье (наличие костных «мостиков» между передними поверхностями тел позвонков); выраженный цереброспинальный атеросклероз, искусственный (искусственный) костный блок после стабилизирующих операций, и возраст пациента более 70 лет.

Для исследования УЗ проявлений ШРП была сформирована выборка из 129 пациентов, обратившихся в поликлинику ДоКТМО с клинической симптоматикой шейной радикулопатии. Диагноз ШРП был установлен неврологом с использованием данных лучевых методов визуализации. В установлении диагнозов использовали критерии EFNS (European Federation of Neurological Societies) [161].

При дообследовании из анализа были исключены 3 пациента, клиническое состояние которых было обусловлено причинами, не связанными с дегенеративными изменениями ШОП. У этих пациентов при дообследовании установлено, что неврологическую симптоматику ШРП вызывали врожденные аномалии развития ШОП: аномалия Киммерли и шейные ребра. Эти пациенты исключены из дальнейшего анализа.

В итоге исследуемую выборку составили 126 пациентов с клиническими признаками ШРП с последующей верификацией диагноза радиологическими исследованиями (рентгенография, КТ или МРТ).

**Методики клиничко-анамнестических исследований.** Пациентам проведено клиничко-анамнестическое обследование, включавшее: сбор анамнеза, жалоб, оценка неврологического статуса, изучение стандартных симптомов и рефлексов в соответствии с протоколом клинического обследования. При осмотре больных обращали внимание на наличие привычного наклона головы, асимметрию надплечий, контурирование и напряжение мышц надплечий и шеи, болезненность паравертебральных

точек и остистых отростков шейных позвонков. По стандартным методикам оценивали частоту снижения сухожильных рефлексов, чувствительных нарушений, ограничения движения в руке и уменьшение силы кисти. Силу кисти определяли до и после лечения ручным динамометром. Подвижность в плечевом суставе определяли путем измерения угла отведения руки и угла подъема вперед на стороне поражения в градусах до и после лечения с точностью 5 градусов. В связи со значительной вариабельностью исходных показателей в динамике оценивали не абсолютные значения после лечения, а разность (прирост, снижение) показателей у каждого конкретного пациента до и после лечения в % к исходному (т.е. градиент).

Для оценки болевого синдрома использовали русифицированный Мак-Гилловский болевой опросник в переводе Российского государственного медицинского университета, МГУ им. М.В. Ломоносова и ЦИТО им. Н.Н. Приорова (Кузьменко В.В. и др., 1986). Опросник содержит 78 слов-дескрипторов (вербальных характеристик) боли, сгруппированных в 3 класса и 20 подклассов по принципу смыслового значения. Он включает в себя три шкалы: сенсорную (перечень ощущений боли), аффективную (воздействие боли на психику) и эвалюативную (оценка интенсивности боли). Первая шкала состоит из 13 разделов, содержащих 52 дескриптора боли. Во второй шкале выделено 6 разделов, содержащих 16 слов-дескрипторов. Третья шкала соответствует 20-му разделу и включает 5 характеристик. В каждом разделе (субшкале) дескрипторы расположены по нарастанию выраженности оцениваемой характеристики.

Обследуемому предоставляли бланк ответа и предлагали выбрать дескрипторы, наиболее соответствующие его ощущениям (только по одному из раздела, но не обязательно из каждого раздела). Образец бланка Мак-Гилловского болевого опросника приведен на рис. 2.1. Сенсорный класс включал в себя с 1 по 14 подклассы, аффективный класс – с 15 по 19 подклассы и эвалюативный класс – 20 подкласс [74].

<b>Какими словами Вы можете описать свою боль?</b>	
<i>1 раздел</i>	
1.1. <input type="checkbox"/>	пульсирующая
1.2. <input type="checkbox"/>	схватывающая
1.3. <input type="checkbox"/>	дергающая
1.4. <input type="checkbox"/>	стегающая
1.5. <input type="checkbox"/>	колющая
1.6. <input type="checkbox"/>	долбящая
<i>2 раздел</i>	
2.1. <input type="checkbox"/>	подобная электрическому разряду, удару тока, выстрелу
<i>3 раздел</i>	
3.1. <input type="checkbox"/>	колющая
3.2. <input type="checkbox"/>	впивающаяся
3.3. <input type="checkbox"/>	буравящая
3.4. <input type="checkbox"/>	сверлящая
3.5. <input type="checkbox"/>	пробивающая
<i>4 раздел</i>	
4.1. <input type="checkbox"/>	острая
4.2. <input type="checkbox"/>	режущая
4.3. <input type="checkbox"/>	полосующая
<i>5 раздел</i>	
5.1. <input type="checkbox"/>	давящая
5.2. <input type="checkbox"/>	сжимающая
5.3. <input type="checkbox"/>	щемящая
5.4. <input type="checkbox"/>	стискивающая
5.5. <input type="checkbox"/>	раздавливающая
<i>6 раздел</i>	
6.1. <input type="checkbox"/>	тянущая
6.2. <input type="checkbox"/>	выкручивающая
6.3. <input type="checkbox"/>	вырывающая
<i>7 раздел</i>	
7.1. <input type="checkbox"/>	горячая
7.2. <input type="checkbox"/>	жгучая
7.3. <input type="checkbox"/>	ошпаривающая
7.4. <input type="checkbox"/>	палящая
<i>8 раздел</i>	
8.1. <input type="checkbox"/>	зудящая
8.2. <input type="checkbox"/>	щиплющая
8.3. <input type="checkbox"/>	разъедающая
8.4. <input type="checkbox"/>	жалящая
<i>9 раздел</i>	
9.1. <input type="checkbox"/>	тупая
9.2. <input type="checkbox"/>	ноющая
9.3. <input type="checkbox"/>	мозжащая
9.4. <input type="checkbox"/>	ломающая
9.5. <input type="checkbox"/>	раскалывающая
<i>10 раздел</i>	
10.1. <input type="checkbox"/>	распирающая
10.2. <input type="checkbox"/>	растягивающая
10.3. <input type="checkbox"/>	раздирающая
10.4. <input type="checkbox"/>	разрывающая
<i>11 раздел</i>	
11.1. <input type="checkbox"/>	разлитая
11.2. <input type="checkbox"/>	распространяющаяся
11.3. <input type="checkbox"/>	проникающая
11.4. <input type="checkbox"/>	пронизывающая
<i>12 раздел</i>	
12.1. <input type="checkbox"/>	царапающая
12.2. <input type="checkbox"/>	саднящая
12.3. <input type="checkbox"/>	дерущая
12.4. <input type="checkbox"/>	пилящая
12.5. <input type="checkbox"/>	грызущая
<i>13 раздел</i>	
13.1. <input type="checkbox"/>	немая
13.2. <input type="checkbox"/>	сводящая
13.3. <input type="checkbox"/>	леденящая
<b>Какие чувства вызывает боль, какое воздействие оказывает на психику?</b>	
<i>14 раздел</i>	
14.1. <input type="checkbox"/>	утомляет
14.2. <input type="checkbox"/>	изматывает
<i>15 раздел</i>	
15.1. <input type="checkbox"/>	чувство тошноты, удушья
<i>16 раздел</i>	
16.1. <input type="checkbox"/>	чувство тревоги, страха, ужаса
<i>17 раздел</i>	
17.1. <input type="checkbox"/>	угнетает
17.2. <input type="checkbox"/>	раздражает
17.3. <input type="checkbox"/>	злит
17.4. <input type="checkbox"/>	приводит в ярость
17.5. <input type="checkbox"/>	приводит в отчаяние
<i>18 раздел</i>	
18.1. <input type="checkbox"/>	обессиливает
18.2. <input type="checkbox"/>	ослепляет
<i>19 раздел</i>	
19.1. <input type="checkbox"/>	боль-помеха
19.2. <input type="checkbox"/>	боль-досада
19.3. <input type="checkbox"/>	боль-страдание
19.4. <input type="checkbox"/>	боль-мучение
19.5. <input type="checkbox"/>	боль-пытка
<b>Как вы оцениваете свою боль?</b>	
<i>20 раздел</i>	
20.1. <input type="checkbox"/>	слабая
20.2. <input type="checkbox"/>	умеренная
20.3. <input type="checkbox"/>	сильная
20.4. <input type="checkbox"/>	сильнейшая
20.5. <input type="checkbox"/>	невыносимая

Рис. 2.1. Бланк русифицированного Мак-Гилловского болевого опросника

Анализировали следующие показатели:

- число выбранных дескрипторов (ЧВД), который рассчитывали как общее число выбранных вербальных характеристик в целом по опроснику;
- ранговый индекс боли (РИБ) – сумма баллов, которые определялись как порядковый номер дескриптора в каждом разделе;
- интенсивность боли – балл, соответствующий порядковому номеру избранного дескриптора в последнем разделе.

ЧВД и РИБ сенсорного класса расценивали как характеристику периферической составляющей боли, ЧВД и РИБ аффективного класса – психо-эмоционального компонента болевого феномена, который имеет центральное происхождение и формируется на различных уровнях функционирования головного мозга

Для оценки пациентами субъективного ощущения боли использовали 10-балльную визуально-аналоговую шкалу, рекомендованную ВОЗ (рис. 2.2). Фиксировали цифрой показатель выраженности боли по субъективной оценке пациента до и после лечения в соответствии с дизайном исследования.



Рис. 2.2. Визуально-аналоговая шкала для субъективной оценки выраженности болевых ощущений

101 (80,2%) пациенту по стандартизированному протоколу выполнена рентгенография шейного отдела позвоночника – в прямой, боковой проекциях и с функциональной нагрузкой (сгибание-разгибание) на аппарате Multix compact K (Siemens). Обследование было проведено в отделе рентгениягностики Диагностического центра ДоКТМО..

118 пациентам проведена магнитно-резонансная томография ШОП на аппарате Philips Ingenia 1,5T (Нидерланды). 8 больным, имеющим металлические импланты, МРТ не выполняли. 29 больным выполнена спиральная компьютерная томография на аппарате Phillips Brilliance 64 (Нидерланды). Исследования проведены в отделе компьютерной и магнитно-резонансной томографии Диагностического центра ДоКТМО по общепринятым методикам.

На основании данных клинического и инструментального обследования всем пациентам врачом-неврологом было назначено и проведено лечение.

Всем пациентам после проведения курса лечения были проведены контрольные осмотры, включавшие клиническое обследование и УЗИ, результаты которых сопоставляли с таковыми до лечения.

## **2.2. Общая характеристика изучаемых групп**

Возрастные характеристики и гендерный состав изучаемых групп приведены в табл. 2.1.

Группа здоровых добровольцев включала 45 студентов в возрасте  $21,3 \pm 0,45$  лет, из которых было 12 мужчин, 33 женщины. Возраст обследованных определялся требованиями к отсутствию дегенеративных изменений ШОП, в связи с чем был достоверно ниже, чем в группе больных ШРП.

Группу больных ШРП составили 126 пациентов от 39 до 69 лет ( $54,7 \pm 9,2$  лет).

Таблица 2.1

**Возрастной и половой состав изучаемых групп**

параметр	Здоровые добровольцы	Пациенты с ШРП
Объем группы, n	45	126
• мужчин	12 (26,7%)	40 (31,7%)
• женщин	33 (73,3%)	86 (68,3%)
Возраст		
• минимальный	21	39
• максимальный	22	69
• средний	21,3±0,45	54,7±9,2

Длительность заболевания (от первых симптомов шейной радикулопатии) значительно варьировала – от 1 месяца до 25 лет (медиана 6 лет). У 21 (16,7%) пациента в анамнезе проведено оперативное лечение по поводу патологии ШОП в объеме, в т.ч.: у 8 (6,3%) – микродискэктомия и спондилодез с установкой кейджа, у 7 (7,1%) – микрохирургическая дискэктомия без стабилизации, у 5 (1,6%) – декомпрессионная ламинэктомия, у 1 (0,8%) – лазерная нуклеопластика. Клиническая картина шейной радикулопатии у пациентов изучаемой группы была типичной для данного заболевания. Проявления и симптомы ШРП были разнообразны.

Как показывают приведенные данные, основным клиническим симптомом была боль в области шеи, предплечье с возможной иррадиацией в пальцы кисти. Выраженность болевых ощущений по 10-балльной визуально-аналоговой шкале у пациентов изучаемой группы значительно варьировала – от 4 до 11 баллов, медиана 7, 1-3 квантили (Q1-Q3) 5-9.

Значительная вариабельность у пациентов изучаемой группы отмечена и в показателях РМБО (табл. 2.2).

Неврологический статус был представлен симптомами натяжения корешков.

Таблица 2.2.

**Характеристики боли у пациентов изучаемой группы по результатам русифицированного Мак-Гилловского болевого опросника**

Параметр РМБР	ОГ, n=38
ЧВД	
• общий	12,8±3,7
• сенсорный	8,6±2,9
• аффективный	3,8±1,2
РИБ	
• общий	29,7±5,5
• сенсорный	18,5±3,1
• аффективный	7,2±2,2
• эвалюативный	3,9±1,4

Компрессионный синдром проявлялся в виде нарушения чувствительности в зоне иннервации пораженных спинномозговых нервов, вялым парезом одного или нескольких пальцев кисти. Выявлялась болезненность при пальпации паравертебральных точек и перкуссии остистых отростков шейного отдела позвоночника. Мышечно-тонический синдром проявлялся напряжением мышц шеи, развитием противоболевого сколиоза в шейном отделе, пациенты принимали характерную анталгическую позу, визуально определялась сглаженность шейного лордоза. Наблюдались вегетативно-трофические нарушения в виде похолодания, побледнения кожных покровов, их истончения, изменения цвета ногтей.

В неврологическом статусе наиболее часто встречались чувствительные нарушения, изменения сухожильных рефлексов (карпорадиальный, с двуглавой мышцы), мышечно-тонический синдром. Двигательные нарушения в виде пареза кисти с амиотрофическим синдромом

и вегетативные расстройства наблюдались реже. Парезы наблюдались чаще в дистальных отделах верхних конечностей, реже в проксимальных отделах.

Клиническая характеристика изучаемой группы отображена в табл. 2.3.

Таблица 2.3.

**Клиническая характеристика группы пациентов с ШРП**

	Проявление заболевания, симптом	абс.	%
1.	Боль в шее	126	100,0
	• односторонняя	89	70,6
	• двусторонняя	38	30,2
2.	Болезненность при пальпации	126	100,0
3.	Мышечно-тонический синдром	120	95,2
4.	Ограничение движений при повороте головы	108	85,7
5.	Сколиоз в шейном отделе	108	85,7
6.	Сглаженность шейного лордоза	104	82,5
7.	Снижение силы в кисти	69	54,8
8.	Изменения сухожильных рефлексов рук	55	43,7
9.	Вегетативно-трофические нарушения	51	40,5
10.	Чувствительные нарушения	41	32,5
	Ограничения движения в руке	39	31,0
11.	Парез пальцев кисти	32	25,4

Количественные значения показателей, характеризующих выраженность неврологических нарушений, у пациентов приведены в табл. 2.4. По результатам лучевых методов исследования были выявлены патологические изменения шейного отдела позвоночника, обобщенные в табл. 2.5.

Таблица 2.4.

**Количественные показатели выраженности неврологических нарушений у пациентов с ШРП**

Параметр (на стороне поражения)	Значение
Угол подъема руки вперед, градусы	
• минимальный	30
• максимальный	90
• средний	52,0±19,6
Угол отведения руки, градусы	
• минимальный	65
• максимальный	100
• средний	79,3±15,1
Сила кисти, кг	
• минимальная	9
• максимальная	22
• средняя	14,1±5,3

Таблица 2.5.

**Частота и характер изменений шейного отдела позвоночника у пациентов изучаемой группы по данным лучевых методов визуализации (рентгенография, КТ, МРТ) (n=126)**

	Патологическое изменение	Абс.	%
1.	Сглаженность шейного лордоза	110	87,3
2.	Сколиоз шейного отдела	51	40,5
3.	Листез	45	35,7
4.	Остеофиты	126	100,0
5.	Протрузия диска	114	90,5
6.	Грыжа межпозвонкового диска	108	85,7

### **2.3. Методика изготовления фантома и использования его для отработки методики исследования шейного отдела**

Для отработки методики исследования ШОП и спинномозговых нервов был предложен специализированный фантом. В качестве прототипа был взят желатиновый фантом для обучения технике пункционных вмешательств, предложенный А.Д. Зубовым и соавт. [36, 67]. Прототип был изменен и усовершенствован в соответствии с поставленными задачами – освоение и отработка методики исследования ШОП и спинномозговых нервов.

Разработанный фантом представляет собой емкость цилиндрической формы из немагнитного материала (пластика), жестко зафиксированную на основании. В центральной части емкости выполнены прорезы прямоугольной формы, высота которых составляет  $2/3 - 3/4$  длинной оси цилиндра, а ширина – до половины периметра емкости в поперечном сечении. Конструкцией предусмотрена техническая возможность плотного закрытия указанных отверстий вырезанными фрагментами емкости (крышками).

В качестве объекта-имитатора использовали фрагмент тела животного (овцы), а именно освобожденную от кожного покрова шейную часть, содержащую все шейные позвонки и верхний участок грудины, а также все мягкотканые структуры – нервы, мышцы, щитовидную железу, лимфатические узлы и пр. После соответствующей антисептической обработки данный фрагмент помещали в емкость таким образом, чтобы область, содержащая шейные позвонки, располагалась напротив прорези.

Прорези плотно закрывали крышками, емкость переворачивали в вертикальное положение и через клапан в верхнем торце заполняли фиксирующим раствором на основе желатина в концентрации 100 г/л, который также содержал антисептик и органическую жировую эмульсию для обеспечения непрозрачности фантома. Сохраняя вертикальное положение, емкость охлаждали до застывания желатинового наполнителя, после чего фантом был готов к использованию.

При условии хранения при температуре около 5<sup>0</sup>С срок службы фантома составляет 10-15 суток и ограничен биологической деструкцией объекта-имитатора. При механическом повреждении рабочей поверхности фантома возможно ее восстановление путем кратковременного нагревания до 45-50<sup>0</sup>С при закрытой крышке с последующим застыванием в вертикальном положении.

#### **2.4. Методика ультразвуковых исследований**

Ультразвуковые исследования были проведены в отделах Диагностического центра ДоКТМО: ультразвуковых исследований и хирургического. Использовали ультразвуковые сканеры Toshiba Aplio 500 (Япония), Радмир Ультима (Украина). Датчик избирали в зависимости от объекта ультразвуковой визуализации: для исследования вертебральных структур преимущественно использовали конвексный датчик с частотой 3,5-5,0 МГц, для визуализации мягкотканых структур (нервов, сосудов, мышц) – линейный мультисекторный датчик с частотой 7,5-12,0 МГц.

УЗИ проводили без предварительной подготовки пациента. Визуализацию осуществляли из заднего и передне-бокового доступов. УЗИ выполняли в положении пациента сидя с опущенной (задний доступ) либо запрокинутой назад (передне-боковой доступ) головой, или лежа на животе (задний доступ) либо на спине (передне-боковой доступ). Основным доступом являлся передне-боковой справа и слева при положении пациента лежа на спине с валиком под шеей либо без такового (рис. 2.3).

УЗИ начинали с визуализации позвоночного столба в шейном отделе.



а



б

Рис. 2.3. УЗ сканирование из передне-бокового доступа, внешний вид:  
 а – исследование позвоночного столба, доступ слева, датчик 3,5-5,0 МГц;  
 б – исследование мягкотканых структур, доступ справа, датчик 7,5-12 МГц

Использовали датчик 3,5-5,5 МГц, при необходимости (у гипостеников) – линейный 7,5-12,0 МГц. Осуществляли УЗ визуализацию и

идентификацию тел позвонков из передне-бокового доступа справа и слева в продольном и поперечном сканировании, начиная с нижней части шейного отдела позвоночника, т.е. с позвонка С7. УЗ датчик располагали над грудино-ключичным сочленением, находили структуру, по эхографическим характеристикам соответствующую позвонку, и идентифицировали ее как позвонок С7. Если встречали затруднения визуализации, что имело место у гиперстеников с короткой шеей, перемещали датчик вдоль позвоночного столба краниальнее на 2-3 см и находили позвонок С6. Далее датчик постепенно перемещали вверх в сагиттальной плоскости, последовательно осуществляя при этом идентификацию всех тел позвонков и межпозвонковых дисков. Делали 2-3 УЗ снимка, охватывающих все шейные позвонки в сагиттальной плоскости (рис. 2.4), либо один панорамный снимок в режиме панорамного сканирования. В этой плоскости сканирования оценивали в режиме реального времени либо на снимке взаиморасположение тел позвонков, их возможное смещение, при наличии такового определяли направленность (кпереди, кзади), измеряли глубину смещения.

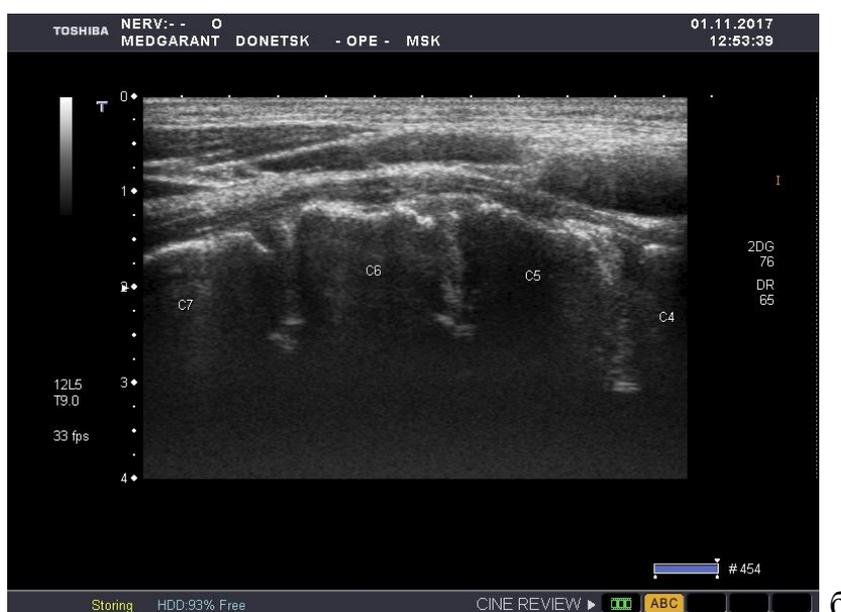


Рис. 2.4. УЗ изображение, получаемое при продольном сканировании области шейного отдела позвоночника из переднебокового доступа

В доступном для УЗ визуализации диапазоне измеряли высоту межпозвонковых дисков, которую определяли как расстояние между контурами тел позвонков (рис. 2.5). При неравномерном снижении высоты диска регистрировали максимальную его высоту.

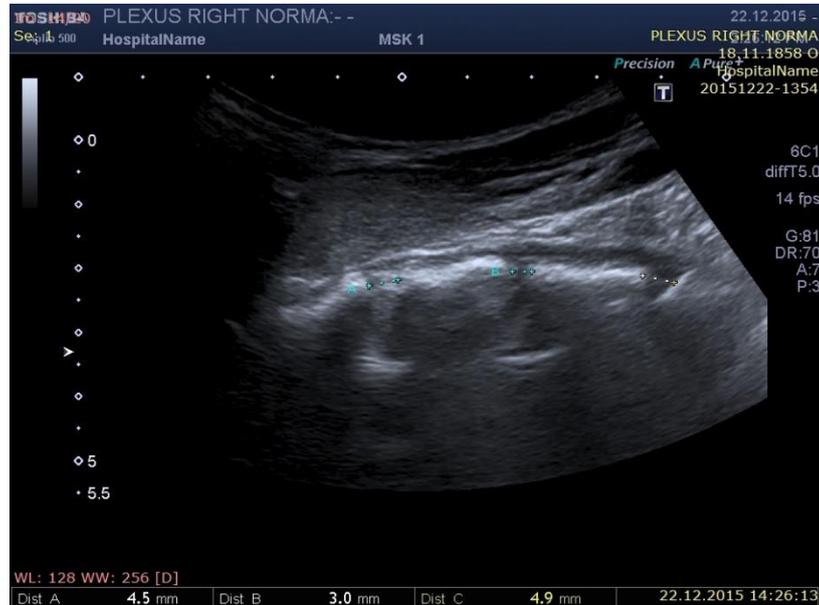


Рис. 2.5. Определение высоты межпозвонковых дисков по данным УЗИ из передне-бокового доступа справа в продольном сканировании

Проводили сопоставление высоты дисков по данным УЗИ и других методов лучевой визуализации (рентгенография, КТ, МРТ).

Далее вновь опускали датчик на уровень С7, изменяли плоскость сканирования на трансверсальную (поперечную в отношении позвоночного столба). Не изменяя избранной плоскости, датчик продвигали вверх вдоль переднего края грудино-ключично-сосцевидной мышцы, при этом последовательно оценивали доступные для визуализации межпозвонковые диски, позвоночный канал и нервные стволы на их уровне.

Вертебральные и нервные структуры, не визуализируемые либо недостаточно полностью при УЗИ, при статистическом анализе количественных критериев не учитывали.

**Методика сканирования из заднего доступа.** Исследование проводили в положении пациента на животе, с максимально наклоненной кпереди головой (рис. 2.6). Датчик размещали на уровне шейных позвонков последовательно справа и слева от позвоночного столба в продольном и поперечном положениях. Изменяя угол наклона датчика, стремились охватить плоскостью сканирования структуры, входящие в шейный отдел позвоночника.



Рис. 2.6. Положение датчика при исследовании шейного отдела позвоночника из заднего доступа

**Методика УЗИ мягкотканых структур.** После изучения вертебральных компонентов переходили к УЗ визуализации мягкотканых структур – нервов, сосудов, мышц, для чего использовали линейный датчик 7,5-12,0 МГц.

Датчик располагали продольно на передне-боковой поверхности верхней и средней трети шеи таким образом, чтобы в секторе сканирования определялись боковые отростки шейных позвонков. За естественный анатомический ориентир принимали изображение позвоночной артерии, располагающейся в костном канале, после ее выведения в сектор

сканирования явления датчик медленно смещали в дорсально-краниальном направлении до обнаружения в области сканирования гиперэхогенных структур с четкой акустической тенью, анатомически соответствующих телам и боковым отросткам позвонков. При этом доступными для визуализации становились расположенные межмышечно гипозоногенные тяжи, выходящие из позвоночного ствола – спинномозговые нервы (рис. 2.7).

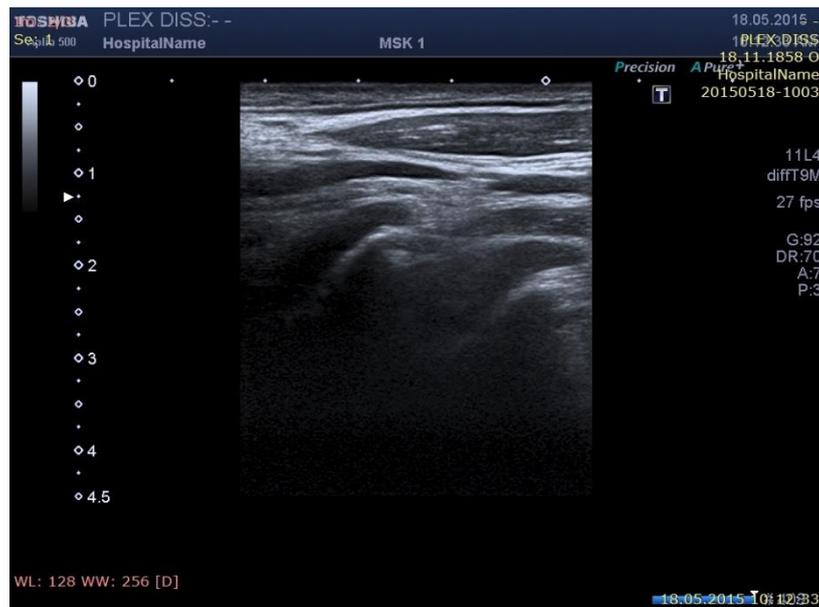


Рис. 2.7. УЗ визуализация спинномозговых нервов по данным УЗИ из передне-бокового доступа слева в продольном сканировании

Определяли уровень выявленного спинномозгового нерва по соответствию его расположения шейному позвонку. Располагали плоскость сканирования таким образом, чтобы на изображении получить качественное изображение максимально большего количества нервов в продольном сечении. Выполняли необходимое количество (2-3) снимков, чтобы зафиксировать все доступные для визуализации нервы в продольном сечении, либо получали панорамное изображение посредством методики панорамного сканирования. На статичном снимке измеряли диаметр каждого из эхографически визуализируемых нервов от его гиперэхогенной границы, т.е адвентициальной оболочки. Измерения диаметра нерва производили в

двух точках. Первое измерение производили непосредственно в месте выхода нерва из позвоночного столба (проксимальный диаметр). Второе измерение диаметра производили на расстоянии 35-40 мм от этой точки, после участка углового изгиба нерва (дистальный диаметр).

Прослеживали ход визуализируемых спинномозговых нервов до соответствующих нервных сплетений – шейного и плечевого – на предмет выявления возможных участков компрессии и других изменений.

В случае, если эхографически был выявлен остеофит как причина компрессии нерва, в продольном сканировании определяли локализацию участка сужения нерва. Диаметр нерва измеряли до зоны компрессии и на расстоянии 2-3 мм дистальнее.

Повторяли весь процесс с контралатеральной стороны.

Полученные данные сопоставляли с результатами исследования другими методами лучевой визуализации (рентгенография, КТ, МРТ).

Проводили хронометраж исследования спинномозговых нервов с измерением диаметров в двух точках по классической методике и предложенной методике с использованием режима панорамного сканирования. Хронометраж проведен у 30 здоровых обследуемых справа и слева, всего 60 измерений по классической и 60 – по собственной методикам. Длительность исследования измеряли секундомером начиная с момента начала исследования и завершая измерением второго размера последнего нерва, доступного для визуализации из передне-бокового доступа на одной из сторон, после чего рассчитывали среднее время, затраченное на исследование одного нерва (с измерением диаметра в двух точках), посредством деления полученного временного интервала на количество изученных нервов.

Оценку изменений вертебральных и нервных структур после консервативной терапии у 70 пациентов и хирургического лечения у 21 пациента производили по вышеописанным собственным методикам.

**Методика исследования в режиме Fusion.** Для исследования в режиме Fusion использовали данные предварительно проведенных КТ или МРТ. Применяли специальную Fusion-приставку к УЗ сканеру.

Генератор магнитного поля располагали в непосредственной близости к кушетке пациента. На ультразвуковой датчик помещали магнитный сенсор, определяющий положение датчика в пространстве. С внешнего носителя в память УЗ сканера загружали данные КТ- или МРТ-обследования. Осуществляли первичную синхронизацию ультразвукового и томографического изображений ручным способом с установкой идентичных референсных меток, после чего выполняли синхронизированное мультимодальное исследование зоны интереса в режиме Fusion.

## **2.5. Методика оценки результатов лечения шейной радикулопатии с использованием ультразвуковой визуализации**

Для оценки роли УЗИ в определении персонифицированной тактики лечения больных ШРП проведены исследования на материале 38 больных – основная группа терапии (ОГ-Т). Критерием включения в исследуемую группу являлось наличие дегенеративно-дистрофического процесса в ШОП с клиническими проявлениями. Из анализа были исключены больные, клинико-неврологические симптомы радикулопатии у которых возникли после перенесенной травмы. Тактику консервативного лечения больных ОГ избирали индивидуализировано, основываясь на разработанном нами алгоритме.

В группу сравнения терапии (ГС-Т) вошли 32 пациента с ШРП, тактика консервативной терапии у которых избиралась эмпирически, с учетом клинической симптоматики и данных обследований методами рентгенографии, СКТ, МРТ. Группы были рандомизированы и сопоставимы по возрастному, половому составу и степени тяжести заболевания.

Оценивали длительность терапии до достижения лечебного эффекта. До и после лечения оценивали частоту снижения сухожильных рефлексов, чувствительных нарушений, ограничения движения в руке и уменьшение силы кисти. Для количественной оценки результатов лечения определяли параметры на стороне поражения: подвижность в плечевом суставе (угол подъема руки вперед и угол отведения руки) в градусах, а также силу кисти, которую измеряли ручным динамометром. В связи со значительной вариабельностью исходных показателей оценивали не абсолютные значения после лечения, а разность (прирост, снижение) показателей у каждого конкретного пациента до и после лечения в процентах к исходному (т.е. градиент). Для оценки болевого синдрома использовали русифицированный Мак-Гилловский болевой опросник.

Эффективность выполнения тканевых паравертебральных блокад под УЗ контролем оценивали по результатам лечения 34 пациентов – основная группа блокады (ОГ-Б). Критерием включения в исследуемую группу являлось наличие ШРП с клиническими проявлениями, не купируемыми консервативными методами. В группу сравнения (ГС-Б) вошли 32 пациента с ШРП, паравертебральная блокада у которых выполнена по традиционной методике на основании топографо-анатомических ориентиров и данных пальпации. Группы были рандомизированы и сопоставимы по возрастному, половому составу и степени тяжести заболевания.

Для блокады использовали глюкокортикостероидный препарат (флостерон 7 мг/мл – 1 мл либо дипроспан 2+5 мг/мл – 1 мл) в сочетании с местным анестетиком ультракаином 1% раствор 1,7 мл. Смесь приготавливали непосредственно в шприце. Использовали длинную инсулиновую иглу (13 мм) диаметром 26-27 G. Манипуляцию выполняли с соблюдением правил асептики. Положение пациента – сидя с головой, опущенной на опирающиеся на стол руки.

В ГС-Б паравертебральную блокаду выполняли по стандартной методике. При пальпации паравертебрально на расстоянии 1,5-2,0 см от

остистых отростков находили, основываясь на ощущениях пациента, максимально болезненную точку между поперечными отростками. Проводили иглу на глубину 10-13 мм, основываясь на тактильных ощущениях, производили инъекцию препарата. Количество вводимого препарата определяли эмпирически, в среднем 0,5-0,7 мл. Процедуру повторяли 3-4 раза, выполняя инъекции в точках максимальной болезненности, паравертебрально выше или ниже места первой инъекции либо по ходу пораженного нерва.

В ОГ-Б паравертебральную блокаду выполняли по собственной методике под контролем УЗ визуализации из заднего доступа. Инъекции выполняли в участки, избираемые на основании данных УЗИ, под непрерывным УЗ контролем, при оценке адекватности распространения препарата.

Эффективность процедуры оценивали через 15 мин. после ее выполнения путём анализа изменения выраженности болевого синдрома и клинико-неврологического статуса пациентов. Пациенту предлагали оценить выраженность боли по РМБО. Также оценивали динамику снижения сухожильных рефлексов, чувствительных нарушений, ограничения движения в руке и уменьшение силы кисти по методикам, соответствующим таковым при определении эффективности консервативной терапии.

Через 14 суток производили контрольный осмотр. Исходя из интенсивности болевого синдрома либо повторяли паравертебральную блокаду, либо, при удовлетворительных результатах, лечение продолжали консервативными методами. В случаях, если пациент обращался с жалобами на сильные боли в шее, повторные блокады выполняли в более ранние сроки. Оценивали длительность лечения (количество процедур паравертебральных блокад) до достижения лечебного эффекта.

## 2.6. Методика статистической обработки данных

В работе использовали общепринятые методы параметрической и непараметрической статистики. Полученные массивы данных проверяли на нормальность распределения для выбора адекватного критерия статистической обработки. Для характеристики выборки рассчитывали среднюю величину, стандартную ошибку средней (среднеквадратичное отклонение), дисперсию, для характеристики распределения данных, в т.ч. отличного от нормального, определяли медиану и 25%-75% процентиля (первый и третий квартили) – Q1-Q3.

Для обработки данных, имеющих нормальный закон распределения, использовали следующие критерии. Сравнение дисперсий осуществляли по критерию Фишера, сравнение средних – по Т-критерию Стьюдента для выборок с равными или неравными дисперсиями; для определения взаимосвязи данных рассчитывали коэффициент корреляции Спирмена.

Учитывая, что для распределения, отличного от нормального, медиана является более устойчивой и корректной для оценки центра распределения, при анализе непараметрических данных использовали сравнение медиан, в частности, использовали непараметрический медианный критерий, критериальное и критическое значения которого рассчитывали по методу  $\chi^2$ , и критерий знаков. Множественные сравнения осуществляли с использованием заключения о линейных контрастах Шеффе.

Сравнение удельного веса альтернативных признаков производили по методу таблицы 4-х полей, являющемуся частным случаем метода  $\chi^2$ .

По стандартным методикам рассчитывали чувствительность, специфичность, точность, положительную и отрицательную прогностическую ценность диагностических методов:

- чувствительность: процент пациентов, имеющих данное заболевание, у которых получены положительные результаты:

$$\text{ЧУВСТВ} = \text{ИП} / (\text{ИП} + \text{ЛО}) \quad (2.1);$$

- специфичность: процент пациентов, не имеющих данного заболевания, у которых получены отрицательные результаты:

$$\text{СПЕЦИФ} = \text{ИО} / (\text{ИО} + \text{ЛП}) \quad (2.2);$$

- точность: всего процент правильных результатов:

$$\text{ТОЧН} = (\text{ИО} + \text{ИП}) / (\text{ИО} + \text{ИП} + \text{ЛО} + \text{ЛП}) \quad (2.3);$$

- положительная предсказывающая ценность (ППЦ): вероятность заболевания (в процентах) при положительных результатах;

$$\text{ППЦ} = \text{ИП} / (\text{ИП} + \text{ЛП}) \quad (2.4);$$

- отрицательная предсказывающая ценность (ОПЦ): вероятность отсутствия заболевания (в процентах) при отрицательных результатах:

$$\text{ОПЦ} = \text{ИО} / (\text{ИО} + \text{ЛО}) \quad (2.5),$$

где: ИП – истинно положительные,  
 ИО – истинно отрицательные,  
 ЛП – ложноположительные,  
 ЛО – ложноотрицательные результаты.

### РАЗДЕЛ 3

## УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА У ЗДОРОВЫХ ЛИЦ

### 3.1. Анализ доступов для ультразвукового исследования межпозвонковых дисков шейного отдела позвоночника и спинномозговых нервов

УЗИ шейного отдела позвоночника возможно проводить при положении пациента сидя или лежа на спине. Однако в процессе проведения исследований установлено, что положение сидя является дискомфортным для пациента, особенно при наличии выраженного болевого синдрома, приводит к быстрому утомлению, произвольным движениям, затрудняющим выполнение исследования. Кроме того, при использовании передне-бокового доступа у 6 (42,9%) из 14 пациентов при длительном нахождении в положении с закинутой назад головой наблюдали т.н. «синдром Микеланджело» в виде головокружения, потемнения в глазах, обморока вследствие нарушения кровоснабжения головного мозга. Также при исследовании группы больных с шейной радикулопатией отмечено, что при состояниях, сопровождающихся болью в шее, в т.ч. острой, пациенту легче найти и поддерживать позу, не сопровождающуюся усилением боли, в положении лежа. Качество визуализации не зависело от положения пациента, однако невозможность последнего длительно находиться в необходимой позе затрудняло процесс исследования. Таким образом, исходя из комфорта пациента оптимальным считали проведение исследования в положении пациента лежа.

В настоящее время используются два доступа для УЗИ шейного отдела позвоночника и мягких тканей: передне-боковой (справа и слева) и задний.

Проведен сравнительный анализ информативности метода УЗИ ШОП и исходящих из него нервов, осуществляемого из указанных доступов.

Оценивали достаточность визуализации интересующих структур (позвонков, межпозвонковых дисков, нервных стволов).

УЗ исследование из заднего доступа (положение пациента лежа на животе) проводили конвексным датчиком 3,5-5,0 МГц или линейным 7,5-12,0 МГц в проекциях: продольной по срединной линии (рис. 3.1 а), продольной по линии, отстоящей от срединной на 2-3 см справа и слева (рис. 3.1 б), поперечной (рис. 3.1 в) визуализировали дорсальную поверхность позвонков шейного отдела в виде гиперэхогенных структур, высота которых соответствовала анатомической норме размеров позвонков шейных отделов по данным рентгенографии и МРТ. Визуализации были доступны 2-4 позвонка в диапазоне С3-С7. Указанные структуры давали мощную акустическую тень, которая затрудняла визуализацию нижележащих структур, не позволяла оценить состояние межпозвонковых дисков и мягкотканых структур (рис. 3.1). Идентификацию уровня позвонков произвести не представлялось возможным.

Гиперэхогенные структуры – позвонки – перемежались более гипозоногенными структурами толщиной 0,4-0,6 см – межпозвонковыми дисками. Таким образом, при УЗ исследовании из заднего доступа возможно получить информацию только о положении и состоянии дорсальной поверхности плотных костных структур шейного отдела. Такие данные малоинформативны, поскольку позволяют выявить только грубейшие нарушения (переломы, пороки развития), и не являются целью метода УЗД. Визуализировать нервы и другие мягкотканые структуры в области шейного отдела позвоночника не представлялось возможным, поскольку их перекрывала мощная акустическая тень от тел позвонков.

Полученные данные свидетельствуют, что ультразвуковая визуализация из заднего доступа не предоставляет достаточной информации для исследования шейного отдела позвоночника и выходящих нервных стволов для выявления изменений, характерных для шейной радикулопатии.

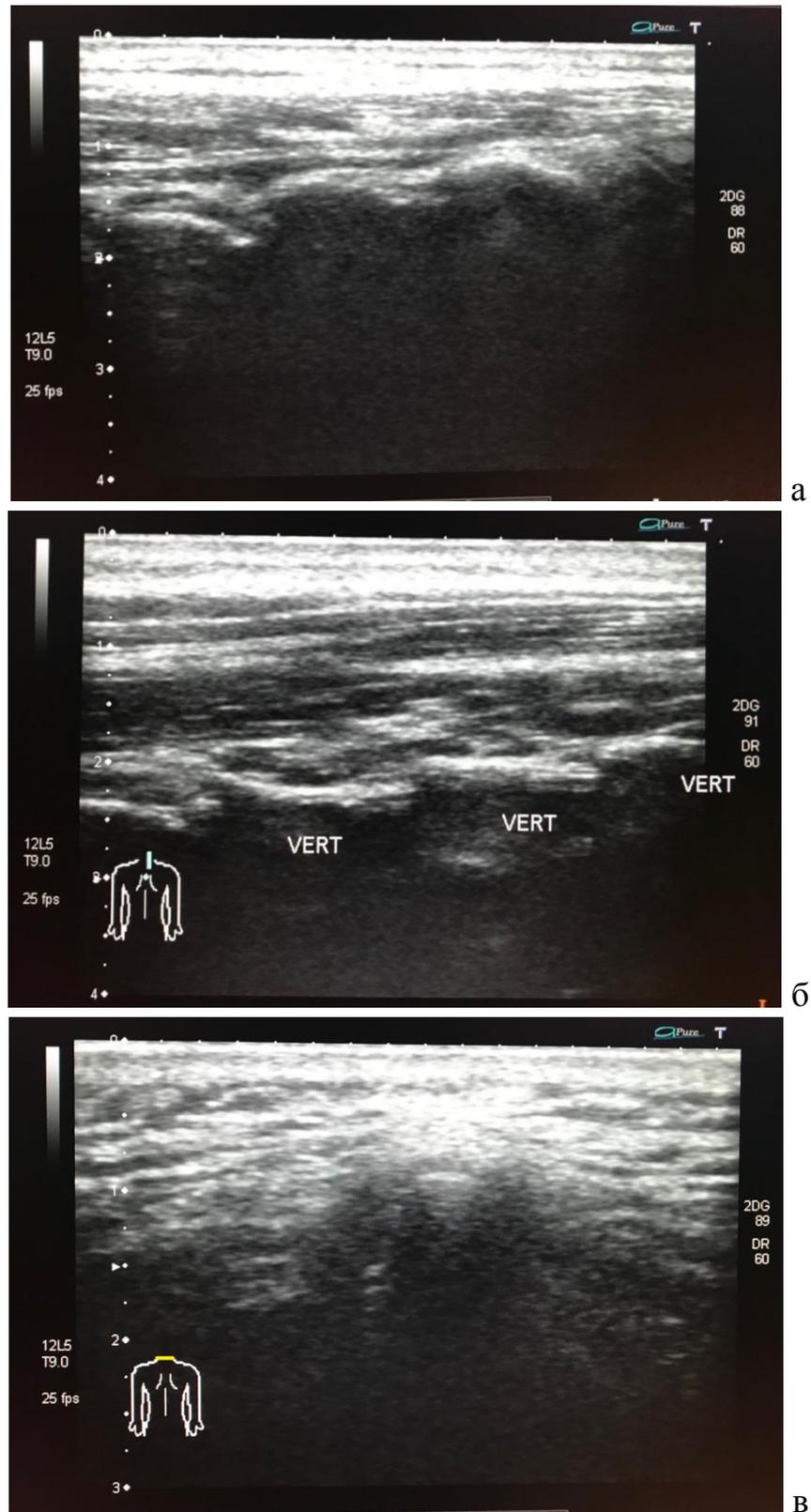


Рис. 3.1. УЗ визуализация области шейного отдела позвоночника из заднего доступа, линейный датчик 7,5-12,0 МГц (пояснения в тексте)

При исследовании из передне-бокового доступа конвексным датчиком 3,5-5,0 МГц во всех случаях удавалось визуализировать шейный отдел позвоночника: позвонки в виде гиперэхогенных структур с четкими контурами и выраженной акустической тенью, и гипоэхогенные промежутки между ними – межпозвонковые диски (рис. 3.2). Кроме того, отмечено, что при исследовании из передне-бокового доступа возможно идентифицировать уровень позвонка путем нахождения внешнего анатомического маркера, которым является грудинно-ключичное сочленение, уровню локализации которого соответствует тело позвонка С7, располагающееся под ним. Идентификация позвонка С7 позволяет произвести правильный отсчет уровня изучаемого позвонка и/или межпозвонкового диска.



Рис. 3.2. Тела позвонков С4-С7 (указаны стрелками). УЗИ из передне-бокового доступа справа, продольная проекция, конвексный датчик 3,5-5,0 МГц

В поперечном сканировании при перемещении датчика вдоль позвоночного столба гиперэхогенные участки (позвонки) чередовались с гипоэхогенными (дисками) (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Неизмененный межпозвонковый диск (обозначен стрелкой).  
УЗ сканирование, поперечная проекция, конвексный датчик 3,5-5,0 МГц

При смене УЗ датчика на линейный 7,5-12,0 МГц возможными для визуализации становились мягкотканые структуры – нервы, сосуды, связки (рис. 3.4).

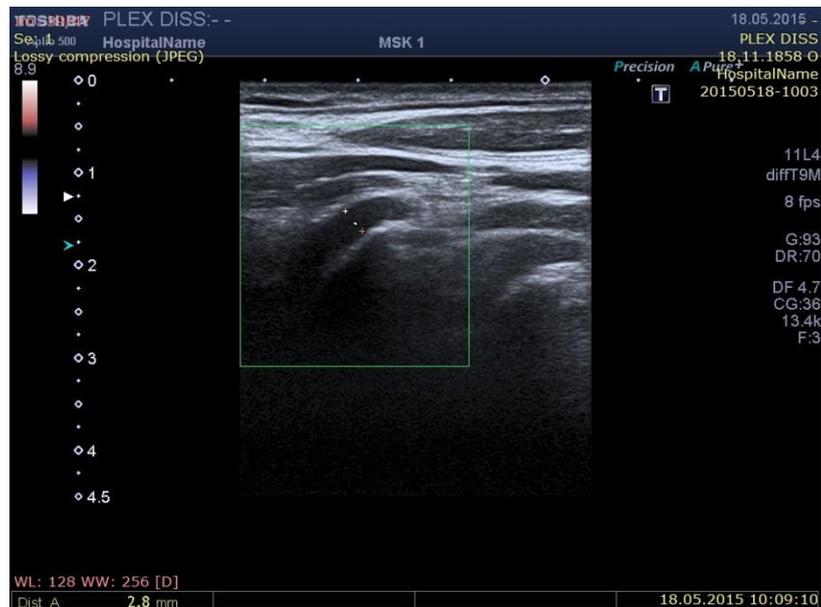


Рис. 3.4. Нервные стволы C5-C6, C6-C7, выходящие из спинномозгового канала. УЗ сканирование, продольная проекция, линейный датчик 7,5-12,0 МГц

Данные структуры хорошо определялись, поддавались идентификации и измерению, что указывало на адекватность используемого доступа для изучения мягкотканых структур области шейного отдела позвоночника.

Таким образом, установлено, что наиболее информативным доступом для УЗИ области шеи является переднебоковой справа и слева. Из этого доступа возможно визуализировать тела позвонков, отростки, остеофиты, а также мягкотканые структуры – связки, нервы, сосуды. Проведенный анализ свидетельствует, что при исследовании шейного отдела позвоночника оптимальным является положение пациента лежа на спине с валиком под шеей либо без такового.

### **3.2. Фантом для освоения техники ультразвуковой визуализации шейного отдела позвоночника и соответствующих мягкотканых структур**

Шейный отдел позвоночника является областью, сложной для ультразвуковой визуализации в связи с наличием эхоплотных костных структур, дающих выраженную акустическую тень, препятствующую исследованию. Кроме того, даже при уверенной визуализации структуры ее зачастую трудно идентифицировать, поскольку данная анатомическая область имеет сегментарное строение и состоит из ряда последовательных позвоночных сегментов, имеющих сходные эхографические характеристики и включающих: позвонок и его отростки, межпозвонковый диск, спинномозговые нервы. Так, на отдельных снимках невозможно достоверно дифференцировать, например, позвонки С3 и С4, для определения уровня исследуемого позвонка необходимо, опираясь на внешние анатомические ориентиры, визуализировать позвонок С7, от которого путем отчета идентифицировать вышележащие. Для идентификации уровня межпозвонковых дисков и спинномозговых нервов также необходимо сначала вышеизложенным способом определить уровень позвонка.

Указанные трудности предъявляют особые требования к обучению специалистов навыкам визуализации шейного отдела позвоночника и соответствующих ему мягкотканых структур, в частности, выработки динамических стереотипов по определению уровня позвоночных сегментов (позвонок-диск-нерв). Выработка таких навыков требует длительных тренировок по визуализации шейного отдела позвоночника с обратной связью для оценки правильности идентификации уровня позвонка. Отработка техники визуализации на пациенте или добровольце затруднительна, поскольку требует длительного нахождения обследуемого в неподвижном состоянии и постоянного присутствия высококвалифицированного специалиста, осуществляющего контроль идентификации.

Для оптимизации процесса обучения навыкам визуализации шейного отдела позвоночника нами был предложен специализированный фантом. За основу был взят желатиновый фантом для обучения технике пункционных вмешательств, предложенный А.Д. Зубовым и соавт. [36, 67]. Прототип был изменен и усовершенствован в соответствии с задачами обучения.

Внешний вид фантома представлен на рис. 3.5. После снятия одной из крышек крышки рабочая часть фантома представляла собой боковую поверхность цилиндра, по упругости и консистенции близкую к поверхности тела человека и не деформирующуюся при умеренном нажатии, соответствующем степени компрессии датчиком. В толще непрозрачного наполнителя располагался объект-имитатор, доступный для ультразвуковой визуализации из заднего или переднего и передне-боковых справа и слева доступов.



а



б

Рис. 3.5. Фантом для отработки навыков УЗ визуализации шейного отдела позвоночника и соответствующих мягкотканых структур:

а – внешний вид

б – ультразвуковое исследование объекта-имитатора, конвексный датчик 3,5-5,0 МГц, поперечное сканирование

При УЗ исследовании удавалось визуализировать позвоночный столб (шейный отдел), верхнюю часть грудины, мягкотканые анатомические структуры шеи (рис. 3.6).

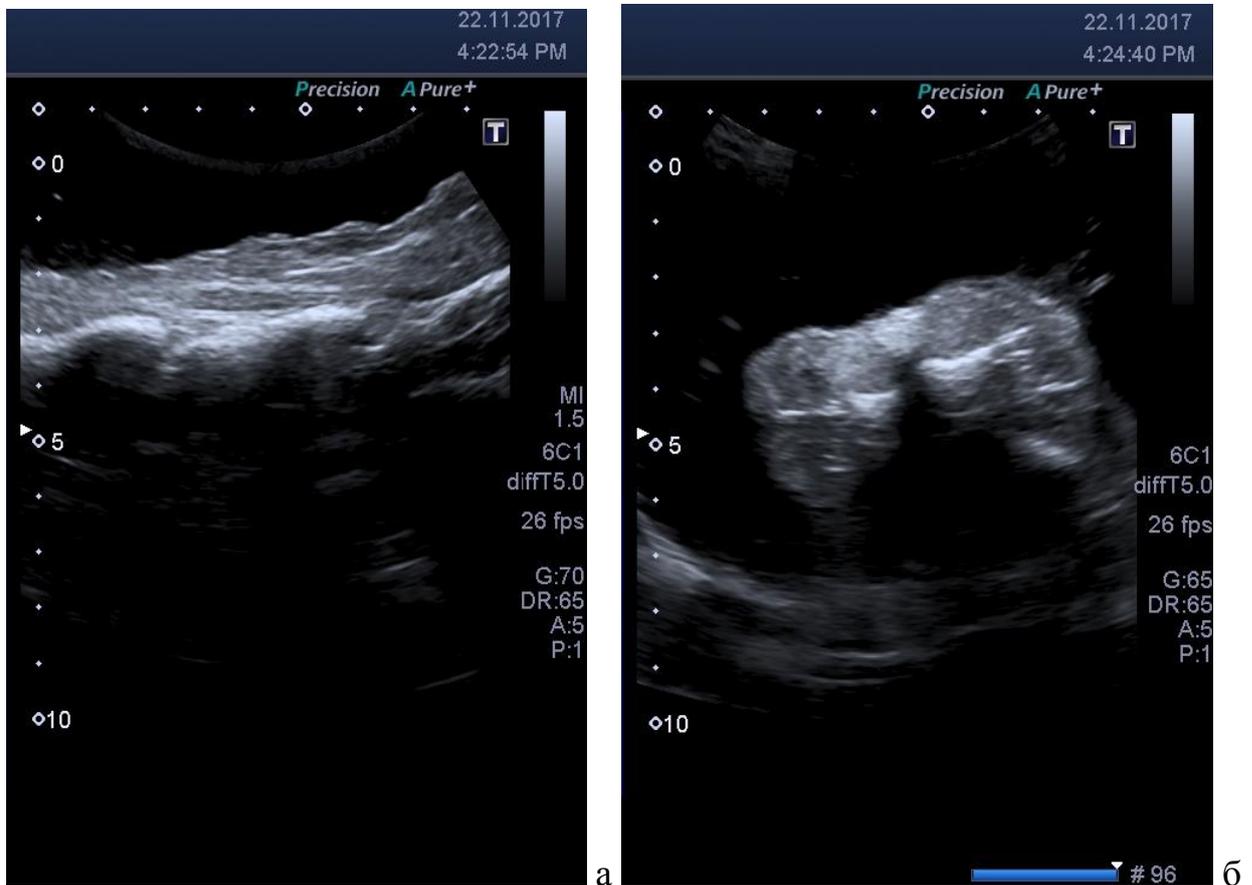


Рис. 3.6. УЗ исследование фантома в продольной (а) и поперечной (б) проекции из заднего доступа, конвексный датчик 3,5-5,0 МГц

Эхографически определялись обращенные к датчику поверхности позвонков (на приведенном рис. 3.6 – дорсальные) в виде гиперэхогенных элементов, дающих мощную акустическую тень, препятствующую визуализации расположенных глубже структур.

На УЗ изображениях в продольной проекции (рис. 3.6 а) производили измерения высоты межпозвонковых дисков, из передне-бокового доступа определяли диаметр спинномозговых нервов. После получения количественных данных фантом препарировали и производили

непосредственное измерение указанных структур с помощью штангенциркуля.

Сопоставление данных о размерах анатомических структур показало отсутствие значимых различий между значениями высоты межпозвонковых дисков и диаметров спинномозговых нервов, полученными эхографически и путем непосредственного их измерения (парный двухвыборочный t-критерий Стьюдента для зависимых совокупностей). Таким образом, получаемые эхографически данные о размерах изучаемых структур соответствуют реальным анатомическим параметрам, что позволяет считать их репрезентативными и использовать в клинической практике и научных исследованиях.

Для выработки навыков идентификации анатомических структур, визуализируемых эхографически, прежде всего, определения уровня позвоночных сегментов (позвонков, межпозвонковых дисков, спинномозговых нервов) нами предложен принципиально новый подход к обучению, основанный на применении технологии Fusion. Данная технология обеспечивается математическим аппаратом УЗ сканера либо специальной приставкой к нему.

Сущность технологии Fusion состоит в мультимодальной визуализации, т.е. в сочетанном применении разных методов лучевой диагностики, одним из которых является УЗИ в реальном масштабе времени, другим – предварительно выполненные КТ, МРТ, ангиография и пр.

Для проведения обучения и освоения методики УЗ визуализации шейного отдела позвоночника нами был изготовлен фантом по вышеописанной технологии. Далее выполнена компьютерная томография фантома с архивированием изображений на лазерный диск.

При применении технологии Fusion на экран УЗ сканера одновременно выводится эхографическое изображение зоны, визуализируемой в реальном времени, и ее КТ-реконструкция в той же плоскости. Одновременную УЗ и КТ визуализацию осуществляли следующим образом. К УЗ сканеру присоединяли приставку-трансмиттер, обеспечивающую режим Fusion (рис. 3.7 а). Загружали с внешнего носителя данные КТ в память компьютера УЗ сканера (рис. 3.7 б). Специальный излучатель (рис. 3.7 в) генерировал магнитное поле в зоне расположения исследуемого объекта (в описываемом случае – фантома). На УЗ датчик закрепляли специальный сенсор (рис. 3.7 г), который позволяет определить нахождение датчика в пространстве.

Для достижения синхронизации УЗ и КТ изображения избирали ручной способ: находили КТ-скан, соответствующий эхографическому изображению, получаемому в данный момент, и вручную выставляли референсные метки, идентичные на КТ и УЗ изображениях. В качестве референсных точек избирали легко идентифицируемые по УЗИ и КТ структуры, в частности, верхний край грудины, первый шейный позвонок. Проводили первичную и финальную синхронизацию, по окончании которой любое изменение положения УЗ датчика вело к автоматическому получению синхронизированного томорафического (рис. 3.8), после чего приступали к выполнению исследований в режиме Fusion.



а



б



в



г

Рис. 3.7. Техническое обеспечение исследования в режиме Fusion:  
 а – приставка-трансммиттер, обеспечивающая работу в режиме Fusion;  
 б – загрузка результатов КТ в память компьютера УЗ сканера;  
 в – генератор магнитного поля  
 г – магнитный сенсор, закрепленный на ультразвуковом датчике

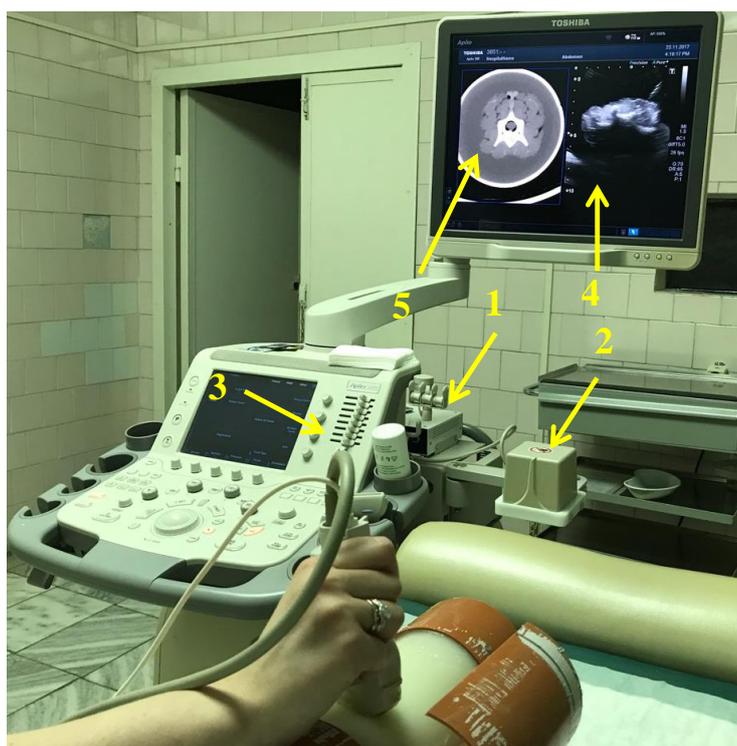


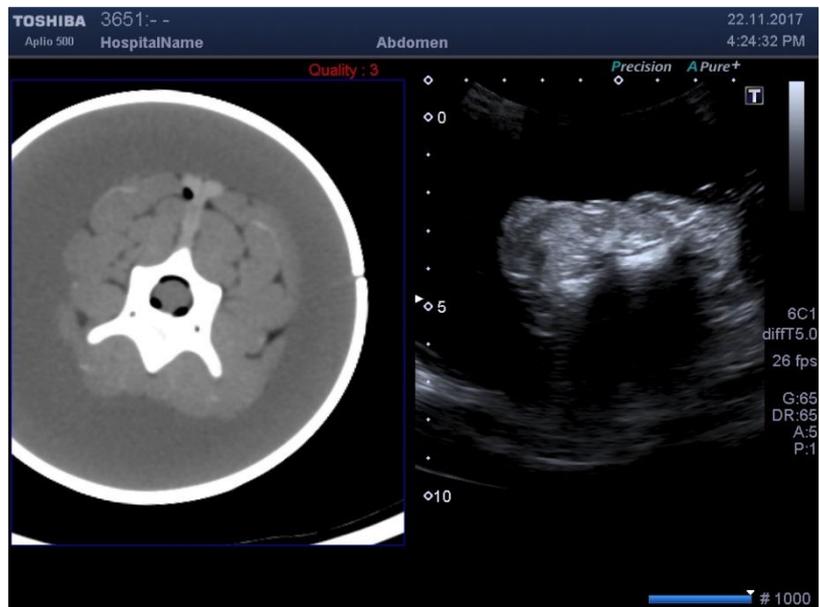
Рис. 3.8. Проведение исследования фантома в режиме Fusion:

- 1 – приставка-трансммиттер, обеспечивающая работу в режиме Fusion;
- 2 – генератор магнитного поля;
- 3 – магнитный сенсор, закрепленный на ультразвуковом датчике;
- 4 – УЗ изображение;
- 5 – синхронизированное КТ-изображение

Исследование фантома в режиме Fusion осуществляли следующим образом. Эхографически визуализировали анатомическую структуру, идентифицировали ее, определяли сегментарный уровень, после чего верифицировали УЗ заключение посредством сопоставления его с данными КТ (рис. 3.9). Последовательность действий повторяли для следующей структуры и т.д.



а



б

Рис. 3.9. Мультимодальное изображение фантома шейного отдела, получаемое в режиме Fusion: а – продольное сканирование, б – поперечное сканирование

Таким образом, использование предложенного фантома позволило отрабатывать навыки УЗ визуализации и идентификации структур шейного отдела позвоночника и контролировать правильность заключений на основании данных референтного метода исследования – КТ.

### **3.3. Ультразвуковые характеристики вертебральных структур шейного отдела у здоровых лиц**

Ультразвуковые характеристики вертебральных структур шейного отдела были изучены у 45 здоровых лиц.

Для исследования нормальной эхографической картины и контроля идентификации структур шейного отдела использовали технологию Fusion (рис. 3.10), однако, в отличие от исследований на фантоме, с целью исключения лучевой нагрузки в качестве референтного метода использовали МРТ.

Исследование в режиме Fusion позволило сопоставить УЗ и МРТ изображения (рис. 3.11), адекватно идентифицировать эхографически определяемые структуры, выделить основные анатомические ориентиры, оценить точность измерения размеров исследуемых структур.

УЗ исследование шейного отдела позвоночника начинали с визуализации и идентификации тел позвонков. Исследование проводили из передне-бокового доступа справа и слева в продольном и поперечном сканировании.

Осмотру были доступны тела позвонков С2-С3-С4-С5-С6-С7. В 13 (28,9%) случаях удавалось визуализировать 6 позвонков (С2-С7), в 32 (71,1%) – 5 позвонков, из них С2-С6 – у 7 (15,6%), С3-С7 – у 25 (55,6%) обследованных (рис. 3.12). Тело позвонка С1 не было доступно для визуализации либо визуализировалось недостаточно удовлетворительно (фрагментарно) у всех обследованных. Позвонки С2 удалось полностью визуализировать у 20 (44,4%) обследованных, позвонки С3-С6 эхографически определялись во всех случаях, С7 был доступен для визуализации в 38 (84,4%) случаях и не определялся у 7 (15,6%) обследуемых – гиперстеников с короткой шеей.



а



б

Рис. 3.10. УЗ исследование в режиме Fusion: а – проведение исследования, б – мультимодальное (УЗИ+МРТ) изображение на экране УЗ сканера

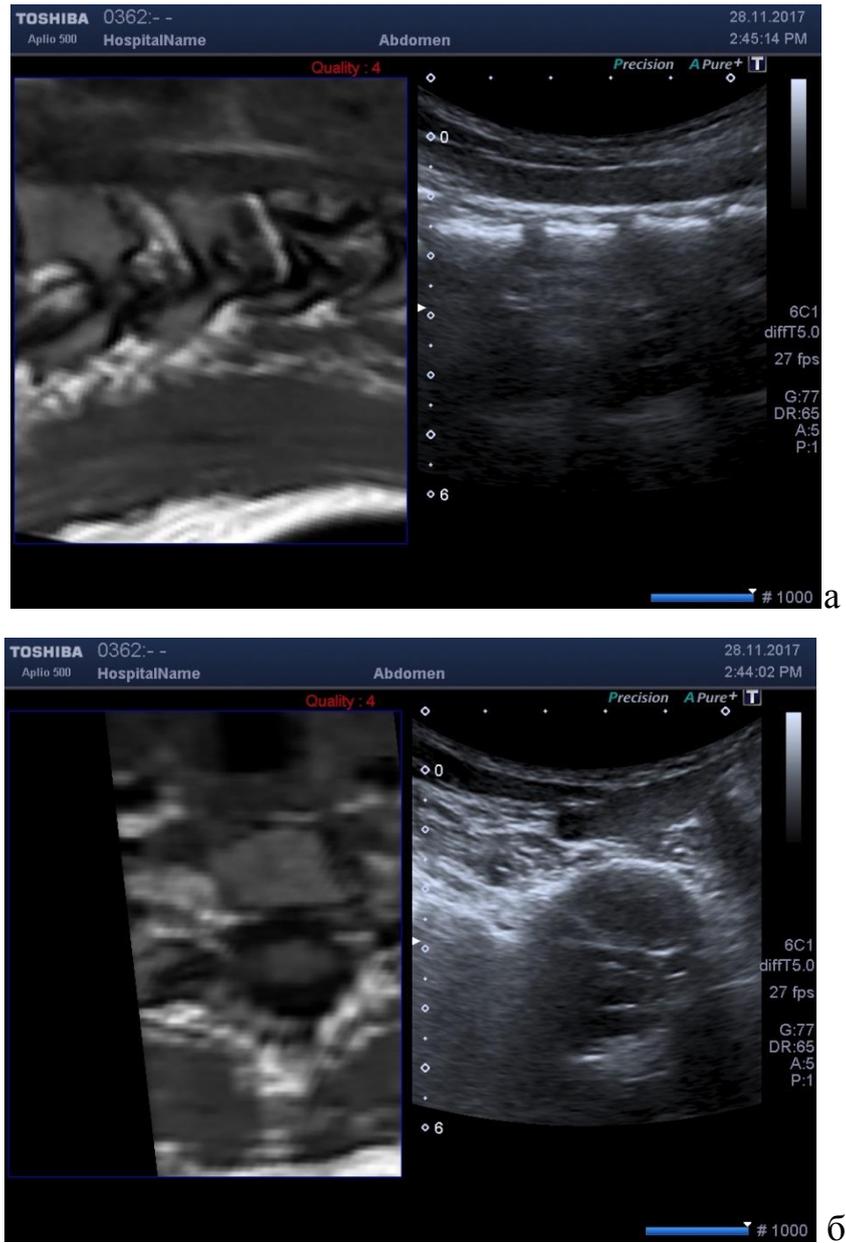


Рис. 3.11. Мультимодальное (УЗИ+МРТ) изображение шейного отдела здорового человека в режиме Fusion: а – продольная проекция, б – поперечная проекция

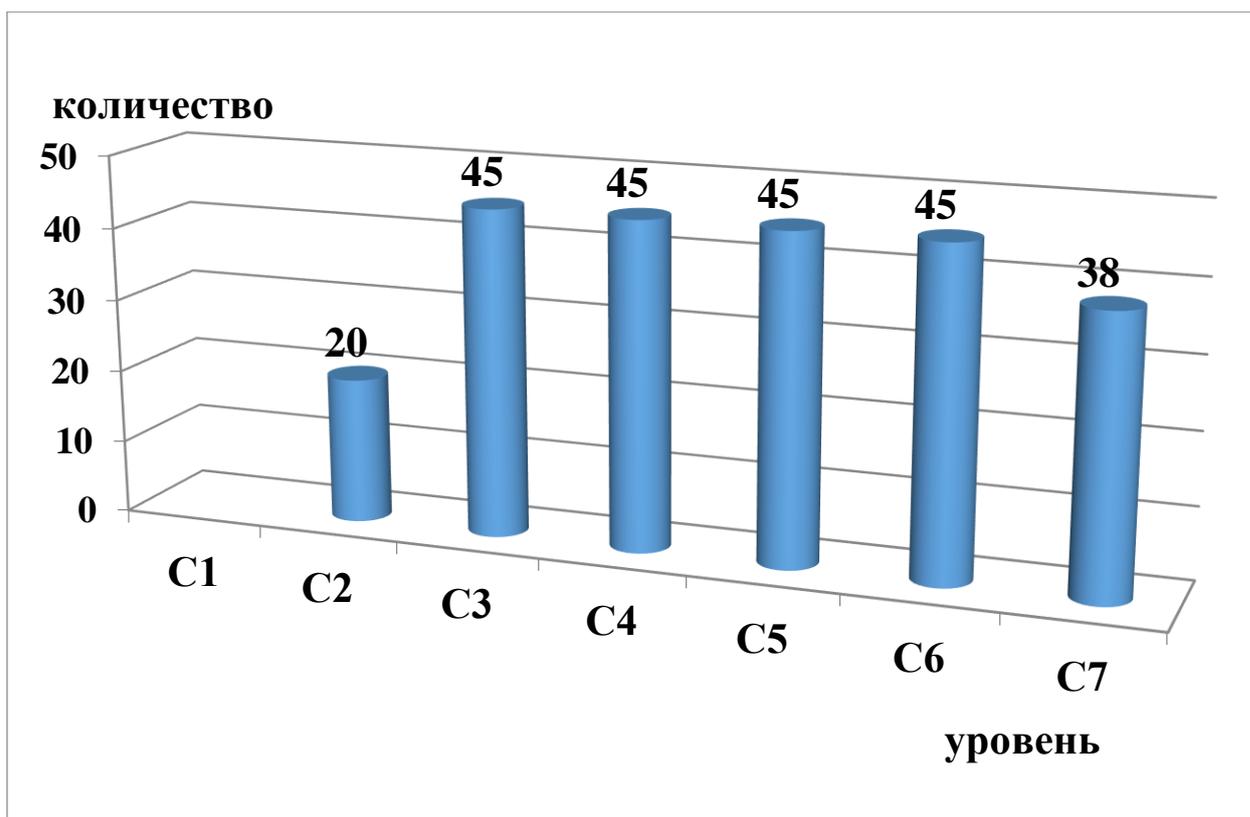


Рис. 3.12. Количество эхографически визуализируемых шейных позвонков у здоровых лиц (n=45)

Не выявлено статистически значимой зависимости частоты визуализации позвонков (C2, C7 и количества в целом) от пола, возраста, массы тела и индекса массы тела обследуемого. Однако у 6 (13,3%) обследованных с короткой шеей и выраженным слоем подкожной жировой клетчатки получаемое УЗ изображение межпозвонкового диска было несколько «размытым», с нечеткими контурами, что несколько затрудняло проведение исследования и снижало точность измерения и достоверность количественных данных.

При УЗИ тела шейных позвонков определялись как гиперэхогенные структуры с четкими контурами и выраженной акустической тенью (рис. 3.13 а, б).

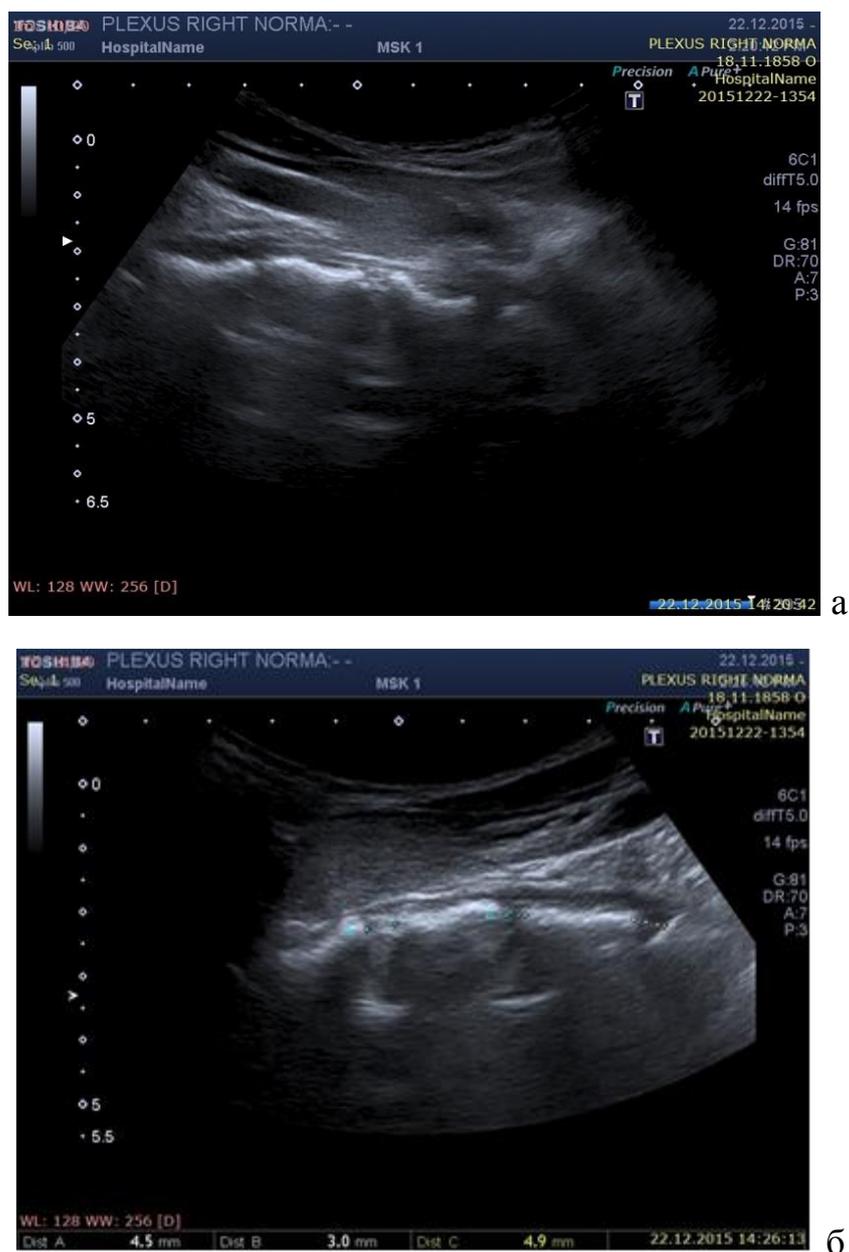


Рис. 3.13. Ультразвуковое изображение, получаемое при продольном сканировании конвексным датчиком 3,5-5,0 МГц области шейного отдела позвоночника из передне-бокового доступа справа

Поскольку костные образования не являются целью метода УЗД, эхографически целесообразно оценивать только их взаиморасположение и состояние наружной (обращенной к датчику) поверхности. Обращенная к датчику поверхность резко контрастировала с прилежащими к ней более гипоэхогенными мягкими тканями, что позволяло оценить ее состояние и взаиморасположение тел позвонков. У здоровых лиц описываемая

поверхность была ровной, равномерно гиперэхогенной, с округлыми краями, без резких изгибов и дефектов. Обращенные к датчику поверхности тел позвонков располагались последовательно, составляя плавно изогнутую линию, соответствующую шейному лордозу.

Межпозвонокковые диски при продольном сканировании визуализировались в виде изогипоэхогенных структур, с четким контуром, ограниченных гиперэхогенными телами позвонков (рис. 3.14 а, б).

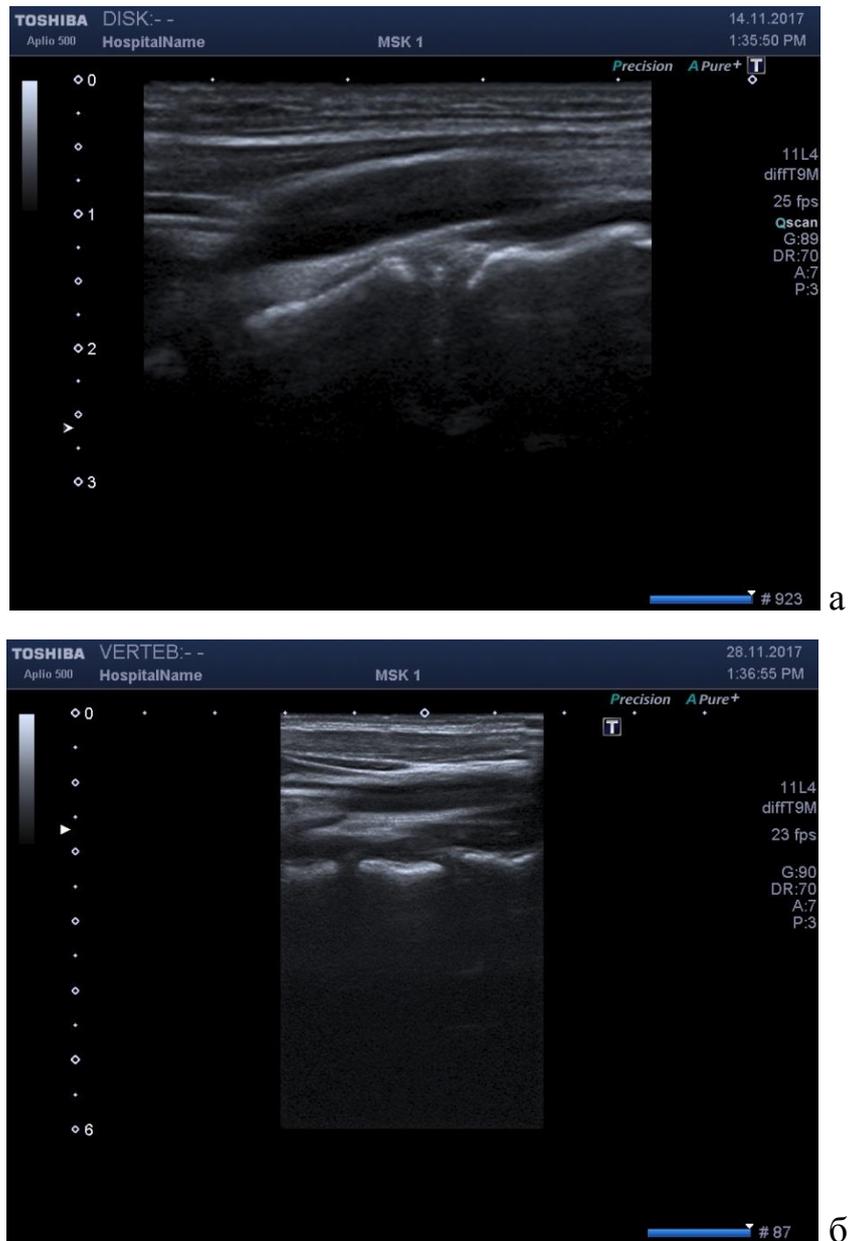


Рис. 3.14. УЗ изображение межпозвоноккового диска C5-C6 (а) и C3-C4, C5-C6 (б) в продольной проекции, линейный датчик 7,5-12,0 МГц

Высоту межпозвонковых дисков определяли при продольном УЗ-сканировании. Для определения высоты межпозвонкового диска при продольном сканировании измеряли расстояние между краями ограничивающих его гиперэхогенных тел позвонков. Оценивали высоту межпозвонковых дисков как расстояние между краями позвонков, их ограничивающих (рис. 3.15).

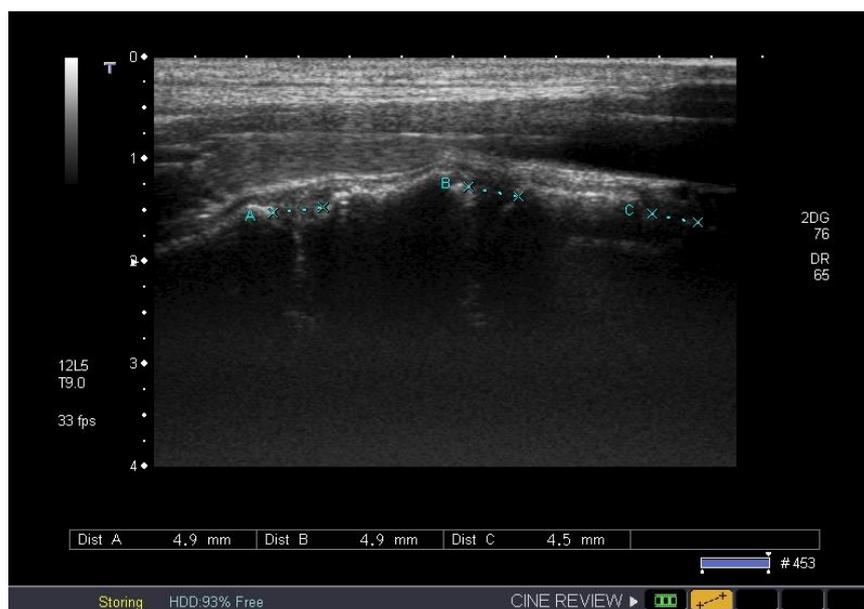


Рис. 3.15. Определение высоты межпозвонкового диска у здоровых испытуемых УЗИ в продольном сканировании. Линейный датчик 7,5-12,0 МГц

При сложностях дифференцировки края позвонка в связи с низким качеством визуализации нами предложено повысить качество УЗ изображения за счет использования заполненного кровью сосуда в качестве акустического окна: при этом находили положение датчика, при котором кровеносный сосуд располагался над межпозвонковым диском, подлежащим измерению (рис. 3.16).

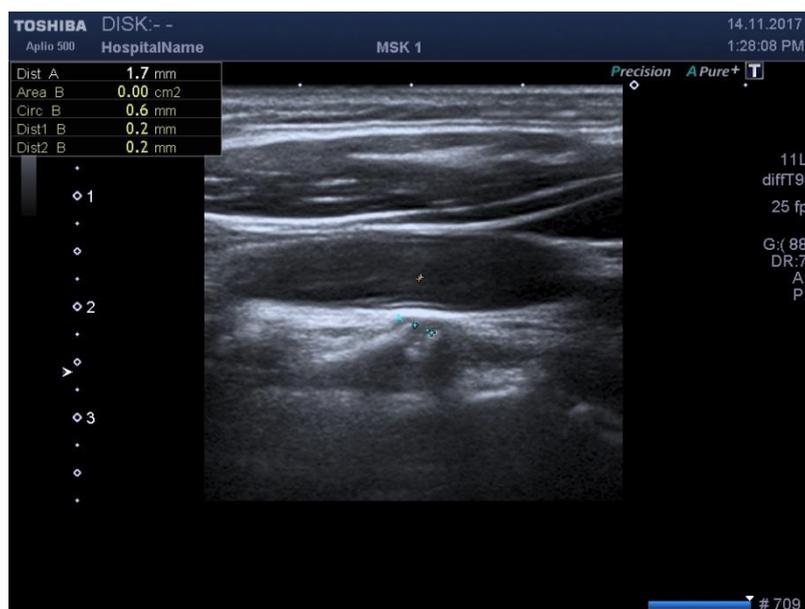


Рис. 3.16. Использование акустического окна при определении высоты межпозвонкового диска в продольном сканировании. Линейный датчик 7,5-12,0 МГц

Среднее значение высоты межпозвонкового диска у здоровых обследованных составило  $4,33 \pm 0,48$  мм. Высота межпозвонковых дисков в зависимости от уровня отображена в табл. 3.1

Таблица 3.1.

**Высота межпозвонковых дисков шейного отдела у здоровых обследованных**

Уровень	Высота, мм		
	минимальная	максимальная	средняя
C3-C4	3,1	4,7	$4,10 \pm 0,64$
C4-C5	3,2	4,9	$4,27 \pm 0,51$
C5-C6	3,4	5,1	$4,44 \pm 0,54$
C6-C7	3,6	5,1	$4,34 \pm 0,39$
C7-T1	3,8	5,0	$4,37 \pm 0,37$

Как показал проведенный анализ, высота межпозвонковых дисков у мужчин достоверно больше, чем у женщин. Так, для уровня С3-С4 данный показатель составил соответственно  $4,6 \pm 0,10$  мм и  $3,6 \pm 0,5$  мм ( $p < 0,001$ ), для уровня С7-Т1 –  $4,6 \pm 0,2$  мм и  $4,1 \pm 0,5$  ( $p < 0,01$ ). Наблюдается статистически значимая (метод множественных сравнений Шеффе) тенденция к увеличению высоты межпозвонковых дисков с уровня С3-С4 до С5-С6 ( $p < 0,001$ ), на нижележащих уровнях различий в высоте межпозвонковых дисков не выявлено ( $p > 0,05$ ).

Для наиболее полного представления всей доступной для УЗ визуализации части шейного отдела позвоночника нами предложено использовать режим панорамного сканирования.

Для выполнения панорамного снимка разработана оптимальная последовательность действий, позволяющая получить на панорамном снимке изображение всех доступных у данного пациента для визуализации позвонков. Исследование выполняли следующим образом. Визуализировали шейный отдел позвоночника. Повернув датчик, переходили к поперечному сканированию. Идентифицировали по классической методике (по грудинно-ключичному сочленению) или по разработанной методике (по эхоанатомическим ориентирам) нижний из доступных для визуализации шейных позвонков (в большинстве случаев – С7). Переходили в режим панорамного сканирования. В трансверсальном (поперечном в отношении позвоночного столба) положении, выполняя панорамный снимок, осуществляли перемещение датчика в краниальном направлении с удержанием в плоскости сканирования позвоночного столба в продольном срезе на протяжении всей области, доступной для УЗ визуализации.

Установлено, что применение панорамного сканирования позволяет вывести на одном снимке и сопоставить все визуализируемые позвонки, сравнить их расположение, состояние обращенных к датчику поверхностей, размеры межпозвонковых дисков. Так, на рис. 3.17 приведен выполненный в режиме панорамного сканирования УЗ снимок шейного отдела здорового

человека, на котором визуализируются тела позвонков C3, C4, C5, C6, C7 (фрагментарно) и соответствующих межпозвонковых дисков.

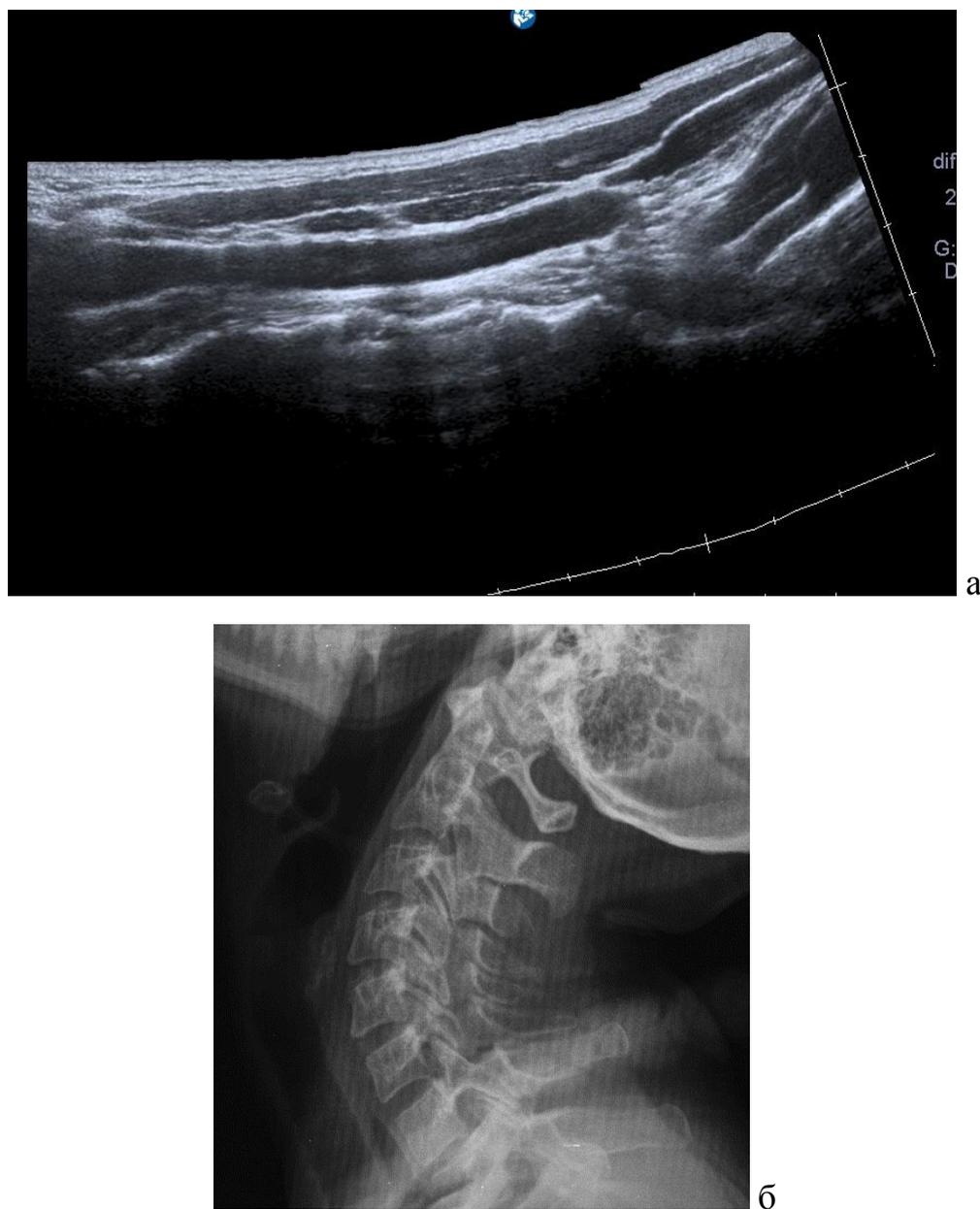


Рис. 3.17. Шейный отдел здорового человека: а – УЗ изображение в режиме панорамного сканирования (продольная проекция); б – рентгенография

Хорошо определяется шейный лордоз, позвонки не смещены относительно друг друга, поверхности позвонков ровные, без дополнительных образований, хорошо определяются межпозвонковые диски.

При поперечном сканировании межпозвонковые диски визуализировались как овоидные гипоэхогенные структуры с четким контуром, с еще более гипоэхогенной однородной областью в центральной части – пульпозным ядром, окруженным фиброзным кольцом (рис. 3.18). Граница между ядром и фиброзным кольцом дифференцировалась слабо.

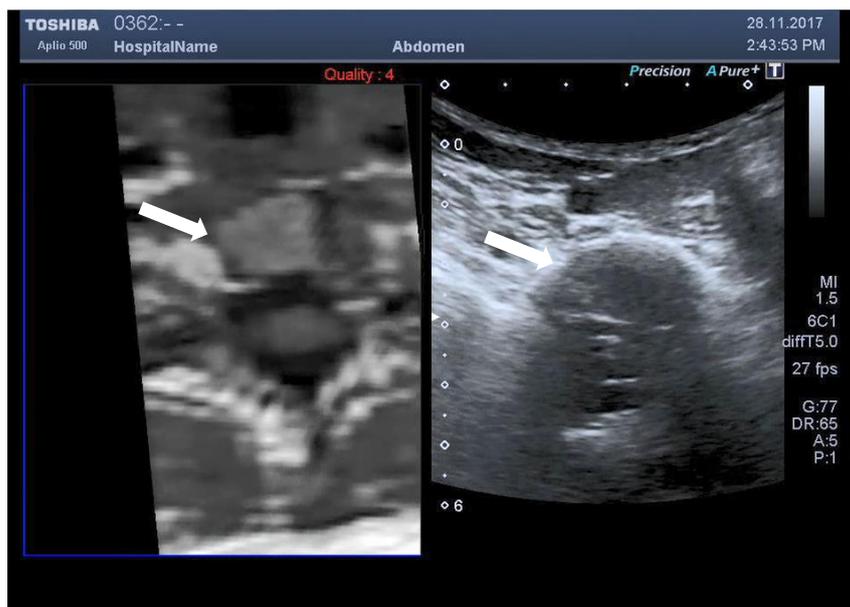


Рис. 3.18. Ультразвуковое изображение межпозвонкового диска (указан стрелкой) в поперечной проекции в режиме Fusion: конвексный датчик 3,5-5,0 МГц. Пояснения в тексте

Задняя граница межпозвонкового диска определялась в виде четкой горизонтальной гиперэхогенной линии между хрящевой структурой диска и ликвором в позвоночном канале.

Отмечено, что в 22 (48,9%) случаях межпозвонковый диск в целом визуализировать не удалось, поскольку доступ для УЗИ имел естественные анатомические ограничения. Латерально визуализация была ограничена крючковидными отростками позвонков, центрально – трахеей, содержащей воздух, при этом диск определялся фрагментарно. В таких случаях для получения наиболее полной информации проводили исследование его из доступов слева (рис. 3.19 а) и справа (рис. 3.19 б).

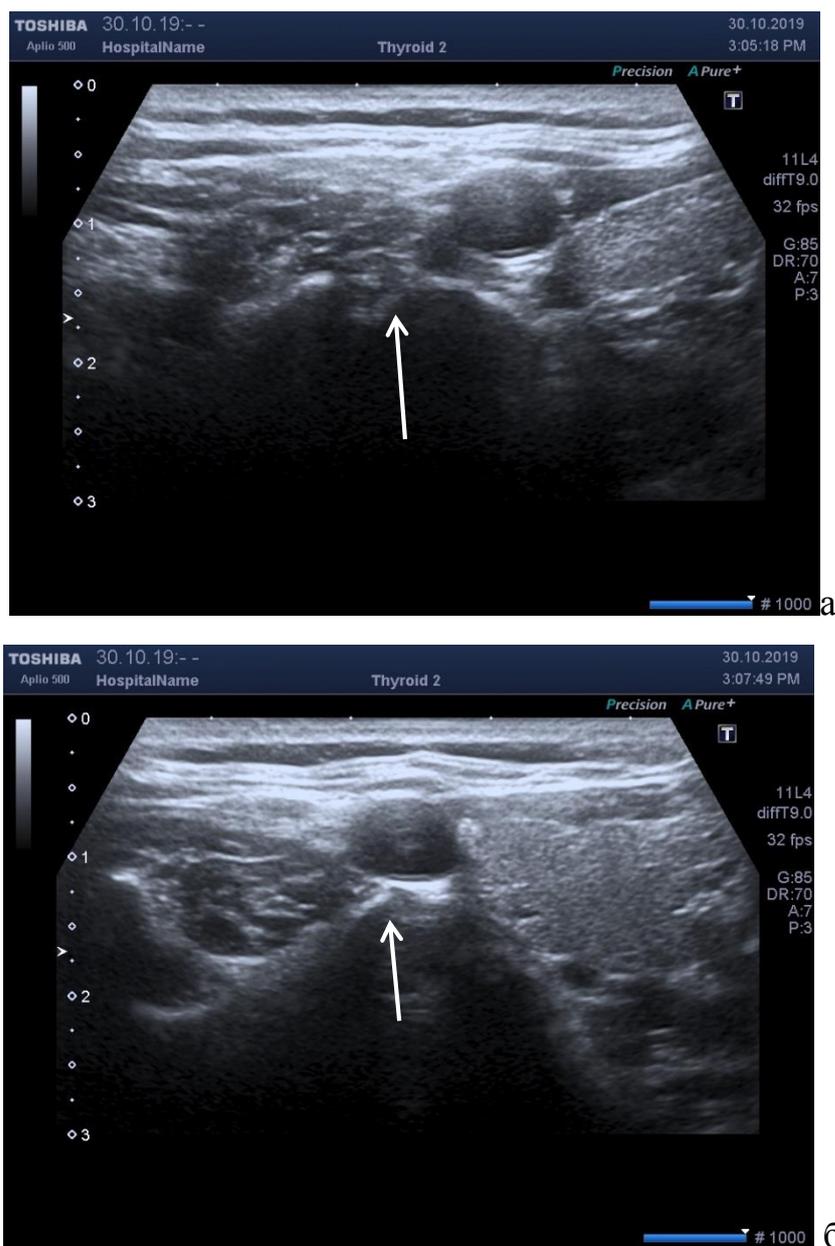


Рис. 3.19. УЗИ из передне-бокового доступа слева (а) и справа (б) в поперечной проекции; фрагментарное изображение межпозвонкового диска линейный датчик 7,5-12,0 МГц. Пояснения в тексте

Если же и такого исследования недостаточно, мы предлагаем визуализировать межпозвонковый диск из заднего доступа через междужечный промежуток (рис 3.20).

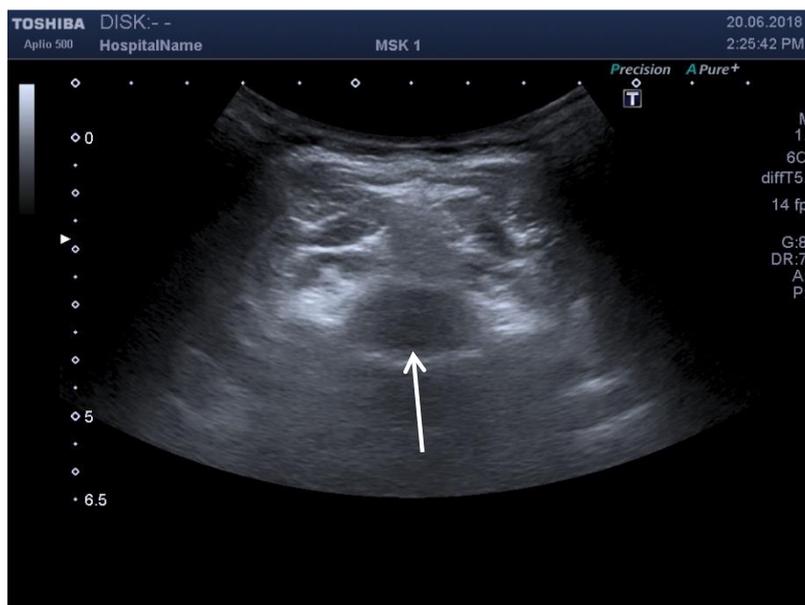


Рис. 3.20. Ультразвуковая визуализация межпозвонкового диска в поперечной проекции из заднего доступа: конвексный датчик 3,5-5,0 МГц. Пояснения в тексте

Одной из важнейших задач на начальном этапе УЗИ позвоночника является определение уровня позвоночного сегмента, включающего позвонок, нижележащий межпозвонковый диск и пару спинномозговых нервов. При УЗ сканировании доступные для визуализации позвонки, диски и нервы выглядят однотипно на разных уровнях, в связи с чем их идентификация затруднительна. Так, на рис. 3.21 приведено ультразвуковое изображение позвонков С5 и С6: изображения являются сходными и не имеют дифференцирующих критериев, позволяющих определить уровень позвонка, межпозвонкового диска и спинномозгового нерва.

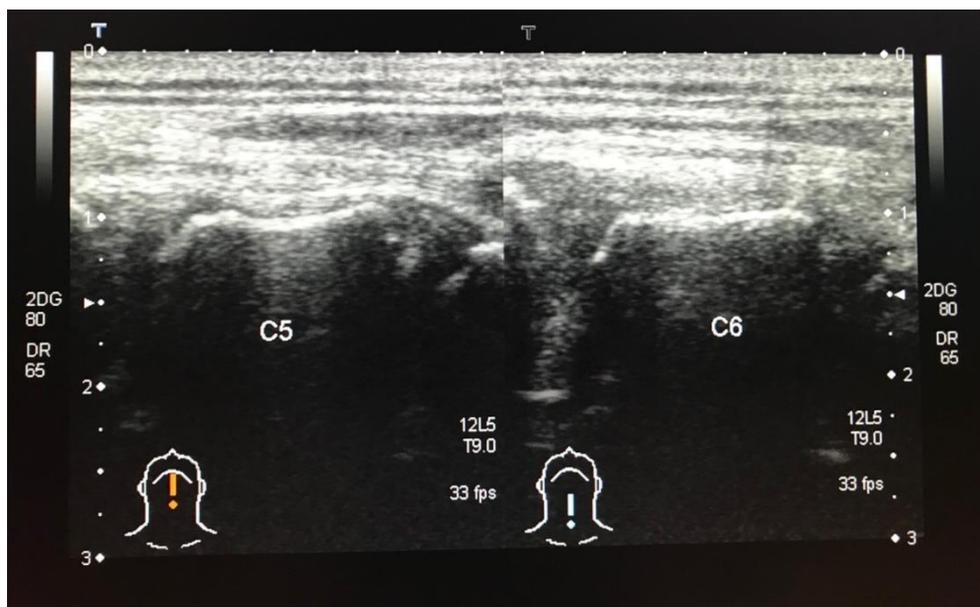


Рис. 3.21. Ультразвуковое изображение позвонков C5 и C6: продольное сканирование, линейный датчик 7,5-12,0 МГц. Пояснение в тексте

Классический подход для определения уровня исследуемого позвоночного сегмента предполагает нахождение по известным анатомическим ориентирам позвонка C7 и последовательный отсчет от него до интересующего уровня посредством перемещения датчика снизу вверх. Традиционно идентификацию позвонков шейного отдела проводили по внешним анатомическим ориентирам: позвонок, определяемый на уровне грудинно-ключичного сочленения, соответствовал C7. Выбор данного ориентира обусловлен постоянством локализации позвонка C7 по отношению к грудинно-ключичному сочленению. Однако следует отметить, что у части пациентов, преимущественно гиперстенического телосложения, с короткой шеей, позвонок C7 может быть недоступным для УЗ визуализации, в связи с чем определение уровней позвоночных сегментов производится приблизительно, что ведет к ошибкам в диагностике. Так, в настоящем исследовании позвонок C7 не удалось эхографически визуализировать у 7 (15,6%) обследованных.

Нами проведен поиск эхоанатомического ориентира для идентификации уровня позвонка. Изучение возможности использования в

этом качестве предлагаемого Martinoli С. и соавт. [159] уровня верхней или нижней границы щитовидной железы не привело к удовлетворительным результатам в связи с их значительной анатомической вариабельностью. Так, верхний край щитовидной железы был расположен на уровне С1 (6,7%), С2 (20,0%), С3 (50,0%), С4 (23,3%), нижний (рис. 3.22) – С4 (3,3%), С5 (20,0%), С6 (53,3%), С7 (20,0%), уходил вниз за пределы верхней грудной апертуры у 1 пациента.

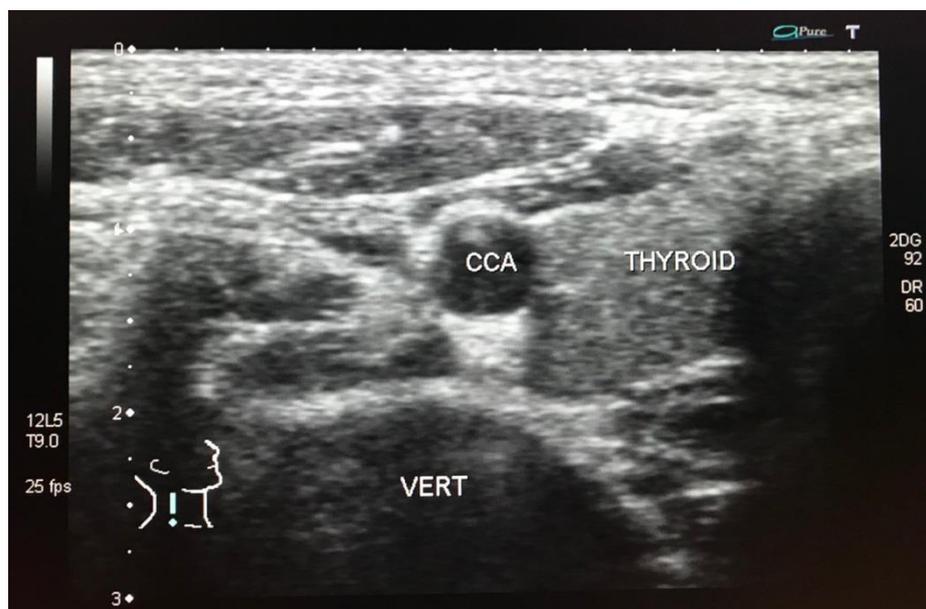


Рис. 3.22. Расположение позвонка С5 соответствует нижнему краю щитовидной железы, поперечное сканирование, линейный датчик 7,5-12,0 МГц

Нами предложено в качестве эхоанатомического ориентира использовать точку бифуркации общей сонной артерии на наружную и внутреннюю, что соответствует уровню межпозвонкового диска С3-С4 (рис. 3.23). Если при поперечном сканировании наряду с шейным позвонком визуализируется сонная артерия в виде единого ствола (*arteria carotis communis*), делали заключение об уровне позвонка С4 и ниже, если же определяются в поперечном срезе два артериальных ствола – наружная (*arteria carotis externa*) и внутренняя (*arteria carotis interna*), то уровень

позвонка соответствовал С3 и выше. Таким образом, отпадает необходимость отсчета уровня шейного позвонка от С7, что трудоемко, требует значительных затрат времени и сопряжено с риском ошибок.

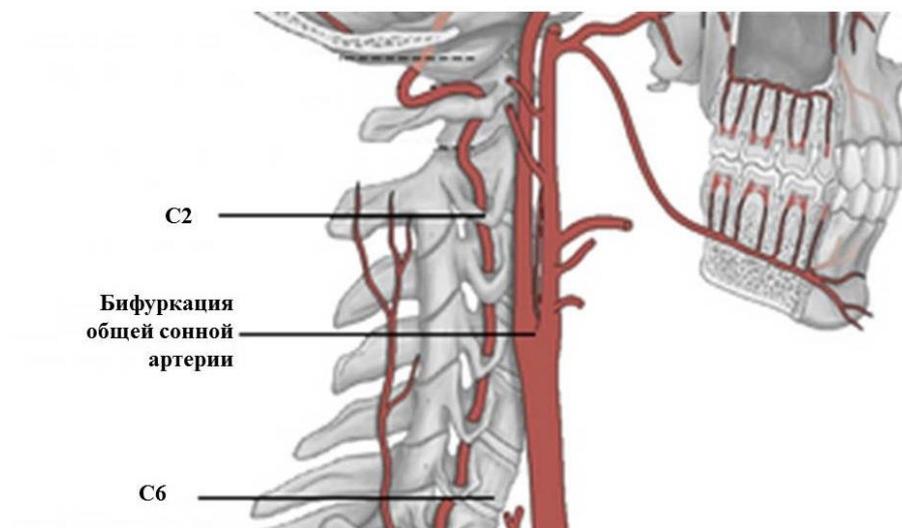


Рис. 3.23. Взаиморасположение точки бифуркации общей сонной артерии и позвонков шейного отдела

Эффективность данного признака была проверена у 38 (84,4%) обследованных, у которых удавалось уверенно визуализировать С7. Во всех случаях предварительная идентификация уровня, определенная по предложенному нами признаку, была подтверждена посредством отсчета позвонков от грудинно-ключичного сочленения. Также правильность определения уровня позвоночного сегмента по предложенному эхоанатомическому критерию была подтверждена в группе пациентов с применением технологии Fusion.

В 7 (15,6%) случаях, когда не удалось визуализировать С7, предложенный эхоанатомический ориентир позволил идентифицировать уровень позвонка С4, затем, отсчитав от него уровень каждого из искомых шейных позвонков, определить тем самым его уровень. Таким образом, предложенный признак является более информативным, чем традиционный анатомический по уровню грудинно-ключичного сочленения, на  $15,6 \pm 5,4\%$ .

Кроме того, нахождение идентифицируемого позвонка в ближе к центральной части шейного отдела позвоночного столба обеспечивает более легкий и быстрый отсчет требуемого уровня (на 1-3 порядка), тогда как от позвонка С7 отсчет необходимо производить на 1-5 порядков, что требует большего времени, напряжения специалиста, проводящего исследование, и может привести к ошибкам в идентификации. Таким образом, информативность предложенного эхоанатомического критерия на  $15,6 \pm 5,4\%$  выше, чем традиционного анатомического.

Также при УЗ идентификации уровня позвоночного сегмента, особенно у пациентов с короткой мощной шеей, требуется дифференцировать, является ли самый нижний из визуализируемых шейных позвонков С7, либо же это позвонок С6, а позвонок С7 не определяется в связи с естественными анатомическими ограничениями визуализации. Для этой цели нами предложен эхоанатомический критерий, основанный на различиях в анатомическом строении позвонков С6 и С7. Известно, что поперечные отростки шейных позвонков С3-С6 имеют по два бугорка – передний и задний, а на позвонке С7 поперечные отростки имеют хорошо выраженный задний бугорок, передний же слабо развит и плохо определяется при лучевой визуализации. Таким образом, выявление на поперечном отростке самого нижнего из доступных визуализации позвонков двух бугорков (рис. 3.24, указано стрелками) позволяет идентифицировать данный позвонок как С6 и определить, что позвонок С7 у данного пациента для УЗ визуализации недоступен в связи с естественными анатомическими ограничениями (рис. 3.24 а). Если же эхографически определяется только один бугорок (рис. 3.24 б), нижний из доступных визуализации позвонков идентифицируют как С7. У 6 (13,3%) из 45 здоровых добровольцев при УЗИ поперечный отросток нижнего из доступных для визуализации позвонков имел два эхографически определяемых бугорка, что позволило идентифицировать его как С6 и сделать заключение о том, что С7 визуализировать не удалось.

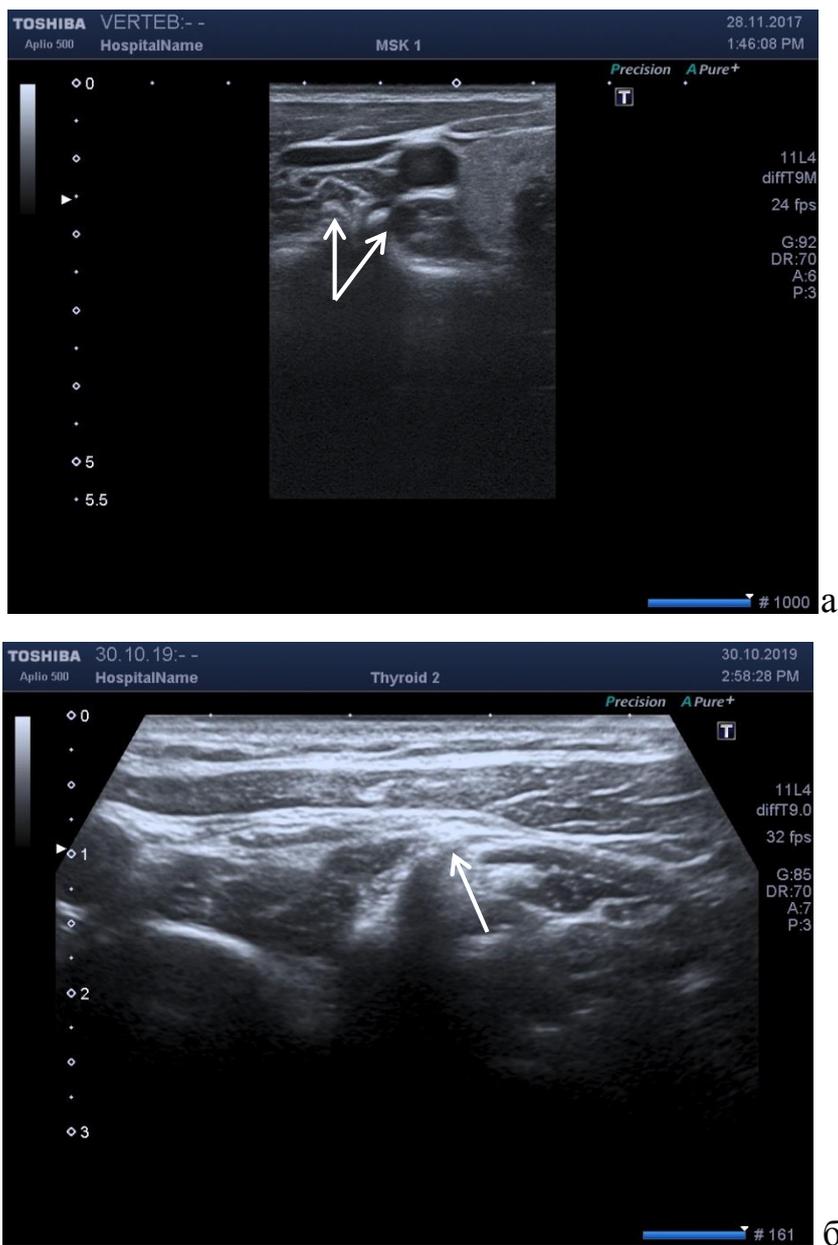


Рис. 3.24. Ультразвуковая идентификация нижнего из доступных для УЗ визуализации шейных позвонков, поперечное сканирование, линейный датчик 7,5-12,0 МГц. Пояснения в тексте

Данные заключения были подтверждены при определении уровня позвонка С5 по первому из предложенных эхоанатомических ориентиров – точки бифуркации сонной артерии, а также у одного из добровольцев – при исследовании в режиме Fusion.

Таким образом, использование предложенных эхоанатомических ориентиров позволяет повысить эффективность оценки уровня позвоночного сегмента и сократить время, затрачиваемое на исследование.

#### **3.4. Ультразвуковое исследование мягкотканых структур области шейного отдела позвоночника**

Исследование проводили из передне-бокового доступа справа и слева в продольном и поперечном сканировании (рис. 3.25).



Рис. 3.25. Исследование мягкотканых структур из передне-бокового доступа справа в продольном сканировании

Спинномозговые нервы определялись как гипоэхогенные протяженные аваскулярные тяжи, выходящие из позвоночного ствола, делающие плавный изгиб книзу сразу при выходе из канала и далее параллельно идущие межмышечно в направлении соответствующего нервного сплетения (рис. 3.26).



Рис. 3.26. УЗ изображение спинномозговых нервов  $C_{IV} - C_V$  (указаны стрелками)

Изображение непосредственно нерва являлось гипоэхогенным, соединительнотканых элементов – гиперэхогенным.

В процессе визуализации мягкотканых структур отмечены сложности дифференцировки между анатомическими объектами, имеющими сходные ультразвуковые характеристики, прежде всего, нервов и кровеносных сосудов. Указанные образования характеризуются гипоэхогенностью, протяженной структурой, возможным наличием гиперэхогенного соединительнотканного компонента по периферии.

Поскольку неизмененный нерв при УЗ визуализации в В-режиме сходен с кровеносным сосудом, нами предложено расширить стандартное исследование нервов за счет применения доплерографических методик – цветного или энергетического доплеровского картирования. При этом в качестве дифференцирующего признака использовано отсутствие движения жидкости для нерва и его наличие для кровеносного сосуда. Указанный признак иллюстрирует рис. 3.27.

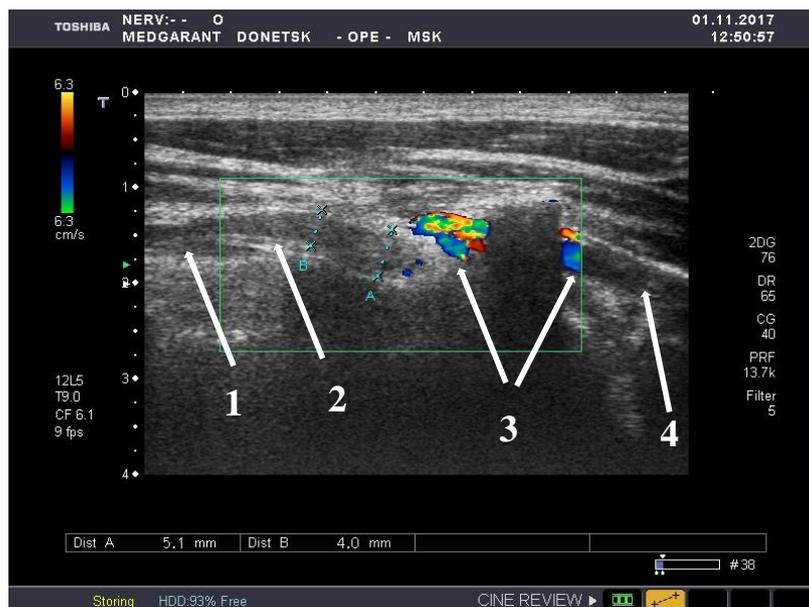


Рис. 3.27. Дифференциальная диагностика нерва и кровеносного сосуда. Пояснения в тексте

В В-режиме (в данном примере – за пределами окна опроса) определяются две сходные структуры (1, 4): гипоэхогенные, протяженные, с тонкой гиперэхогенной линией по нижней границе. Поскольку локализация данных структур позволяет предположить наличие нерва, при исследовании в В-режиме можно сделать заключение о том, данные структуры являются нервами, что будет верно в отношении структуры 1 и ошибочно в отношении структуры 2. При исследовании в режиме ЦДК установлено, что в расположенной слева структуре кровотоков отсутствует (рис. 3.27 1, 2). В то же время при исследовании структуры, расположенной справа (4) в ее просвете выявлено окрашивание (3), в данном примере перекрываемое акустической тенью от отростка позвонка. Наличие окрашивания свидетельствует о том, что в просвете указанной структуры определяется движение жидкости (крови), что позволяет определить ее как кровеносный сосуд. Таким образом, структура 1 на основании данных ЦДК идентифицирована как нерв, структура 4 – как кровеносный сосуд.

На рис. 3.28 приведен пример отсутствия окрашивания протяженной гипоэхогенной структуры (указана стрелкой) в режиме ЦДК, что позволило определить ее как участок нерва дистальнее точки перегиба.

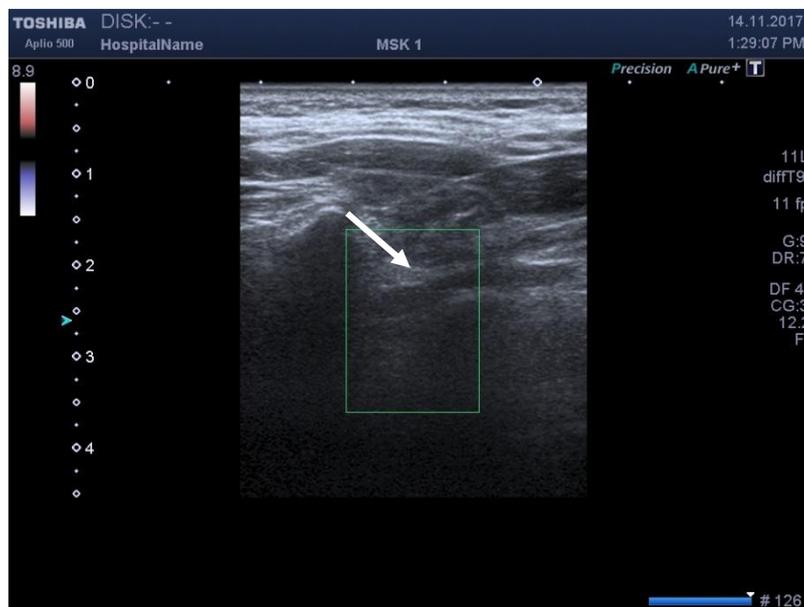


Рис. 3.28. Использование режима ЦДК для идентификации гипоэхогенной протяженной структуры. Пояснения в тексте

Диаметр нерва от места выхода из позвоночного столба до точки изгиба равномерно уменьшался и далее оставался неизменным вплоть до точки ветвления, в связи с чем для наиболее полной характеристики нерва нами предложено измерять его диаметр дважды – в наиболее широкой части (проксимальный диаметр) и после точки перегиба (дистальный диаметр).

Проксимальный диаметр неизмененных нервных стволов варьировал в пределах 3,7-5,5 мм, дистальный – 2,4-4,7 мм (таб. 3.2). Средний проксимальный диаметр спинномозгового нерва составил  $4,66 \pm 0,53$  мм, дистальный –  $4,09 \pm 0,45$  мм. Степень уменьшения диаметра нерва значительно варьировала – от 0 (равномерная толщина нерва на протяжении изучаемого интервала) до 38%, составив в среднем  $12,9 \pm 6,9\%$ . Однако в целом уменьшение диаметра нерва на интервале от точки выхода до точки

изгиба было статистически значимым ( $p < 0,05$ , парный двухвыборочный Т-критерий для связанных выборок).

Таблица 3.2.

**Диаметр спинномозговых нервов шейного отдела у здоровых лиц**

Уровень спинномозгового нерва	Диаметр нерва справа		Диаметр нерва слева	
	прокси- мальный	дисталь- ный	прокси- мальный	дисталь- ный
C <sub>III</sub>	4,6±0,4	4,1±0,3	4,4±0,7	4,1±0,4
C <sub>IV</sub>	4,6±0,5	4,0±0,3	4,5±0,5	4,0±0,4
C <sub>V</sub>	4,5±0,6	4,0±0,8	4,7±0,5	4,0±0,5
C <sub>VI</sub>	4,6±0,5	4,2±0,5	4,9±0,4	4,2±0,2
C <sub>VII</sub>	4,7±0,6	4,1±0,2	4,9±0,5	4,2±0,4

Для подтверждения адекватности измерения диаметров были проведены измерения диаметров соответствующих нервов на МРТ-изображении у 10 лиц, достоверных различий в диаметрах соответствующих нервов не выявлено.

Статистический анализ не выявил достоверных различий в толщине нерва у мужчин и женщин (проксимальный диаметр соответственно 4,6±0,5 мм и 4,3±0,4 мм), а также корреляции между изучаемыми диаметрами и такими антропометрическими показателями, как рост, масса тела, индекс массы тела.

Нами предложено использовать режим панорамного сканирования для визуализации и измерения диаметров спинномозговых нервов шейного отдела. Для выполнения панорамного снимка разработана оптимальная последовательность действий, позволяющая получить на панорамном снимке изображение всех доступных у данного пациента для визуализации спинномозговых нервов. Исследование выполняли следующим образом. В

продольной проекции визуализировали шейный отдел позвоночника. Повернув датчик, переходили к поперечному сканированию. Идентифицировали уровень нижнего из доступных для визуализации шейных позвонков (в большинстве случаев – С7). Находили на ультразвуковом изображении округлую анэхогенную структуру, соответствующую поперечному срезу позвоночной артерии, которую принимали за эхоанатомический ориентир.

Переходили в режим панорамного сканирования. В трансверсальном (поперечном в отношении позвоночного столба) положении осуществляли перемещение датчика в краниальном направлении вдоль позвоночной артерии с удержанием в плоскости сканирования спинномозговых нервов в продольной проекции среза на протяжении всей области, доступной для ультразвуковой визуализации, выполняя панорамный снимок.

В результате описанных действий получали ультразвуковое панорамное изображение, на котором были представлены 4-5 доступных для визуализации корешков. На указанном снимке производили измерение диаметров корешков и визуальное сопоставление их формы и размеров.

Установлено, что использование режима панорамного сканирования для визуализации спинномозговых нервов шейного отдела имеет ряд значимых преимуществ. Прежде всего, предоставляемое преимущество заключается в достаточности однократной идентификации уровня позвоночного сегмента (позвонок, диск, нерв). При классическом исследовании в связи с однотипностью позвоночных сегментов для изучения каждого из них необходимо определить его уровень, т.е. найти шейный позвонок С7 (по грудинно-подключичному сочленению) или С5 (по эханатомическим ориентирам по оригинальной методике) и определить относительно него уровень изучаемого позвоночного сегмента. Данная процедура является трудоемкой, длительной и требует от оператора значительного зрительного напряжения. Кроме того, при таком определении уровня позвоночного сегмента достаточно велик риск ошибок.

Среднее время исследования одного спинномозгового нерва с измерением его диаметра в двух точках, проводимого опытным специалистом, составило  $156 \pm 25$  секунд.

При панорамном сканировании визуализация на одном скане всех доступных спинномозговых нервов (рис. 3.29) позволяет однократно идентифицировать уровень позвоночного сегмента и определять уровень нерва на статичном панорамном снимке, имея уверенную точку отсчета.



Рис. 3.29. Использование режима панорамного сканирования для визуализации спинномозговых нервов C<sub>III</sub>-C<sub>VI</sub> (указаны стрелками)

Такой подход существенно уменьшает нагрузку на врача, поскольку значительно уменьшает количество «поисковых» движений. Наличие на снимке реперной точки – нижнего из визуализируемых позвонков – позволяет избежать многократного (для каждого из позвоночных сегментов) определения уровня спинномозгового нерва. Кроме того, визуализация на панорамном снимке одновременно всех доступных нервов снижает риск ошибок в определении уровня позвоночного сегмента. Измерение диаметров нервов производится на статичном панорамном снимке, его продолжительность в среднем составляет  $65 \pm 22$  секунд на один нерв. Таким

образом, использование режима панорамного сканирования позволяет достоверно ( $p < 0,001$ ) снизить длительность исследования одного спинномозгового нерва в 2,4 раза.

Также панорамное сканирование с получением снимка, на котором представлено несколько (4-5) спинномозговых нервов, позволяет произвести их визуальное сопоставление, определить нерв, отличающийся от других по форме, размерам и эхографическим характеристикам, и провести его последующее прецизионное изучение с целью выявления патологических изменений и установления их возможных причин.

Проведенные исследования позволили прийти к следующим заключениям. Оптимальным доступом для исследования области шейного отдела позвоночника является передне-боковой справа и слева при положении пациента лежа на спине, который позволяет визуализировать обращенные к датчику поверхности тел позвонков C3-C7 и соответствующих им межпозвонковых дисков в продольной и поперечной проекции, оценивать их расположение и состояние, проводить измерение высоты, а также визуализировать и оценивать мягкотканые структуры – нервы, кровеносные сосуды. Нами предложены новые эхоанатомические ориентиры для ультразвуковой идентификации уровня шейных позвонков, информативность которого выше традиционно используемого анатомического ориентира на  $15,6 \pm 5,4\%$ . Установлено, что визуализация при поперечном сканировании бифуркации общей сонной артерии соответствует уровню межпозвонкового диска C3-C4, а визуализация на поперечном отростке самого нижнего из доступных визуализации позвонков двух или одного бугорков является дифференцирующим признаком соответственно между позвонками C6 и C7.

Для оптимизации процесса обучения навыкам визуализации шейного отдела позвоночника и определения уровня позвоночных сегментов нами был создан специализированный фантом и предложен принципиально новый

подход к обучению, основанный на применении технологии Fusion, сущность которой состоит в мультимодальной визуализации исследуемой зоны.

Выявлено, что высота межпозвонкового диска у здоровых обследуемых составляет в среднем  $4,33 \pm 0,48$  мм и достоверно нелинейно возрастает от уровня С3-С4 до С7-Т1.

Предложено расширить стандартное ультразвуковое исследование нервов за счет применения доплерографических методик, используя в качестве дифференцирующего признака нерва аваскулярность. Эхографически установлено, что проксимальный диаметр неизмененных нервных стволов варьировал в пределах  $4,66 \pm 0,53$  мм, дистальный –  $4,09 \pm 0,45$  мм.

Для визуализации и измерения размеров позвонков, межпозвонковых дисков и спинномозговых нервов шейного отдела нами предложено использовать режим панорамного сканирования, который позволяет произвести их визуальное сопоставление и достоверно снизить длительность исследования одного спинномозгового нерва в 2,4 раза.

Знание нормальной ультразвуковой анатомии шейных позвонков и межпозвонковых дисков позволит эхографически выявлять их структурные изменения, лежащие в основе патологических состояний, в частности, шейного остеохондроза и спондилеза, что является перспективным направлением дальнейших исследований.

По материалам раздела опубликованы следующие работы:

1. Ультразвуковые характеристики шейного отдела позвоночника у здоровых лиц [Текст] / А. Д. Зубов, А. А. Бережная, Л. Н. Антонова, А. А. Зубов // Кубанский научный медицинский вестник. – 2019. – Т. 26, №2. – С. 42–49. *Автором выполнены все УЗИ, обработка данных.*

2. Использование симуляционных технологий и режима Fusion в обучении врачей ультразвуковой диагностики (на примере УЗИ шейного отдела позвоночника и спинномозговых нервов) / А. Д. Зубов, Ю. В. Черняева, О. В. Сенченко, А. А. Бережная // Тезисы VIII Съезда Российской ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики в медицине (РАСУДМ) (с международным участием) (2-5 октября 2019 года, г. Москва) : Часть 1. – Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2019. – № 2. – С. S31.

3. Зубов, А. Д. Диагностика шейного радикулита методом ультразвуковой визуализации [Текст] / А. Д. Зубов, Л. Н. Антонова, А. А. Бережная // Актуальные вопросы биологии и медицины: Сб. науч. тр. по мат. I Республ. науч. конф. (г. Луганск, 14 мая, 2015 г.) / Под ред. Н.В. Луниной. – Луганск, 2015. – С. 14–16.

## РАЗДЕЛ 4

### ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

#### **4.1. Ультразвуковая диагностика изменений вертебральных структур у пациентов с шейной радикулопатией**

Процесс выполнения УЗИ у пациентов с ШРП по сравнению со здоровыми лицами имел ряд особенностей, обусловленных, прежде всего, болевым синдромом. Наличие болевого синдрома обуславливало вынужденное положение пациента – голова наклонена вперед-влево или вперед-вправо в зависимости от стороны поражения. В связи с этим проведение исследования в положении больного сидя, особенно с запрокинутой назад головой, было затруднительным или невозможным в связи с болезненностью позы. По этой причине приоритетным для пациентов с болевым синдромом считали положение лежа с использованием, при необходимости, валика под шею.

При шейной радикулопатии наблюдали ряд патогномоничных изменений со стороны вертебральных структур.

Установлено, что УЗИ предоставляет возможность оценки состояния позвоночного столба. У 110 (87,3%) пациентов наблюдали уплощение шейного лордоза вплоть до полного выравнивания (рис. 4.1). Следует отметить, что все случаи сглаженности шейного лордоза, выявленные визуально и другими лучевыми методами, определялись эхографически.

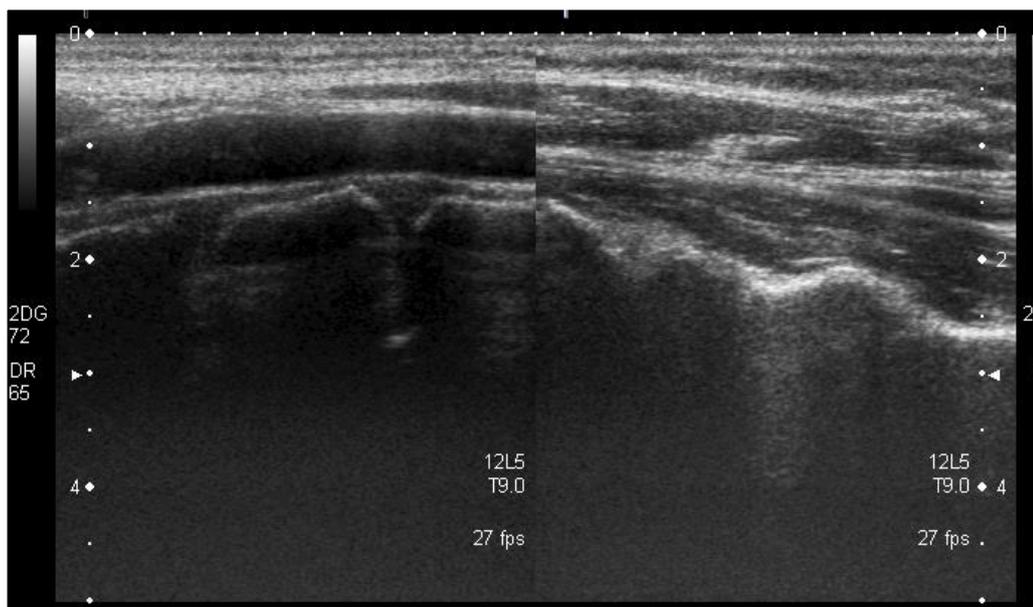


Рис. 4.1. Позвонки шейного отдела С4-С6 у здорового добровольца (слева) и у пациента с шейной радикулопатией (справа). УЗИ в продольной проекции из передне-бокового доступа

Сколиоз в шейном отделе при УЗИ визуализировать практически не удавалось, что обусловлено особенностями методики проведения исследования: из передне-бокового доступа искривления позвоночного столба во фронтальной плоскости не определялись, методика же исследования из заднего доступа предполагает установку датчика вдоль позвоночного столба либо параллельно его центральной оси, что также не способствует выявлению сколиоза.

Эхографически хорошо определялись листезы шейных позвонков. Из 45 (35,7%) случаев наличия листеза, верифицированных другими методами лучевой диагностики, при УЗИ они были подтверждены во всех наблюдениях. У одного пациента могли наблюдаться листезы различных видов. Наблюдали 12 (9,5%) случаев ретроспондилолистеза (смещение кзади), 14 (11,1%) – антеспондилолистеза (смещение кпереди) (рис. 4.2), 16 (12,7%) – левостороннего и 11 (8,7%) правостороннего латероспондилолистеза (бокового смещения), а также 18 (14,3%) случаев множественного лестничного листеза (рис. 4.3).

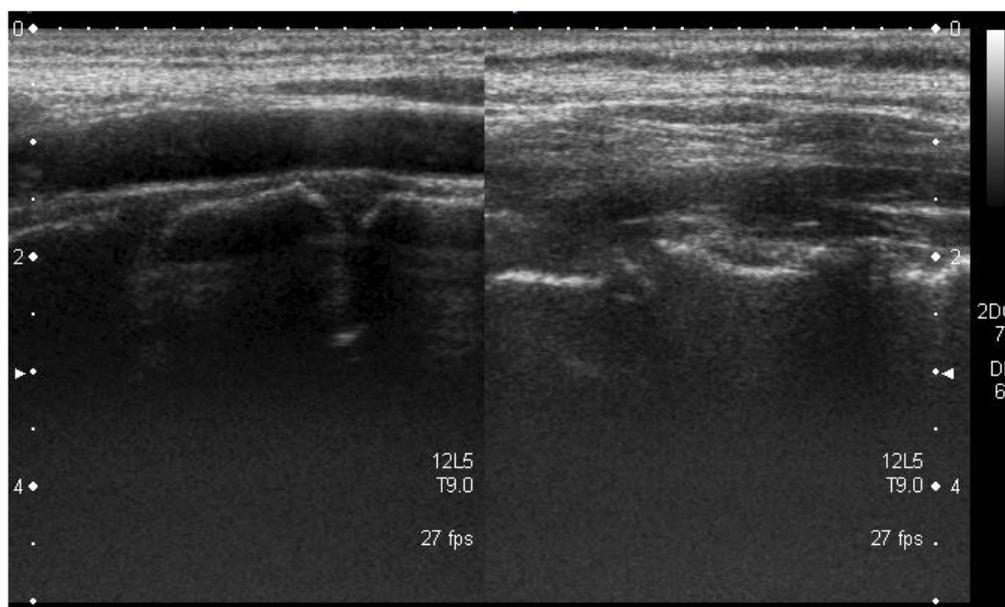


Рис. 4.2. Позвонки шейного отдела С4-С6 у здорового добровольца (слева) и у пациента с антеспондилолистезом позвонка С5 (справа). УЗИ в продольной проекции из передне-бокового доступа



Рис. 4.3. Множественный лестничный листез IV-VI позвонков шейного отдела. УЗИ в продольной проекции из передне-бокового доступа

Выраженность листезов была ограничена I степенью (смещение не более чем на 25% диаметра диска). Все листезы носили дегенеративный

характер, что было установлено посредством исключения при клинико-анамнестическом анализе и дообследовании врожденных истмических или диспластических изменений, травм и опухолей шейного отдела позвоночника, а также выявления признаков остеохондроза и спондилеза.

Эхографически представлялось возможным оценить стабильность листеза посредством функциональной пробы (наклона головы вперед-назад и вправо-влево). У большинства – 27 (21,4%) пациентов листезы были стабильными за счет фиксации позвонка окружающими тканями. У 18 (14,3%) пациентов был определен нестабильный листез, что расценено как фактор риска его резкого усиления с ущемлением структур спинномозгового канала. Следует отметить, что аналогичные функциональные пробы традиционно проводятся при рентгенологических исследованиях, однако стабильность листеза затруднительно определить при КТ- и МРТ-исследованиях, что иллюстрирует преимущества УЗИ шейного отдела позвоночника.

Эхографически поверхность позвонков, обращенная к датчику, у здоровых лиц была ровной (рис. 4.4 а). При наличии дегенеративных изменений шейного отдела позвоночника наружная поверхность позвонков приобретала гетерогенный характер за счет наличия множественных бугорков и шероховатостей, что проявлялось неравномерным повышением эхогенности наружного контура позвонков. У всех пациентов изучаемой группы определялись как в продольной (рис 4.4 б), так и в поперечной проекциях (рис 4.5 б) более крупные – размером 3-7 мм – единичные или множественные костные разрастания в виде «шипов» по вентральной и латеральной поверхности позвонков – краевые остеофиты, наличие которых было подтверждено другими методами лучевой визуализации (рис. 4.5 а).

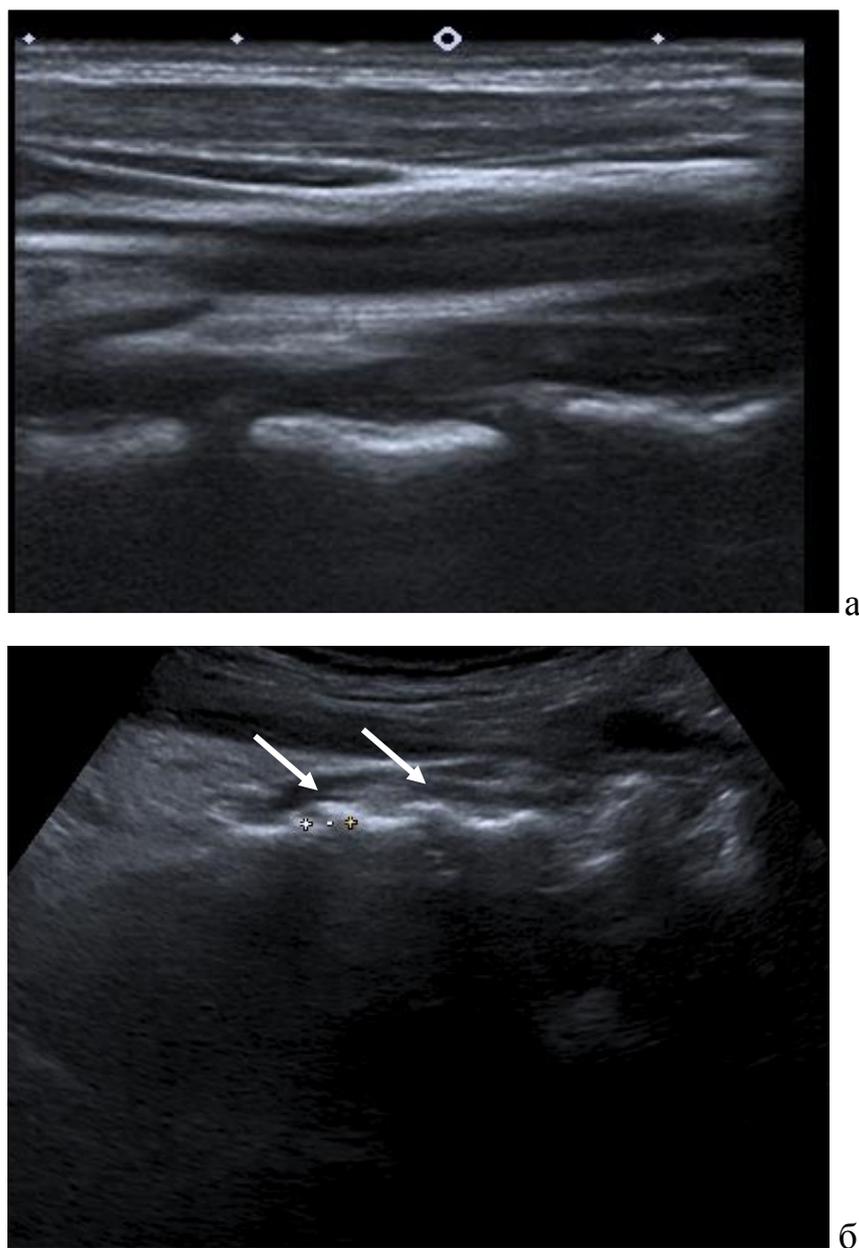
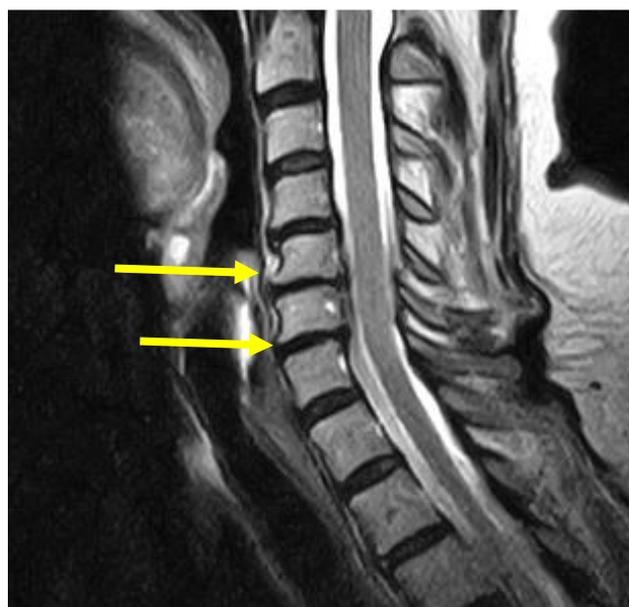
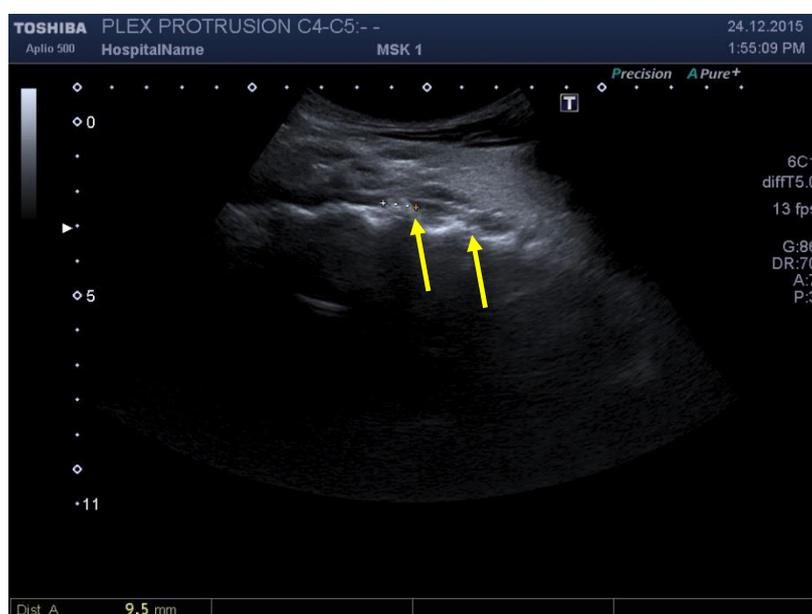


Рис. 4.4. УЗИ позвонков шейного отдела в продольной проекции из передне-бокового доступа: а – здорового добровольца; б – пациента с дегенеративными изменениями позвоночника (стрелками указаны краевые остеофиты)

Во всех случаях остеофиты, выявленные другими методами лучевой визуализации, удавалось подтвердить при УЗИ. Ложноположительных заключений УЗИ не было.



а



б

Рис. 4.5. Остеофиты на передних поверхностях тел позвонков С4 и С5 (а) и С5 (б) (указаны стрелками): а – МРТ-изображение, б – УЗИ в продольной проекции, конвексный датчик 3,5-5,0 МГц

Также при дегенеративных изменениях позвоночника наблюдали изменения эхографических характеристик межпозвонковых дисков. Так, по сравнению с межпозвонковыми дисками здоровых лиц они становились более эхогенными (см. рис. 4.1 справа, рис. 4.2 справа, рис. 4.4 б), что, по нашему мнению, связано с их дегидратацией и изменением биохимического состава.

Также отмечено уменьшение высоты межпозвонковых дисков, подтвержденное при СКТ, МРТ или рентгенографии (рис. 4.6).

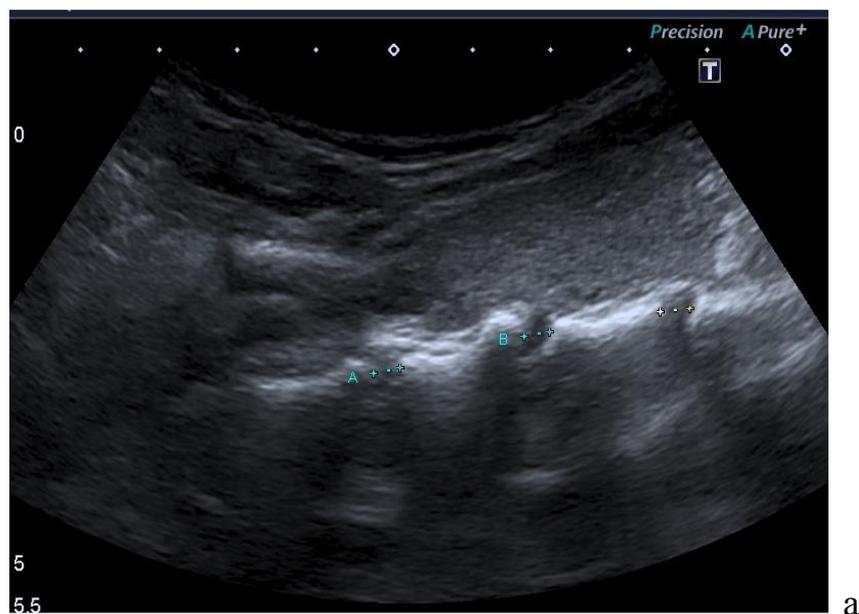


Рис. 4.6. Снижение высоты межпозвонковых дисков C4-C5, C5-C6, C6-C7: а – УЗ изображение в продольном сканировании, б – та же больная, исследование референтным методом (рентгенография)

Так, средняя высота диска у здоровых лиц составила  $4,3\pm 0,49$  мм, у пациентов с дегенеративными изменениями –  $3,8\pm 0,74$  мм ( $p < 0,05$ ). Однако за счет значительной индивидуальной вариабельности данного показателя как у здоровых лиц (3,1-5,1 мм), так и у пациентов с шейной радикулопатией (3,0-5,3 мм) определить граничные значения нормальной высоты межпозвонкового диска не представляется возможным. Таким образом, объективное использование количественного показателя абсолютной высоты межпозвонкового диска в оценке выраженности дегенеративных изменений позвоночника не является статистически обоснованным. У 118 (93,7%) пациентов определялись выпячивания пульпозного ядра за пределы контура межпозвонкового диска размером от 1,5 до 5,8 мм – протрузии или грыжи. Количество протрузий и/или грыж у одного пациента варьировало от 1 до 5, медиана 3. У 114 пациентов визуализировались верифицированные лучевыми методами протрузии межпозвонковых дисков C2-C7. Общее количество протрузий составило 191. Наиболее частыми были протрузии позвонков C3-C4 – у 34 (27,0%) пациентов, C4-C5 – у 55 (43,7%), C5-C6 – у 57 (45,2%). Грыжи межпозвонковых дисков были выявлены у 108 (85,7%) больных. Наиболее часто грыжи были локализованы на уровне C5-C6 – у 48 (38,1%) пациентов, C6-C7 – у 52 (41,3%), C4-C5 – у 28 (22,2%), C3-C4 – у 21 (16,7%). На других уровнях грыжи выявлялись значительно реже. Общее количество грыж межпозвонковых дисков составило 154.

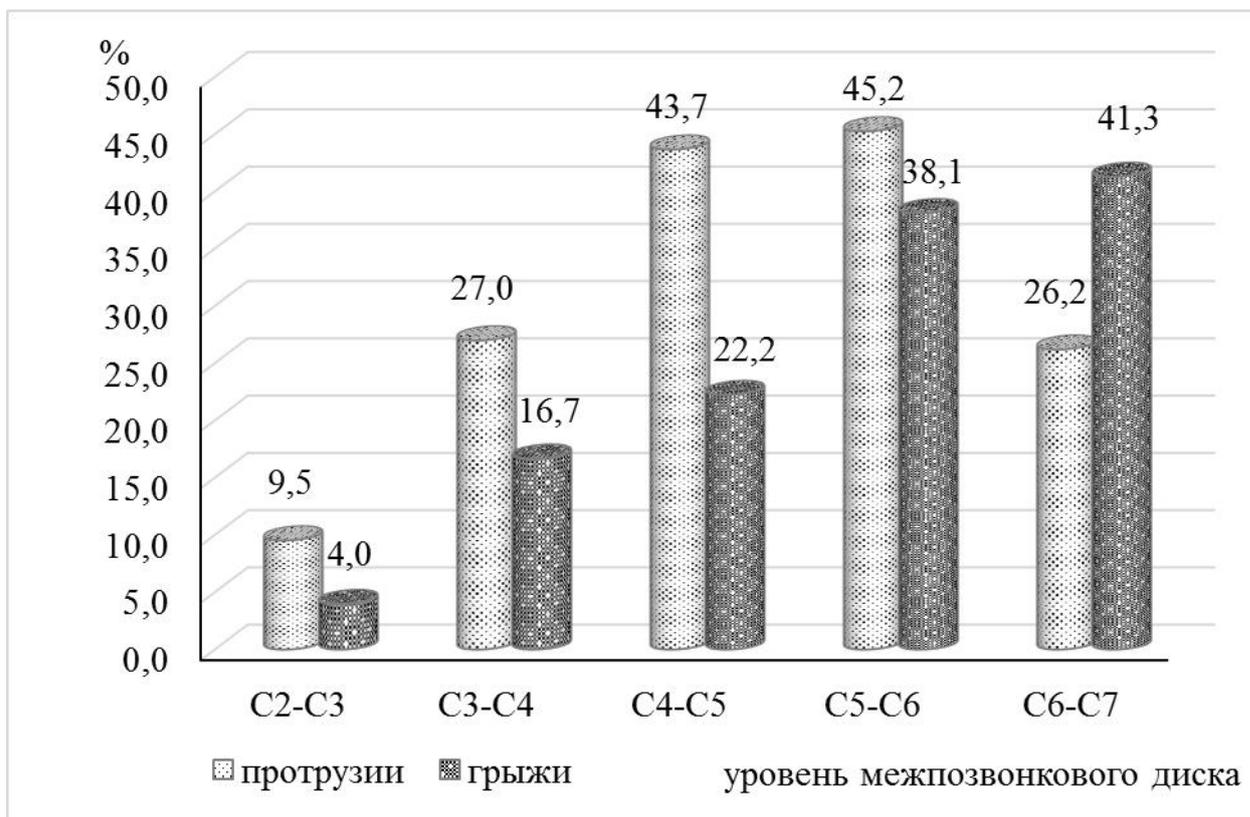


Рис. 4.7. Частота (в %) протрузий и грыж межпозвонковых дисков шейного отдела

Прослеживается статистически ( $p < 0,05$ , метод множественных сравнений Шеффе) подтвержденная тенденция к увеличению количества выпячиваний пульпозного ядра за пределы контура межпозвонкового диска (протрузий и грыж в сумме) от диска C2-C3 до C6-C7.

Имели место как изолированные протрузии, так и сочетание протрузий и грыж у одного пациента (рис. 4.8 а). При наличии грыж во всех случаях выявляли протрузии с смежных (чаще вышележащих) отделах ШОП.

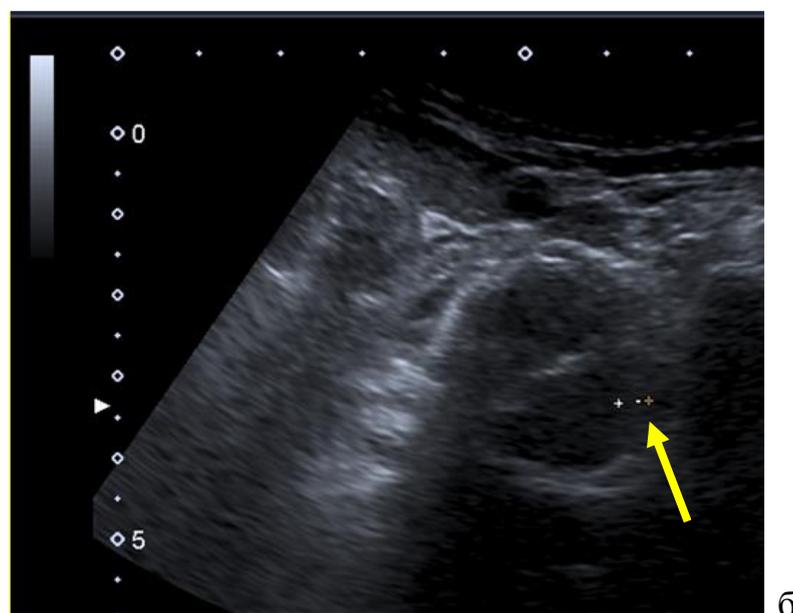
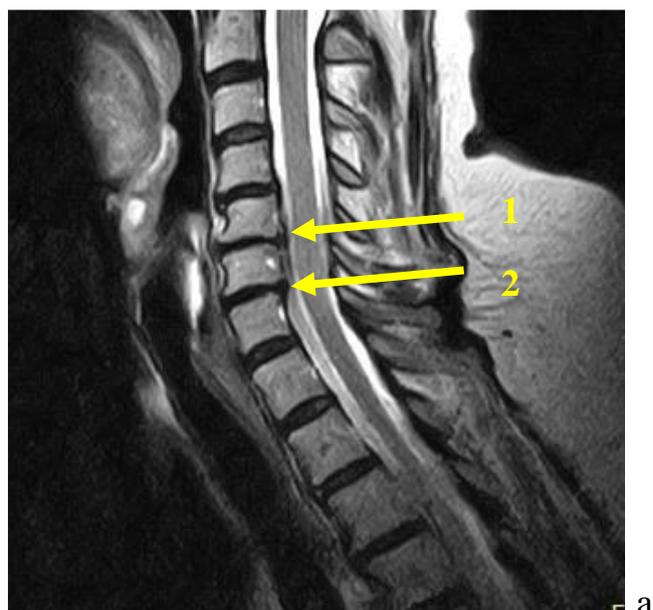


Рис. 4.8. Выпячивания пульпозного ядра межпозвонковых дисков: а – протрузия (1) на уровне С4-С5 и грыжа (2) на уровне С5-С6, МРТ-изображение, б – грыжа на уровне С5-С6, УЗИ, поперечное сканирование, конвексный датчик 3,5МГц

Эхографически протрузии и грыжи межпозвонковых дисков визуализировались при поперечном сканировании как выпячивание гипоэхогенного пульпозного ядра на 2-5 мм. Определялись как дорсальные, так и латеральные протрузии и грыжи, выпячиваний кпереди не наблюдали. При протрузиях определялось сохранное фиброзное кольцо в виде

гиперэхогенной структуры, окружающей пульпозное ядро, контур которой в области протрузии был несколько деформирован за счет выпячивания. При грыжах наблюдали дефект фиброзного кольца в виде нарушения целостности гиперэхогенной структуры, окружающей гипоэхогенное пульпозное ядро, в месте его выпячивания. Поскольку при МРТ дифференцирующим признаком между протрузией и грыжей является размер выпячивания (соответственно до и более 3 мм), возможность дифференцировки выпячиваний посредством эхографической оценки целостности фиброзного кольца можно считать преимуществом УЗИ.

Однако следует отметить, что изменения, выявляемые при МРТ, далеко не всегда определялись при УЗИ. Так, при МРТ были диагностированы 233 грыж межпозвонковых дисков на уровне от С1-С2 до С7-Т1, из них определялись эхографически 154 (66,1%). Из 421 протрузий, выявленных при МРТ, 191 (45,4%) визуализировались при УЗИ. Наиболее характерными ложноотрицательные результаты были для наиболее высокого и низкого уровней дисков, сложных для ультразвуковой визуализации. Ложноположительных УЗ заключений о протрузиях и грыжах не было.

Таким образом, чувствительность метода УЗИ в выявлении протрузий и грыж межпозвонковых дисков составила 45,4% и 61,8%, специфичность – 100%. Различия в чувствительности метода УЗИ в выявлении протрузий и грыж обусловлено меньшими размерами протрузий и отсутствием при них дефекта гиперэхогенного фиброзного кольца, что затрудняет диагностику выпячивания. Общая чувствительность метода в выявлении выпячиваний пульпозного ядра составила 55,5%.

#### 4.2. Ультразвуковая визуализация изменений спинномозговых нервов шейного отдела у больных с шейной радикулопатией

Ультразвуковые изображения спинномозговых нервов у больных ШРП имели ряд особенностей.

При анализе диаметров всех доступных для визуализации нервов у здоровых лиц и больных ШРП были получены следующие результаты.

У 45 здоровых лиц визуализации были доступны 378 спинномозговых нервов шейного отдела (189 пар), в среднем 8,4 нерва (4,2 пары) у человека. Во всех случаях визуализировались оба нерва из пары (правый, левый).

У 126 пациентов с ШРП удалось визуализировать в целом 982 нервов, в среднем – 7,8 нерва у человека. В 8 случаях визуализации был доступен один нерв из пары на стороне, противоположной пораженной, в связи с тем, что пациент не мог принять оптимальное для проведения исследования положение с откинутой назад головой вследствие выраженного болевого синдрома. У 6 больных не удалось визуализировать на стороне поражения нерв C<sub>VII</sub>, в одном – C<sub>III</sub> и C<sub>IV</sub>. Количественные характеристики спинномозговых нервов, доступных для визуализации, приведены в табл. 4.1

Таблица 4.1.

**Диаметры спинномозговых нервов у больных ШРП (n=982)**

Уровень спинномозгового нерва	Диаметр нерва справа, мм		Диаметр нерва слева, мм	
	прокси- мальный	дисталь- ный	прокси- мальный	дисталь- ный
C <sub>III</sub>	5,2±1,2	3,5±0,7	4,9±1,3	3,3±0,7
C <sub>IV</sub>	4,8±1,3	3,2±1,0	4,8±1,5	3,1±0,8
C <sub>V</sub>	4,7±1,3	3,1±0,9	4,8±1,5	3,1±0,9
C <sub>VI</sub>	4,5±0,3	3,0±0,9	4,6±1,5	3,0±1,0
C <sub>VII</sub>	3,8±1,8	2,6±1,2	3,7±1,6	2,8±1,1

Анализ полученных данных позволил прийти к следующим заключениям. Достоверных различий в значениях диаметров (проксимального и дистального) между правой и левой стороной, а также стороной поражения и контралатеральной выявлено не было, что позволило объединить полученные значения диаметров в единую выборку для дальнейшей обработки.

Среднее значение проксимального диаметра составило  $4,8 \pm 1,4$  мм, дистального –  $3,1 \pm 0,9$  мм. При дальнейшей обработке данных была выявлена закономерность, не наблюдавшаяся у здоровых добровольцев. При комплексном анализе (метод множественных сравнений Шеффе) установлена статистически значимая ( $p < 0,05$ ) тенденция к уменьшению диаметров нерва – как проксимального, так и дистального – при снижении уровня позвоночного сегмента. Так, среднее значение проксимального диаметра  $C_{III}$  составило  $5,1 \pm 1,6$  мм, а нерва  $C_{VII}$  –  $3,7 \pm 1,8$  мм. Такие же закономерности установлены и для дистального диаметра. В профильной литературе не найдено объяснения данной закономерности. По нашему мнению, уменьшение диаметра нерва в зависимости от уровня позвоночного сегмента связано с большей выраженностью дегенеративных изменений в нижних отделах шейного отдела позвоночника. Косвенным подтверждением этой гипотезы является факт, что подобная зависимость установлена и для толщины межпозвонковых дисков.

Также определено, что для группы пациентов с ШРП характерны более высокие значения дисперсии в значениях проксимального и дистального диаметров спинномозговых нервов по сравнению с аналогичными показателями у здоровых лиц ( $p < 0,001$ ), что указывает на значительную вариабельность изучаемых показателей.

Причины такой вариабельности, по нашему мнению, неоднозначны и могут варьировать у разных пациентов. Так, проксимальные диаметры могут зависеть от наличия и степени отека нерва в месте выхода его из

позвоночного канала, различия в дистальных диаметрах - от различной степени компрессии на нерв со стороны остеофитов.

Кроме того, было сделано наблюдение об отрицательной корреляции среднего значения диаметра нерва у пациента и длительности заболевания. Установлено, что коэффициент корреляции Пирсона между этими показателями составляет  $-0,38$  ( $p < 0,01$ ). Уменьшение диаметра нерва в зависимости от длительности заболевания обусловлено дегенеративными изменениями нерва, вызванными компрессией и хроническим нарушением его питания. Так, к примеру, у пациента С., длительность заболевания которого составила 320 месяцев (более 25 лет), средний проксимальный диаметр нервов составил  $1,9 \pm 0,2$  мм (рис. 4.9), дистальный –  $1,4 \pm 0,1$  мм, что более чем вдвое ниже соответствующих значений в выборке пациентов в целом (соответственно  $4,8 \pm 1,4$  мм и  $3,1 \pm 0,9$  мм).

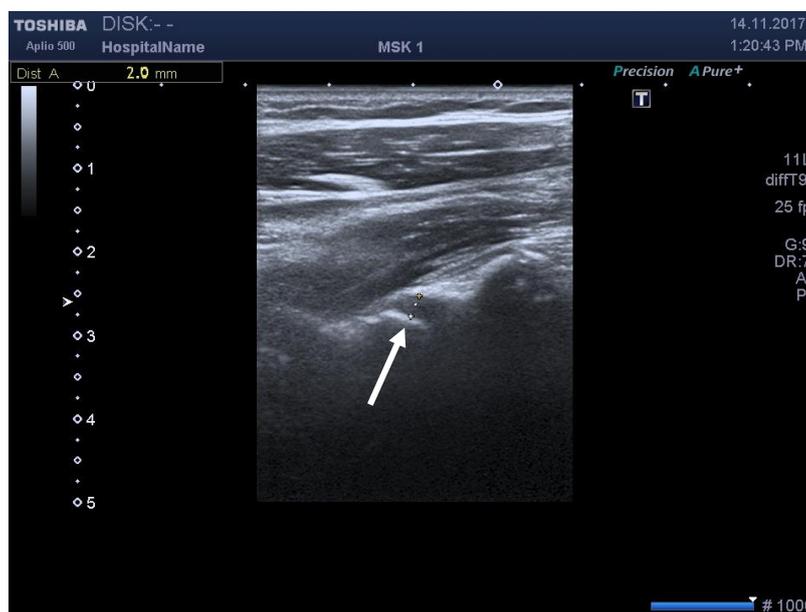


Рис. 4.9. Спинномозговой нерв С<sub>III</sub> справа пациента С., длительность заболевания 320 месяцев: проксимальный диаметр нерва – 2 мм

Значительная вариабельность диаметров шейных спинномозговых нервов побудила к изучению характеристик нервов, механическое воздействие на которые явилось причиной корешкового синдрома. Для

анализа были отобраны случаи, когда с применением клинических методов и данных МРТ (КТ) удалось определить уровень и сторону поражения, вызывающего корешковый синдром, т.е. установить непосредственно пораженный нерв. У одного пациента было идентифицировано 1-2 пораженных нерва с клиническими проявлениями корешкового синдрома, таким образом, общее количество пораженных нервов, доступных для визуализации, составило 138.

Преобладали пораженные нервы на левой стороне – 102 (73,9%), что, по нашему мнению, связано с тем, что у всех пациентов доминантной рукой была правая, а предрасположенность к развитию остеофитов выше со стороны недоминантной руки. При УЗИ пациентов с шейной радикулопатией на стороне поражения по сравнению с контралатеральной стороной визуально выявляли снижение эхогенности пораженного нерва, что, по нашему мнению, обусловлено его отеком.

Распределение пораженных нервов по уровню (независимо от стороны) также было неоднозначным. Максимум приходился на нерв C<sub>V</sub> – 30,4%.

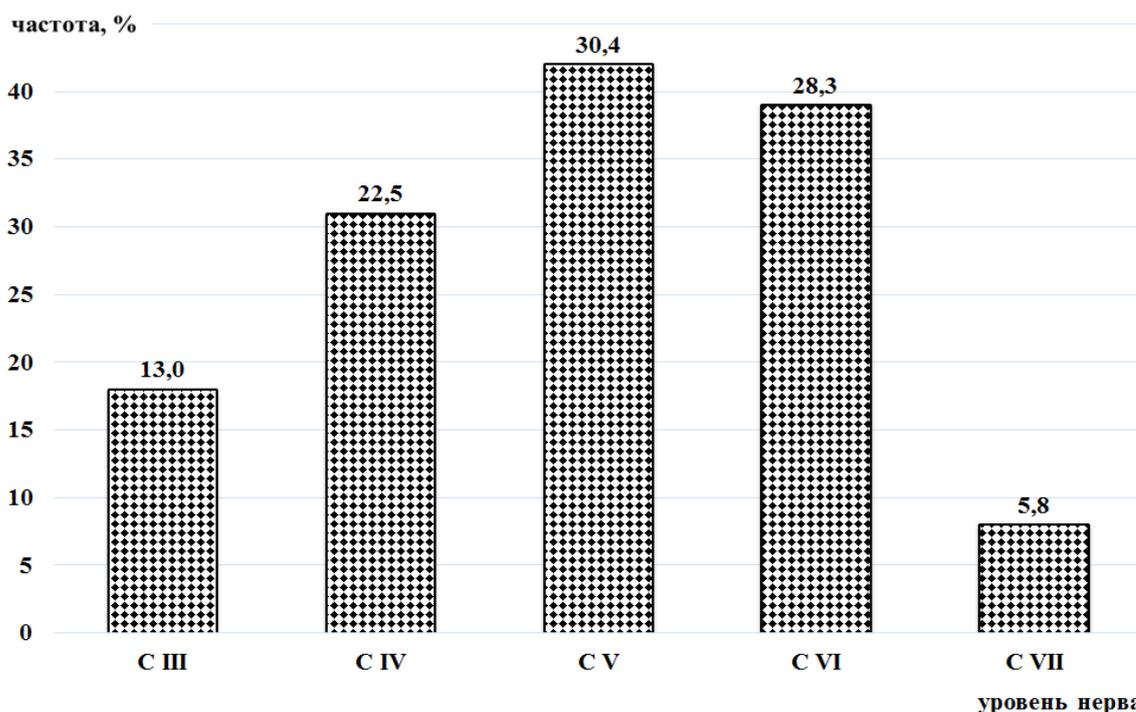


Рис. 4.10. Распределение по уровням (в %) пораженных нервов ШОП, визуализируемых при УЗИ

Полученные данные согласуются со сведениями о наиболее частых дегенеративных изменениях межпозвонковых дисков соответствующего уровня – C<sub>IV</sub> - C<sub>V</sub>, C<sub>V</sub> - C<sub>VI</sub>.

Форма пораженных нервов также имела ряд эхографически выявляемых различий. При поражении нерва выявляли: деформацию проксимальной части нерва (рис. 4.11), как правило, вследствие увеличения проксимального за счёт отека и уменьшения дистального диаметров нерв в проксимальной части менял свою форму на близкую к конусовидной. Наблюдали нарушение нормального хода нерва вследствие его оттеснения остеофитом, грыжей или другими образованиями. При наличии остеофитов наблюдали вызванное их механическим воздействием различной степени выраженности нарушение нормального расположения дистального участка нервного ствола и точки перегиба.

Остеофит визуализировался как гиперэхогенная структура с выраженным эффектом дистального затухания, оттесняющая нервный ствол кнаружи (в направлении от позвоночного столба), расположенная в точке перегиба либо на 2-3 мм дистальнее ее. Смещение нерва остеофитом наблюдалось в верхне-дорсальном направлении (рис. 4.12).

При этом в случае одновременной визуализации нескольких нервных стволов отмечено нарушение их параллельного расположения (рис 4.13).

Также было отмечено изменение эхографических характеристик нерва и окружающих тканей. Эхогенность пораженного нерва была ниже, чем у соответствующего нерва на контралатеральной стороне, не имеющего признаков корешкового синдрома. Данный факт может быть объяснен отеком нерва как результата воспаления вследствие хронического механического воздействия.



Рис. 4.11. Спинномозговой нерв  $C_{VI}$ , компрессируемый остеофитом. УЗИ в В-режиме, линейный датчик 7,5-12,0 МГц. Пояснения в тексте



Рис. 4.12. Остеофит, расположенный по передней поверхности тела позвонка  $C_5$ , отесняет спинномозговой нерв  $C_V$  слева в зоне перегиба в верхне-дорсальном направлении

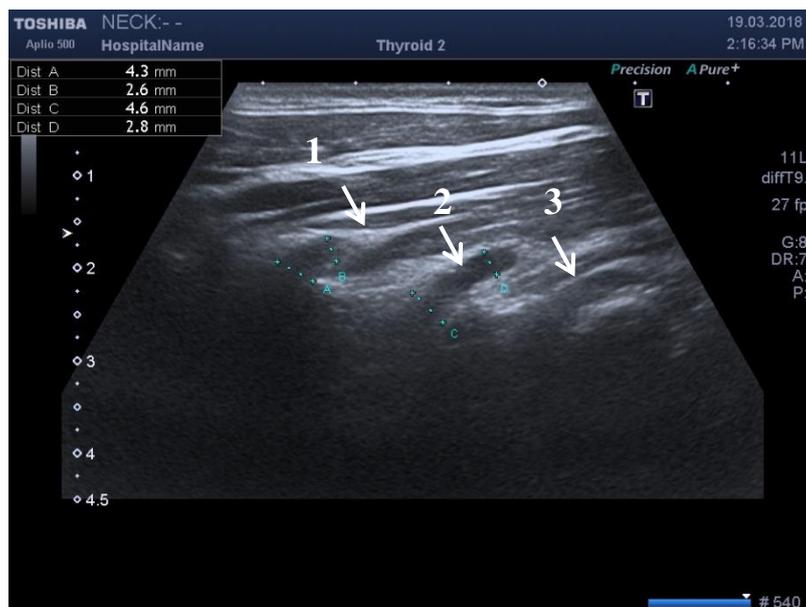


Рис. 4.13. Спинномозговые нервы  $C_{IV}$  (1),  $C_V$  (2),  $C_{VI}$  (3) слева у пациента с ШРП. Нарушение параллельного взаиморасположения за счет компрессии остеофитом нерва  $C_{IV}$

Форма нерва в большинстве случаев отличалась от таковой у здоровых лиц, прежде всего, за счет различного рода деформаций со стороны остеофитов (см. рис. 4.11, 4.12, 4.13). Нерв визуализировался как гипоэхогенная протяженная структура с переменным диаметром. В зоне компрессии отмечали локальное уменьшение дистального диаметра (указано стрелкой) за счет компрессии остеофитом.

Далее был проведен анализ диаметра пораженного нерва, т.е. подвергнутого со стороны дегенеративно измененных позвоночных структур воздействию, вызывающему корешковый синдром.

Количественные показатели, а именно проксимальные и дистальные диаметры пораженных нервов, у больных ШРП также имели ряд отличий по сравнению с аналогичными показателями у здоровых добровольцев, а также нервов, контралатеральных пораженному, не имеющих признаков корешкового синдрома.

Проведен анализ проксимальных и дистальных диаметров пораженного нерва и контралатерального ему, не имеющего признаков шейной

радикулопатии. Соотношение определяемой при УЗИ толщины нерва (проксимальный диаметр) на пораженной и интактной сторонах было неоднозначным. Наблюдали как увеличение изучаемого показателя на одной из сторон, так и отсутствие визуально определяемых при УЗИ различий.

Однако установлено, что наиболее частым было увеличение нерва на пораженной стороне по сравнению с интактной. Так, из 138 изученных пар нервов у 126 пациентов в 85 (61,6%) парах большую толщину имел пораженный нерв. Толщина на контралатеральных сторонах различалась на 0,1-0,4 мм, в среднем на  $0,20 \pm 0,09$  мм ( $p < 0,01$ ). В 37 (26,8%) случаях не выявлено эхографически определяемых различий в толщине нерва на контралатеральных сторонах. В 16 (11,6%) случаях толщина нерва на пораженной стороне была на 0,1-0,2 мм (в среднем на  $0,13 \pm 0,04$  мм) меньше, чем на интактной, что, по нашему мнению, обусловлено индивидуальными анатомическими особенностями.

Не выявлено зависимости в соотношении толщины нерва на пораженной и интактной сторонах от уровня позвоночного сегмента.

Проведен сравнительный анализ диаметров спинномозговых нервов шейного отдела у здоровых лиц и пораженных нервов у пациентов с ШРП. Полученные результаты обобщены в табл. 4.2. Полученные данные свидетельствуют, что пораженный нерв характеризовался бóльшим проксимальным диаметром ( $5,22 \pm 1,49$  мм) и меньшим дистальным ( $2,43 \pm 1,31$  мм) как по сравнению со здоровыми нервами (соответственно  $4,66 \pm 0,53$  мм и  $4,09 \pm 0,45$  мм), так и со средними значениями диаметров всех доступных для визуализации нервов у больных ШРП (соответственно  $4,82 \pm 1,43$  мм и  $3,13 \pm 0,89$  мм). Выявленные различия могут быть обусловлены отеком проксимальной части нерва и компрессией со стороны остеофита на точку перегиба (дистальный диаметр), что подтверждается ультразвуковыми изображениями пораженного нерва, контралатерального нерва без признаков корешкового синдрома и здорового нерва.

Таблица 4.2.

**Диаметры здоровых и пораженных спинномозговых нервов  
шейного отдела**

Параметр	У здоровых лиц, n=188	Пораженный нерв у больных ШРП, n=138	p
Проксимальный диаметр			
• минимальное значение, мм	3,7	1,7	
• максимальное значение, мм	6,0	7,0	
• среднее значение, мм	4,66±0,53	5,22±1,49	>0,05
• дисперсия	0,279	2,220	<0,001
Дистальный диаметр			
• минимальное значение, мм	2,4	1,2	
• максимальное значение, мм	5,3	3,1	
• среднее значение, мм	4,09±0,45	2,43±1,31	<0,01
• дисперсия	0,203	1,72	<0,001

Также следует отметить высокие значения дисперсии изучаемых параметров для пораженных нервов, что обусловлено значительной вариабельностью показателей (табл. 4.2). Так, дисперсия значений проксимального диаметра у здоровых лиц составила 0,297, у пациентов с ШРП в целом – 2,055, пораженных нервов – 2,220.

Диапазон значений проксимального диаметра пораженного нерва – от 1,7 до 7,0 мм (5,3 мм) значительно выше, чем для здорового – от 3,7 до 6,0 мм (2,3 мм). В связи с большой вариабельностью и высокими значениями дисперсии, несмотря на бóльшие средние значения диаметра пораженного нерва в проксимальной его части статистически достоверность различий подтвердить не удалось. Также при статистическом анализе не удалось выявить граничных значений диаметров между здоровым и пораженным

нервом. Таким образом, проксимальный диаметр шейного спинномозгового нерва не может служить количественным критерием его воспаления.

В отношении дистального диаметра шейных спинномозговых нервов были выявлены несколько иные закономерности. Установлена и статистически подтверждена ( $p < 0,01$ ) тенденция к его уменьшению в пораженных нервах за счет компрессии со стороны остеофита. Различия данного показателя с таковым у здоровых лиц статистически значимы: соответственно  $4,09 \pm 0,45$  мм и  $2,43 \pm 1,31$  мм. Также следует отметить достоверно ( $p < 0,001$ ) бóльшую дисперсию значений дистального диаметра пораженного нерва за счет различной степени выраженности компрессионного воздействия со стороны остеофита. Кроме того, следует отметить более низкие значения минимального и максимального диаметров пораженного нерва по сравнению со здоровым, что может объясняться как компрессией, так и дегенеративными изменениями различной степени выраженности. Однако, как и для проксимального диаметра, для дистального диаметра не удалось выявить граничных значений между нормой и патологическими изменениями, т.е. абсолютный показатель дистального диаметра не может выступать в качестве количественного критерия выраженности воспаления спинномозгового нерва.

С целью объективизации оценки изменений спинномозгового нерва шейного отдела, являющихся причиной корешкового синдрома, предложен новый информативный параметр. Данный параметр назван нами градиентом диаметра нерва (ГДН). ГДН представляет собой градиент диаметра на протяжении участка от точки выхода нерва из спинномозгового канала до точки перегиба и рассчитывается по формуле (4.1).

Проведены расчеты ГДН у здоровых лиц, ГДН пораженных нервов у пациентов с корешковым синдромом и нервов, контралатеральных пораженным у тех же больных. Полученные данные обобщены в таблице 4.3.

$$G = \frac{d_{pr} - d_{ds}}{d_{pr}} \times 100\% \quad (4.1)$$

где:

$G$  – градиент диаметра нерва

$d_{pr}$  – проксимальный диаметр нерва, мм

$d_{ds}$  – дистальный диаметр нерва, мм

Таблица 4.3.

**Градиент диаметра спинномозгового нерва у здоровых лиц и пациентов с ШРП с корешковым синдромом и без такового**

Градиент диаметра нерва, %	Неизмененные нервы у здоровых лиц, n=45	Измененные нервы у больных с корешковым синдромом, n=138	Контралатеральные нервы у больных с корешковым синдромом, n=138
минимальный	9,8	22,1	10,5
максимальный	14,5	48,4	18,4
средний	12,9±6,9	33,7±15,4	14,9±6,2

Результаты исследования свидетельствуют, что ГДН является информативным параметром, объективно отображающим состояние нерва и нивелирующим индивидуальные анатомические колебания. Так, у здоровых лиц, несмотря на различия в диаметрах нервов, показатель ГДН достаточно стабилен и не превышает 15%. У пациентов с естественными изменениями ШОП, сопровождающимися изменениями нервных стволов, наблюдается значительная вариабельность диаметров нервов, не имеющих признаков воспаления, обусловленная разной степенью дегенеративных изменений нерва. Однако при этом показатель ГДН варьирует незначительно – как и у здоровых лиц, вариабельность составляет порядка 25-30% от средней

величины. Показатель ГДН у нервов здоровых лиц и нервов без признаков корешкового синдрома у пациентов с ШРП не имеет статистически значимых различий.

У больных ШРП для пораженного нерва показатель ГДН значительно отличается от такового как у здоровых лиц, так и для нерва на контралатеральной стороне без признаков корешкового синдрома. Даже его минимальное значение выходит за пределы диапазона ШРП для неизмененных нервов (рис. 4.14).

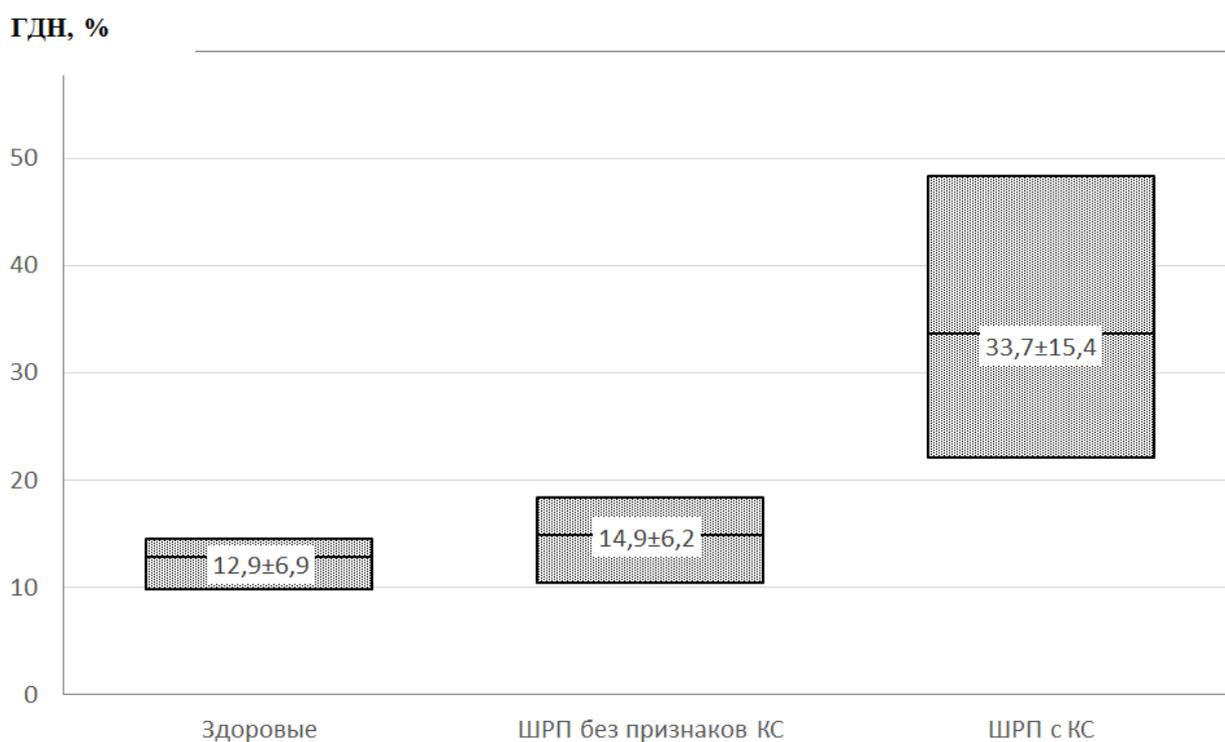


Рис. 4.14. Диапазоны и средние значения показателя ГДН у здоровых лиц и у больных с ШРП при отсутствии и наличии корешкового синдрома

Таким образом, выявлен новый информативный ультразвуковой параметр для оценки компрессии нерва – градиент дистального и проксимального диаметров. Граничные значения показателя ГДН были заданы следующим образом (табл. 4.4).

Таблица 4.4.

**Граничные показатели ГДН для спинномозговых нервов шейного отдела**

Значение показателя ГДН	Интерпретация
до 15%	Здоровый нерв
15-20%	Нерв без признаков воспаления у пациентов с дегенеративными изменениями ШОП
более 20%	Нерв с признаками воспаления, проявляющегося корешковым синдромом

Поскольку показатель ГДН является величиной, зависимой от двух основных параметров – отека проксимальной части нерва и сужения вследствие компрессии в точке перегиба – он является объективным количественным критерием выраженности патологических изменений спинномозгового нерва шейного отдела, вызванных как воздействием до точки выхода из позвоночного канала (грыжи межпозвонковых дисков, унковертебральный артроз), так и за его пределами (со стороны остеофита). Таким образом, показатель ГДН может быть использован для объективизации ультразвукового заключения о состоянии спинномозговых нервов шейного отдела.

Использование показателя ГДН отображено в клиническом примере. Пациент Н., 47 лет, водитель, обратился с жалобами на боль в шее слева, онемение руки и плеча слева, боль в плечевом суставе при движении рукой, слабость в левой руке. Считает себя больным в течение 14 лет, отмечает чередование обострений с периодами ремиссии. В настоящее время длительность обострения составила 4 суток с отрицательной динамикой в отношении болевого синдрома.

Объективно: болевые ощущения в шее, надплечье и по передней поверхности верхней части плеча, оцениваемые пациентом в 6-7 баллов по визуально-аналоговой шкале. По наружной поверхности плеча отмечаются нарушения чувствительности по корешковому типу, парез в проксимальном отделе левой руки, снижение рефлексов с двуглавой мышцы плеча и плечелучевой мышцы. Клинический диагноз: цервикальная миелорадикулопатия слева с корешковым синдромом, с проксимальным парезом левой руки.

При МРТ выявлены множественные двусторонние остеофиты позвонков на уровнях С4, С5, С6, С7, протрузии межпозвонковых дисков С4-С5, С5-С6.

Проведено УЗИ из передне-латерального доступа слева, линейный датчик 7,5-12,0 МГц. Установлено сглаживание шейного лордоза, уменьшение высоты межпозвонковых дисков, множественные двусторонние остеофиты позвонков на уровнях С4, С5, С6 размером до 4 мм (рис. 4.15).

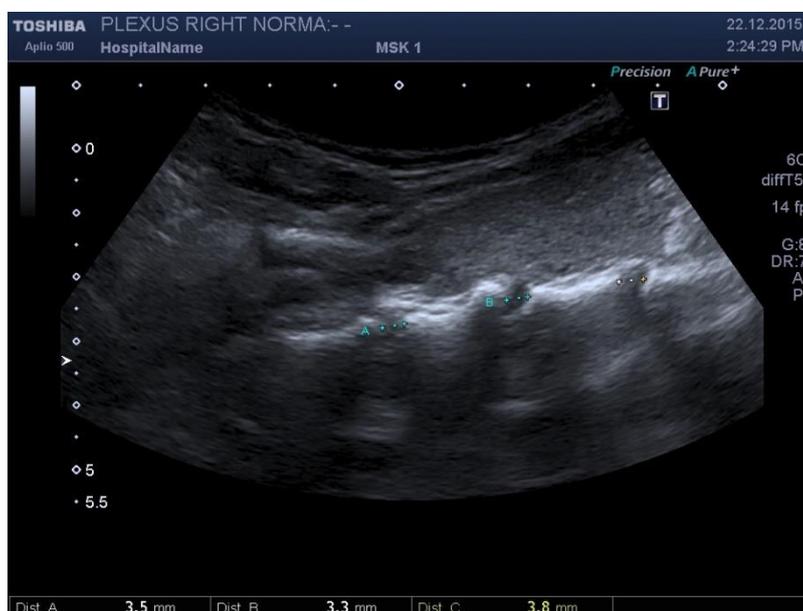


Рис. 4.15. УЗ исследование позвоночника больного Н. Конвексный датчик 3,5-5,0 МГц. Множественные остеофиты позвонков С4, С5, С6

При исследовании нервов отмечено изменение нерва  $C_V$  слева, проявляющееся в повышении его эхогенности. Определяется остеофит тела позвонка  $C_5$ , оказывающий компрессионное воздействие на нерв  $C_V$  и оттесняющий его кзади. В месте компрессии отмечено локальное уменьшение диаметра нерва. Также визуально отмечается утолщение нерва в проксимальной части. Проксимальный диаметр нерва составил 4,8 мм, дистальный – 2,9 мм (рис. 4.16).

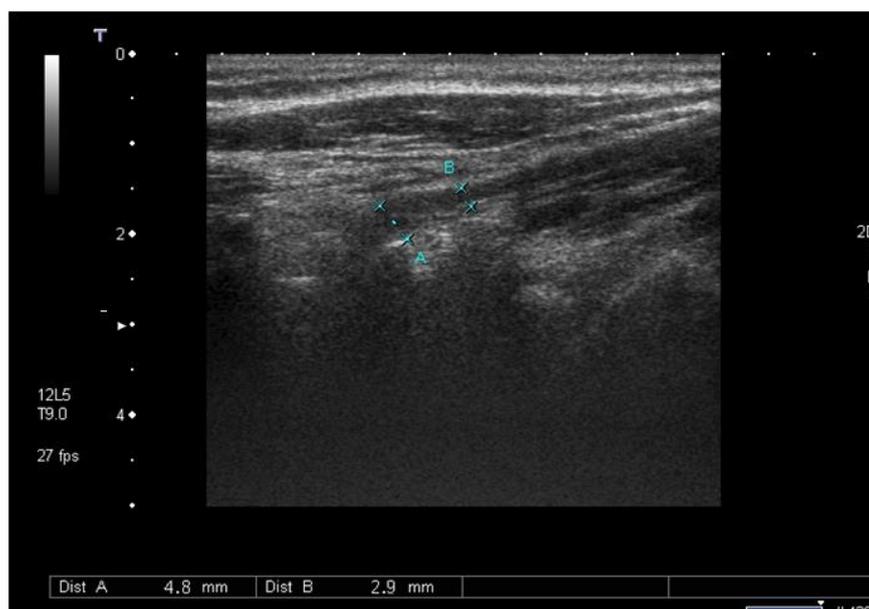


Рис. 4.16. Определение показателя ГДН на основе ультразвукового исследования шейного спинномозгового нерва  $C_V$  слева

Расчет значений ГДН по формуле (4.1) позволил определить значение показателя как 39,6%, т.е. значительно превышающее граничные значения. Вывод: воспалительные изменения нерва  $C_V$  слева, вызванные компрессией со стороны остеофита.

Таким образом, в данном клиническом примере у пациента отмечены множественные разнообразные дегенеративные изменения шейного отдела позвоночника на нескольких уровнях, однако УЗИ позволило установить, что причиной корешкового синдрома явилась компрессия со стороны остеофита

на нерв  $C_V$  слева, вызвавшая его воспалительные изменения. Полученные данные могут быть использованы для выбора тактики лечения пациента.

У одного пациента также может наблюдаться воспаление нескольких нервных корешков, что иллюстрирует рис. 4.17.

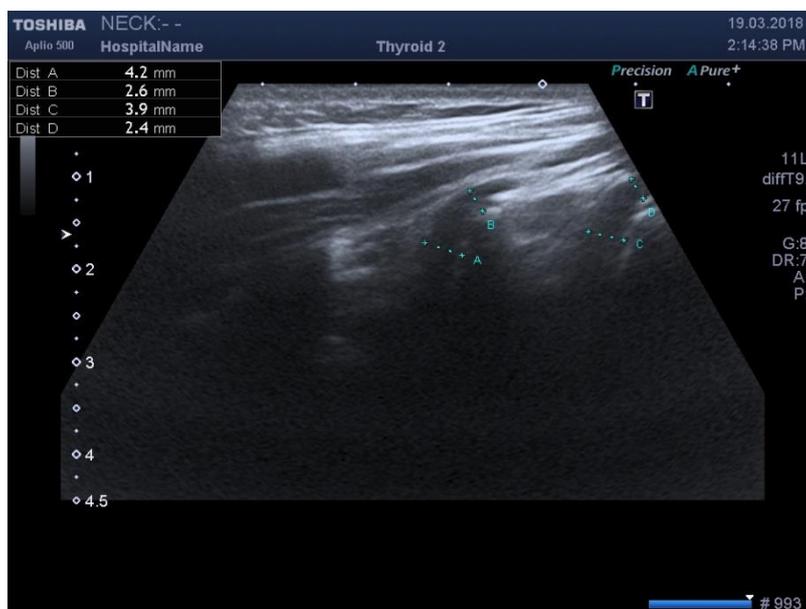


Рис. 4.17. Множественные изменения спинномозговых нервов  $C_V$ ,  $C_{VI}$  и  $C_{VII}$ . УЗИ в В-режиме, конвексный датчик 3,5-5,0 МГц

### 4.3. Клинико-эхографические корреляции у больных шейной радикулопатией

Был проведен ряд сопоставлений клинических и ультразвуковых проявлений ШРП. Из клинических проявлений оценивали боль, определяемую пациентом субъективно по визуально-аналоговой шкале, и комплексный показатель, отображающий неврологические проявления радикулопатии. Для расчета данного комплексного показателя оценивали по трехбалльной шкале (0 – нет, 1 – слабо выражен, 2 – сильно выражен) каждый из трех симптомов на стороне поражения: нарушения чувствительности; двигательные нарушения и/или гипотрофия мышц, гипо- или гиперрефлексия.

Каждый из 3-х перечисленных симптомов оценивали отдельно, после чего полученные баллы суммировали. Таким образом, у одного пациента выраженность клинической симптоматики в комплексе оценивалась от 0 до 6 баллов.

Из УЗ признаков, взятых для анализа, использовали следующие:

1. наличие изменений формы позвоночного столба: листез, сглаженность шейного лордоза (0 – нет, 1 – слабо выражен, 2 – сильно выражен)
2. абсолютное количество остеофитов в доступном для визуализации участке ШОП
3. абсолютное количество выпячиваний пульпозного ядра (грыж и протрузий) в доступном для визуализации участке ШОП
4. величина ГДН пораженного нерва (в случае, если у одного пациента выявляли несколько пораженных нервов, для анализа брали максимальную величину ГДН).

Проведен корреляционный анализ с целью выявления возможной взаимосвязи вышеизложенных параметров. Полученные данные отображены в табл. 4.5. Полученные данные позволили выявить следующие закономерности. Неврологическая симптоматика и выраженность болевых ощущений не являются объективными критериями наличия и степени структурных изменений вертебральных структур, вызванных дегенеративными изменениями позвоночника. Так, листез, сглаженность шейного лордоза, наличие и количество остеофитов могут сопровождаться как выраженными симптомами, так и быть бессимптомными либо малосимптомными. В частности, при поражении нерва на уровне  $C_{VII}$  мы наблюдали листез позвонка  $C_4$ ; при множественных остеофитах только один из них мог выступать причиной корешкового синдрома, другие же не имели клинических проявлений; грыжи и протрузии также не всегда проявлялись болевым синдромом.

Таблица 4.5.

**Значения коэффициента ранговой корреляции Спирмена  $r_s$  между клиническими проявлениями ШРП и структурным изменениями вертебральных структур по данным УЗД (n=126)**

Ультразвуковые параметры	Выраженность клинических симптомов	
	боль	неврологические нарушения
изменения формы позвоночного столба	0,156 (p>0,05)	0,134 (p>0,05)
абсолютное количество остеофитов	0,141 (p>0,05)	0,167 (p>0,05)
абсолютное количество выпячиваний пульпозного ядра	0,115 (p>0,05)	0,211 (p<0,05)

Корреляция между ультразвуковыми и клиническими характеристиками была статистически незначимой (p>0,05). Исключение составила лишь достоверная слабая положительная корреляция между количеством выпячиваний пульпозного ядра и выраженностью клинической симптоматики. По нашему мнению, данная корреляция может быть объяснена тем, что указанные параметры находятся в зависимости от тяжести и длительности патологического процесса. Однако следует отметить, что значения коэффициента ранговой корреляции Спирмена  $r_s$ , хоть и были незначительны, но для всех изучаемых пар признаков были положительными. Таким образом, на основании клинических данных нельзя убедительно судить о степени дегенеративных изменений вертебральных структур. Достоверная информация о тяжести структурных изменений может быть получена только с помощью методов лучевой визуализации, в частности, ультразвукового исследования.

В результате анализа корреляций между диаметрами нервов по данным УЗД и клиническими проявлениями ШРП установлено, что абсолютные значения как проксимального, так и дистального диаметров нерва не коррелируют с симптомами заболевания. Исключение составляет лишь выявленная достоверная ( $p < 0,05$ ) слабая отрицательная корреляция между дистальным диаметром и выраженностью болевых ощущений. Данная взаимосвязь обусловлена тем, что болевой синдром в значительной мере обусловлен степенью компрессии на нерв со стороны остеофита, грыжи или протрузии диска, унковертебрального артроза. Однако следует отметить, что абсолютные значения дистального диаметра не всегда свидетельствуют о степени компрессии нерва – так, малый диаметр может быть следствием дегенеративных изменений нерва при длительном течении заболевания. Дифференцирующим признаком в таком случае является равномерность уменьшения дистального и проксимального диаметров нервов на всех уровнях, доступных для ультразвуковой визуализации, вне зависимости от уровня локализации пораженного нерва.

Однако установлено, что значение ГДН с высокой достоверностью ( $p < 0,001$ ) коррелируют с выраженностью как болевого синдрома, так и неврологических нарушений (табл. 4.6).

Таблица 4.6.

**Значения коэффициента ранговой корреляции Спирмена  $r_s$  между клиническими проявлениями ШРП и градиентом диаметра нерва по данным УЗД (n=126)**

Характеристики пораженного нерва по данным УЗД	Выраженность клинических симптомов	
	боль	неврологические нарушения
проксимальный диаметр	0,125 ( $p > 0,05$ )	0,144 ( $p > 0,05$ )
дистальный диаметр	-0,174 ( $p < 0,05$ )	- 0,106 ( $p > 0,05$ )
ГДН пораженного нерва	0,449 ( $p < 0,001$ )	0,318 ( $p < 0,001$ )

Высокий уровень корреляции объясняется тем, что и боль, и неврологическая симптоматика обусловлены, с одной стороны, компрессией на нерв, и, с другой стороны – выраженностью отека проксимальной части нерва.

Таким образом, предложенный показатель ГДН характеризуется высокой степенью положительной корреляции с клинической симптоматикой и отображает не столько глубину структурных нарушений, вызванных дегенеративными процессами, сколько тяжесть процесса обострения.

Полученные данные позволили сделать следующие заключения. При выполнении УЗИ приоритетным у пациентов с ШРП является положение лежа с использованием, при необходимости, валика под шею.

УЗИ позволяет выявить ряд патогномичных изменений ШОП у больных ШРП: уплощение шейного лордоза вплоть до полного выравнивания – у  $87,3 \pm 2,9\%$ , листезы различных видов – у  $56,3 \pm 4,4\%$ , единичные или множественные краевые остеофиты и гетерогенность (наличие множественных бугорков и шероховатостей) – у всех больных. Чувствительность метода УЗД в выявлении вышеописанных изменений для доступных для визуализации отделов ШОП составила 100%.

При наличии дегенеративных изменений ШОП отмечали повышение эхогенности межпозвонковых дисков за счет их дегидратации. Выявлено снижение высоты межпозвонковых дисков в среднем на 11,7%, однако установлено, что за счет значительной индивидуальной вариабельности данного показателя его объективное использование в оценке выраженности дегенеративных изменений позвоночника не является статистически обоснованным. У  $93,7 \pm 2,2\%$  пациентов при УЗИ определялись выпячивания пульпозного ядра – протрузии или грыжи, частота которых увеличивалась от диска С2-С3 до С6-С7. Чувствительность метода УЗИ в выявлении протрузий и грыж межпозвонковых дисков ШОП составила 49,4% и 61,8%, общая

чувствительность метода в выявлении выпячиваний пульпозного ядра – 55,5%, специфичность – 100%.

УЗ изображения спинномозговых нервов у больных ШРП характеризовались пониженной эхогенностью за счет отека, нарушением правильной линейной формы и параллельного хода за счет компрессии и оттеснения грыжами и остеофитами. Достоверных различий в значениях проксимального и дистального диаметров между правой и левой стороной, а также стороной поражения и контралатеральной не выявлено; среднее значение проксимального диаметра составило  $4,8 \pm 1,4$  мм, дистального –  $3,1 \pm 0,9$  мм. Также определено, что для группы пациентов с ШРП характерны более высокие значения дисперсии в значениях диаметров спинномозговых нервов по сравнению с аналогичными показателями у здоровых лиц ( $p < 0,001$ ), и сделано наблюдение о корреляции диаметра нерва и длительности заболевания ( $p < 0,01$ ).

Пораженный нерв при УЗИ характеризовался бóльшим проксимальным диаметром ( $5,22 \pm 1,49$  мм) и меньшим дистальным ( $2,43 \pm 1,31$  мм) по сравнению со здоровыми нервами, что обусловлено отеком проксимальной части нерва и компрессией на точку перегиба. В связи с большой вариабельностью и высокими значениями дисперсии не удалось выявить граничных значений диаметра диаметров между здоровым и пораженным нервом. Таким образом, проксимальный диаметр шейного спинномозгового нерва не может служить количественным критерием его воспаления.

С целью объективизации оценки изменений спинномозгового нерва шейного отдела, являющихся причиной корешкового синдрома, предложен новый информативный параметр, названный нами градиентом диаметра нерва, который объективно отображает его состояние и нивелирует индивидуальные анатомические колебания. Граничные значения показателя ГДН были заданы следующим образом: здоровый нерв – до 15%, нерв с дегенеративными изменениями без признаков воспаления – 15-20%, нерв с признаками воспаления, проявляющегося корешковым синдромом – более

20%. Установлено, что значение ГДН с высокой достоверностью ( $p < 0,001$ ) коррелирует с выраженностью как болевого синдрома ( $r_s = 0,449$ ), так и неврологических нарушений ( $r_s = 0,318$ ).

Проведенный корреляционный анализ показал, что неврологическая симптоматика и выраженность болевых ощущений не являются объективными критериями наличия и степени структурных изменений вертебральных структур. Достоверная информация о тяжести структурных изменений может быть получена только с помощью методов лучевой визуализации, в частности, ультразвукового исследования.

По материалам раздела опубликованы следующие работы:

1. Ультразвуковая оценка спинномозговых нервов у больных с шейной радикулопатией [Текст] / А. Д. Зубов, А. А. Бережная, Л. Н. Антонова, А. А. Зубов. // Университетская клиника. – 2017. – №3-1. – С. 81–85.
2. Зубов, А. Д. Роль ультразвукового исследования в комплексной диагностике шейной радикулопатии (обзор литературы) [Текст] / А. Д. Зубов, А. А. Бережная, Л. Н. Антонова // Университетская клиника. – 2019. – № 1 (30). – С. 62–71.
3. Зубов, А. Д. Возможности ультразвуковой визуализации в оценке спинномозговых нервов у больных с шейной радикулопатией [Текст] / А. Д. Зубов, А. А. Бережная, Л. Н. Антонова // Материалы Международной научно-практической конференции «Здоровье людей – высшее благо общества» : «Проблемы экологической и медицинской генетики и клинической иммунологии»: сборник научных трудов. – Луганск, 2017. – Выпуск 6 (144). – С. 119–122.
4. Бережная, А. А. Ультразвуковое исследование передних корешков шейных спинномозговых нервов при шейной радикулопатии [Текст] / А. А. Бережная, Л. Н. Антонова, А. Д. Зубов // Актуальные вопросы биологии и медицины : Сб. науч. тр. по мат. III Республ. науч.

конф. (г. Луганск, 18 мая, 2017 г.) / Под ред. : П.К. Бойченко. – Луганск : «ФЛП Леднёва», 2017. – С. 41–44.

5. Ультразвуковое исследование с функциональной пробой в диагностике и прогнозировании эффективности лечения шейной радикулопатии [Текст] / А. Д. Зубов, Л. Н. Антонова, А. А. Бережная, Е. С. Беседин // Материалы VIII всероссийского научно-образовательного форума с международным участием «Медицинская диагностика – 2016» и X Юбилейного всероссийского национального конгресса лучевых диагностов и терапевтов «Радиология – 2016» 24–26 мая 2016 года, г. Москва. – Российский электронный журнал лучевой диагностики. – 2016. – Том 6, №2. Приложение. – С. 139-140. 1

6. Ультразвуковое исследование позвоночника при шейной радикулопатии [Текст] / А. Д. Зубов, Л. Н. Антонова, А. А. Бережная, Е. С. Беседин // Сборник научных работ по материалам II Республиканской научной конференции «Актуальные вопросы биологии и медицины» 26 мая 2016 г. – Луганск: Альма матер, 2016. – С. 55–56.

7. Ультразвуковое исследование с функциональной пробой в диагностике и прогнозировании эффективности лечения шейной радикулопатии [Текст] / А. Д. Зубов, Е. А. Стафинова, Л. Н. Антонова, А. А. Бережная // Материалы Юбилейной научно-практической конференции с международным участием «60 лет ДНИИТО». – Травматология, ортопедия и военная медицина. – 2016. – №1. – С. 124–125.

## РАЗДЕЛ 5

### УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ В ЛЕЧЕНИИ ШЕЙНОЙ РАДИКУЛОПАТИИ

#### **5.1. Использование данных ультразвукового исследования в дифференцированном выборе тактики консервативной терапии**

Изучение роли УЗИ в определении индивидуализированной тактики лечения больных ШРП позволило выявить следующие закономерности.

По данным УЗИ возможно выявить наличие отека нерва, служащего причиной болевого синдрома. Использование предложенного нами показателя ГДН позволяет количественно оценить выраженность отека. Таким образом, измерив проксимальный и дистальный диаметры нерва и рассчитав значение ГДН, можно объективно констатировать наличие отека. Учитывая полученные ранее значения граничных показателей ГДН, критерием наличия отека считали его величину более 20%. При наличии эхопризнаков отека основным компонентом медикаментозной терапии избирали противоотечные средства, мочегонные препараты, в сочетании с кортикостероидами.

Учитывая, что длительное течение патологического процесса у больных с ШРП приводит к изменениям нерва инволютивного характера, вызванными компрессией и хроническим нарушением его питания, мы предположили, что критерием таковых изменений может выступать проксимальный диаметр нерва. Проведенные ранее исследования (см. раздел 4) выявили, что уменьшение диаметра нерва обусловлено дегенеративными изменениями и зависит от длительности заболевания. Учитывая, что минимальный проксимальный диаметр у здоровых молодых добровольцев ни в одном случае не был ниже 3,5 мм (см. табл. 3.2), признаком инволютивных изменений нерва считали его проксимальный диаметр менее 3 мм. Кроме того, было отмечено, что нерв, подвергаемый длительному компрессионному

воздействию, имеет меньший проксимальный диаметр, чем контралатеральный и/или выше- и нижележащий нервы. Учитывая погрешность метода УЗИ в измерении диаметра нерва и воспроизводимость результатов, УЗ критерием инволютивных изменений считали отличие проксимального диаметра нерва от такого же диаметра контралатерального и/или выше- и нижележащих нервов не менее чем на 30%. В таких случаях пациентам назначали препараты, улучшающие микроциркуляцию, стимулирующие обменные процессы, витамины. Как правило, у пациентов с такими изменениями болевой синдром не был интенсивно выражен и не нуждался в коррекции, если же боль требовала купирования, использовали неспецифические противовоспалительные препараты, но не кортикостероиды. Противоотечную терапию также не проводили.

Если же при УЗИ не было выявлено ни признаков отека, не проявлений инволютивных изменений, констатировали компрессионно-ишемическую форму поражения. В таких случаях медикаментозную терапию основывали на неспецифических противовоспалительных препаратах, противоотечную терапию и стимуляторы обменных процессов не назначали.

Схемы приема и дозировки препаратов соответствовали действующим стандартам, клиническим протоколам и рекомендациям производителей.

Алгоритм выбора лечебной тактики обобщен на рис. 5.1.

Проведенный анализ эффективности лечения по разработанной методике (группа ОГ-Т) в сравнении с эмпирически избираемой терапией (ГС-Т) позволил сделать следующие заключения. В ОГ-Т у 22 (57,9%) из 38 пациентов достигнут стойкий положительный эффект, проявлявшийся исчезновением болевого синдрома, нормализацией чувствительности в зоне пораженного нерва, нарастанием силы в кисти соответствующей конечности, восстановлением движений в шейном отделе позвоночника и плечевом суставе на стороне поражения.

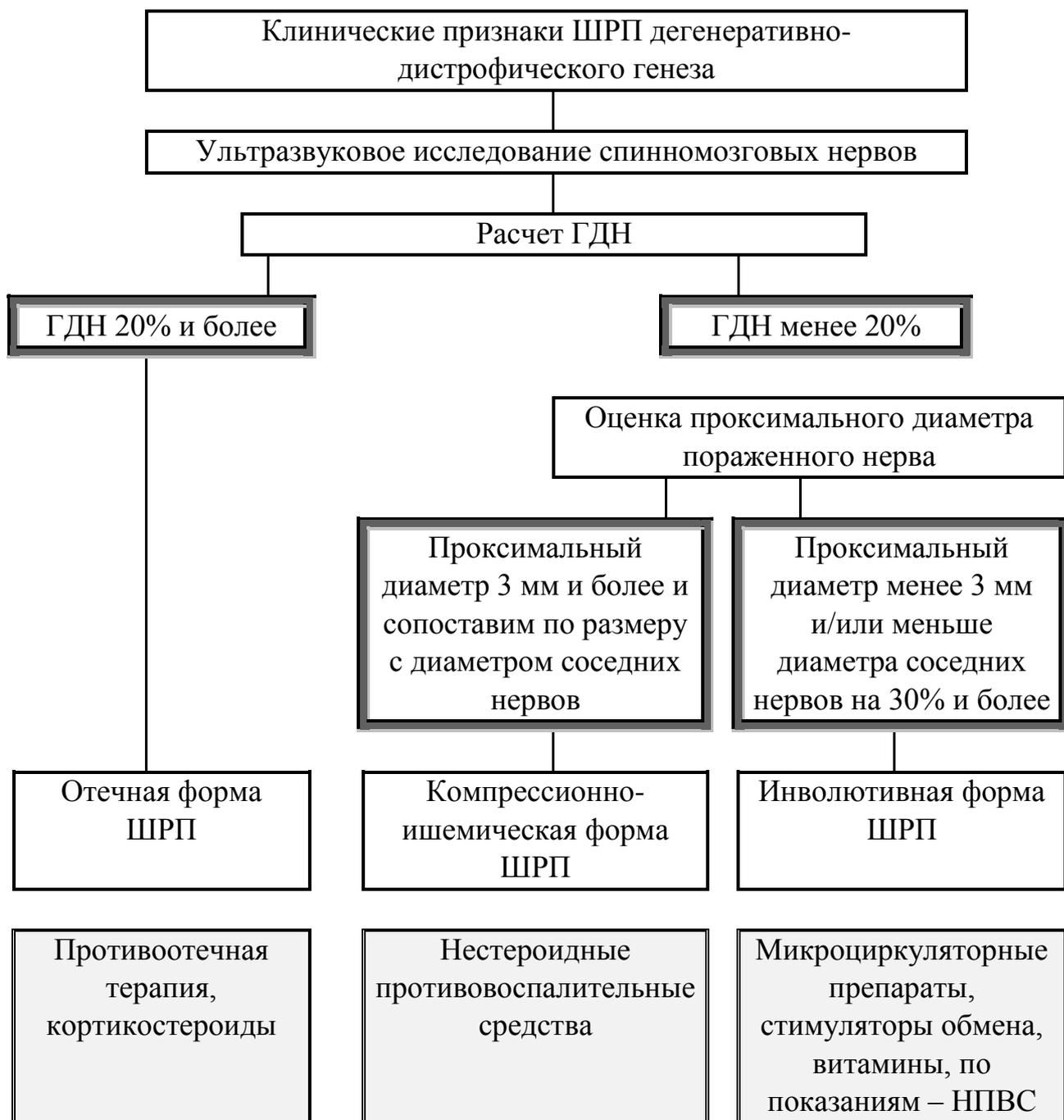


Рис.5.1. Алгоритм выбора тактики медикаментозного лечения больных ШРП с учетом результатов УЗИ

У 13 (34,2%) больных отмечено улучшение в виде снижения выраженности боли по субъективным ощущениям, определяемым по визуально-аналоговой шкале, не менее чем на 2 пункта, улучшением неврологической симптоматики и количественных показателей функционирования конечности. В 3 (7,9%) случаях в связи с отсутствием

либо слабой выраженностью эффекта медикаментозной терапии: сохранением или нарастанием болевого синдрома, усилением неврологической симптоматики лечебная тактика была изменена. Длительность лечения в группах с положительным эффектом и улучшением (n=35) составила  $10,1 \pm 3,1$  суток.

В ГС-Т у 9 (28,6%) пациентов отмечали положительный эффект лечения, у 17 (53,1%) – улучшение, у 6 (18,8%) лечение было неэффективным. Длительность результативного лечения (n=26) составила  $18,4 \pm 2,6$  суток.

Основные показатели результативности медикаментозной терапии обобщены в табл. 5.1

Табл. 5.1

**Показатели результативности медикаментозной терапии в зависимости от способа выбора лечебной тактики**

Показатель	ОГ-Т	ГС-Т	Достоверность различий
Результат лечения			$p < 0,05$
• выздоровление	22 (57,9%)	9 (28,6%)	(критерий $\chi^2$ , $p = 0,039$ )
• улучшение	13 (34,2%)	17 (53,1%)	
• неэффективно	3 (7,9%)	6 (18,8%)	
Длительность результативного лечения, сут.	$10,1 \pm 3,1$	$18,4 \pm 2,6$	$p < 0,05$ (t-критерий Стьюдента, $p = 0,045$ )

Анализ полученных данных показал статистически обоснованные преимущества предлагаемого алгоритма выбора лечебной тактики как в отношении результативности лечения ( $p < 0,05$ ), так и его длительности ( $p < 0,05$ ).

Изменение неврологической симптоматики после лечения в ОГ-Т и ГС-Т приведены в табл. 5.2.

Табл. 5.2

**Количество больных с неврологическими симптомами ШРП  
до и после медикаментозной терапии  
в зависимости от способа выбора лечебной тактики**

Симптом	ОГ-Т, n=38		ГС-Т, n=32		Различия между ОГ-Т и ГС-Т
	до лечения	после лечения	до лечения	после лечения	
Снижение сухожильных рефлексов рук	15 (39,5%)	4 (10,5%)	14 (43,8%)	8 (25,0%)	p<0,05
Чувствительные нарушения	12 (31,6%)	5 (13,2%)	10 (31,3%)	6 (18,8%)	p>0,05
Ограничения движения в руке	12 (31,6%)	1 (2,6%)	9 (28,1%)	4 (12,5%)	p<0,05
Снижение силы в кисти	20 (52,6%)	3 (7,9%)	17 (53,1%)	9 (28,1%)	p<0,01
Всего больных с неврологическими симптомами	38 (100%)	16 (42,1%)	32 (100%)	23 (71,9%)	p<0,05

Как показывают приведенные данные, дифференцированный подход к выбору схем медикаментозной терапии позволяет статистически значимо улучшить ее результаты. Так, если до лечения между ОГ-Т и ГС-Т не установлено достоверных различий в частоте проявлений неврологических симптомов, то после лечения группы значимо различались. Так, из 38 больных ОГ-Т у 22 (57,9%) наблюдали полный регресс неврологической

симптоматики, у 16 (42,1%) больных симптомы сохранялись, но в большинстве – 12 (31,6%) случаях были менее выражены, а их количество – меньше, чем до лечения. В ГС-Т результативность терапии была достоверно ( $p < 0,05$ ) ниже – только у 9 (28,2%) больных симптомы удалось полностью купировать, у 23 (71,9%) они сохранялись и только у 9 (28,1%) не имели тенденции к снижению выраженности (табл. 5.2).

На рис. 5.2 представлен удельный вес пациентов ОГ-Т и ГС-Т, у которых удалось полностью купировать тот или иной неврологический симптом посредством медикаментозной терапии.

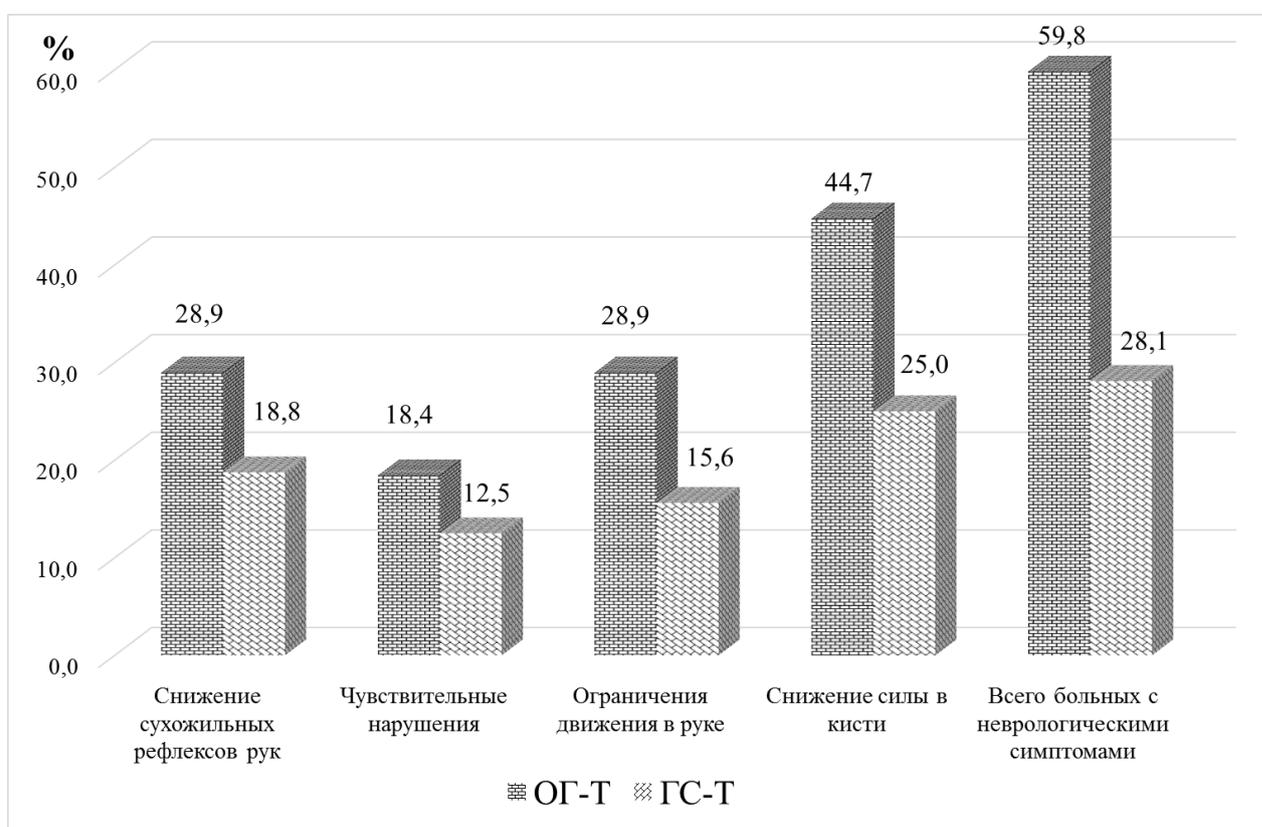


Рис. 5.2 Степень снижения количества больных с неврологическими симптомами (в % к объему группы) в зависимости от способа выбора лечебной тактики

Анализ полученных данных показывает, что все представленные неврологические симптомы с бóльшим уровнем успеха были купированы в

ОГ-Т. Так, снижение сухожильных рефлексов рук в ОГ-Т было устранено на 10,2% чаще, чем в ГС-Т ( $p<0,05$ ), чувствительные нарушения – на 5,9% ( $p>0,05$ ), ограничения движений в конечности на стороне поражения – на 13,3%, ( $p<0,05$ ), снижение силы в кисти – на 19,7% ( $p<0,01$ ). В целом полностью купировать неврологическую симптоматику удалось у 59,8% пациентов ОГ-Т, что на 31,7% больше, чем в ГС-Т.

Для количественной оценки результатов лечения определяли параметры: угол подъема руки вперед на стороне поражения, угол отведения руки на стороне поражения, сила кисти на стороне поражения. До начала лечения изучаемые параметры в группах ОГ-Т и ГС-Т не имели значимых различий. Степень их изменения у пациентов значительно варьировала в зависимости от реакции на лечение и индивидуальных особенностей. Изменение указанных параметров в результате лечения представлено в табл. 5.3.

Табл. 5.3

**Средние значения прироста количественных параметров объема активного движения в плечевом суставе и силы кисти на стороне поражения до и после медикаментозной терапии в зависимости от способа выбора лечебной тактики\***

Параметр	ОГ-Т, n=38	ГС-Т, n=32	Различия между ОГ-Т и ГС-Т
угол подъема руки вперед, градусы	88,9±32,5	43,3±21,7	$p<0,001$
угол отведения руки, градусы	72,8±36,2	45,9±22,8	$p<0,01$
сила кисти, кг	6,2±3,3	4,9±2,8	$p<0,05$

\* распределение данных не является нормальным (Гауссовым)

Угол отведения руки на стороне поражения вперед до лечения у пациентов изучаемых групп варьировал от  $70^0$  до  $100^0$  и составил в среднем  $83,5 \pm 14,6^0$ . В ОГ-Т в результате лечения значение данного показателя увеличились на  $20-100^0$ , прирост составил в среднем  $72,8 \pm 36,2^0$ . Значительная дисперсия полученных данных объясняется разным уровнем успеха терапии.

В ГС-Т в результате лечения у 5 пациентов, терапия у которых расценена как неэффективная, не отмечено улучшения показателя либо наблюдалась отрицательная динамика, в остальных случаях наблюдали увеличение угла отведения руки на  $10-60^0$ , в среднем на  $45,9 \pm 22,8^0$ . В связи с тем, что распределение полученных данных отличалось от нормального, для статистического анализа был использован непараметрический критерий знаков. Установлено, что в группе ОГ-Т угол отведения руки изменялся в сторону увеличения в достоверно большей степени, чем в ГС-Т ( $p < 0,01$ ).

Угол подъема руки вперед до лечения у пациентов групп ОГ-Т и ГС-Т не имел значимых отличий варьировал от  $35^0$  до  $90^0$  и составил в среднем  $54,6 \pm 18,9^0$ . В результате лечения в ОГ-Т в большинстве случаев абсолютные значения показателя улучшились до  $45-180^0$ , в среднем увеличение составило  $88,9 \pm 32,5^0$ . В ГС-Т выраженность улучшения в результате лечения была несколько ниже – прирост показателя составил  $43,3 \pm 21,7^0$  ( $p < 0,001$ , критерий знаков).

Аналогичные изменения отмечены и в отношении силы кисти по данным динамометрии. До начала лечения этот показатель варьировал от 11 до 22 кг, составив в среднем  $14,4 \pm 5,1$  кг. После лечения прирост показателя в ОГ-Т составил  $6,2 \pm 3,3$  кг, в ГС-Т –  $4,9 \pm 2,8$  кг ( $p < 0,05$ , критерий знаков).

Таким образом, регресс неврологической симптоматики в ОГ-Т был достоверно более значительный, чем в ГС-Т: после курса лечения с использованием разработанного алгоритма выявлено достоверно более выраженное увеличение силы в кисти, снижение ограничения подвижности в сторону и вперед в плечевом суставе на стороне боли, чем у пациентов, тактика медикаментозного лечения которых избиралась эмпирически.

Анализ результатов обследования с применением РМБО позволил выявить ряд закономерностей.

До начала лечения значимых различий между группами не наблюдали по всем показателям РМБО. Для характеристики боли пациенты чаще всего использовали такие дескрипторы, как давящая, тянущая, ноющая, мозжащая. Отмечалось, что боль утомляет, вызывает чувство тревоги, страха, раздражает, обессиливает. По характеру воздействия боль оценивалась как боль-страдание, по степени выраженности – сильная.

Общий показатель ЧВД до лечения составил  $12,1 \pm 3,5$  балла, сенсорный –  $8,4 \pm 2,3$ , аффективный –  $3,3 \pm 0,8$ . Общий РИБ до лечения составил  $26,4 \pm 4,2$  балла, сенсорный –  $17,2 \pm 3,2$ , аффективный –  $6,6 \pm 1,7$ , эвалюативный –  $3,7 \pm 1,2$ .

Табл. 5.4.

**Средние значения изменения показателей РМБО до и после медикаментозной терапии в зависимости от способа выбора лечебной тактики\***

Параметр	ОГ-Т, n=38	ГС-Т, n=32	Различия между ОГ-Т и ГС-Т
ЧВД			
• общий	$-7,7 \pm 2,1$	$-3,6 \pm 1,9$	$p < 0,01$
• сенсорный	$-4,2 \pm 1,1$	$-2,3 \pm 0,9$	$p < 0,05$
• аффективный	$-2,4 \pm 0,5$	$-1,3 \pm 0,2$	$p < 0,05$
РИБ			
• общий	$-16,8 \pm 4,2$	$-9,2 \pm 3,7$	$p < 0,01$
• сенсорный	$-11,3 \pm 2,8$	$-6,0 \pm 3,1$	$p < 0,05$
• аффективный	$-4,1 \pm 1,6$	$-2,6 \pm 1,2$	$p > 0,05$
• эвалюативный	$-2,2 \pm 1,6$	$-1,6 \pm 0,8$	$p > 0,05$

\* распределение данных не является нормальным (Гауссовым)

Полученные данные свидетельствуют, что выраженность боли достоверно снижалась после лечения как в ОГ-Т, так и в ГС-Т, на что указывает достоверное ( $p < 0,05$ ) снижение общих показателей ЧВД и РИБ. Однако в ОГ-Т снижение интенсивности болевого синдрома более выражено – ЧВД уменьшился на  $7,7 \pm 2,1$  балла, что в 2,1 раза превышает таковое снижение для ГС-Т – на РИБ балла. Для общего РИБ выявлены аналогичные закономерности – снижение данного показателя в ОГ-Т в 1,8 раза превышает таковое в ГС-Т.

Динамику общей периферической составляющей боли оценивали по показателям сенсорного класса. Установлено, что как ЧВД, так и РИБ сенсорного класса в результате терапии снизились и в ОГ-Т, и в ГС-Т. Однако в ОГ-Т таковое снижение было достоверно ( $p < 0,05$ ) более выражено, чем в ГС-Т: для ЧВД – в 1,8 раза, для РИБ – в 1,9 раза. Таким образом, применение предложенного алгоритма выбора тактики медикаментозного лечения позволило значимо снизить периферическую составляющую боли при ШРП.

В отношении психо-эмоционального компонента болевого синдрома полученные данные были менее иллюстративны. Так, ЧВД и РИБ аффективного класса достоверно снизились в изучаемых группах. Степень снижения ЧВД аффективного класса в ОГ-Т в 1,8 раза превышала таковую для ГС-Т. Аналогичные закономерности выявлены и для РИБ аффективного класса, где указанное соотношение составило 1,6, однако снижение не подтверждено статистически ( $p > 0,05$ ). Данный факт объясняется, с нашей точки зрения, меньшим количеством допустимых градаций для РИБ, чем для ЧВД – соответственно 13 и 6, что требует значительно бóльшего объема выборки для статистического подтверждения гипотезы.

Эвалюативный РИБ, являющийся дескрипторным аналогом визуально-аналоговой шкалы, также подтвердил приоритет использования дифференцированного подхода к выбору тактики лечения: его снижение в ОГ-Т было в 1,4 раза более выражено, чем в ГС-Т.

Таким образом, проведенный анализ показал разносторонние преимущества медикаментозного лечения ШРП, избираемого индивидуализированно с учетом дополнительной диагностической информации, получаемой при УЗИ спинномозговых нервов шейного отдела. Приоритет предложенного алгоритма подтвержден достоверно более выраженным регрессом неврологических проявлений и интенсивности болевого синдрома, а также сокращением длительности лечения по сравнению с эмпирически избираемыми схемами медикаментозной терапии. По нашему мнению, данный факт объясняется прецизионным медикаментозным воздействием на основной патогенетический компонент корешкового синдрома у конкретного пациента, выявляемый посредством ультразвукового исследования по усовершенствованной нами методике.

## **5.2. Ультразвуковая оценка эффективности консервативной терапии шейной радикулопатии**

Оценка динамики ультразвуковых проявлений ШРП в результате лечения заболевания производилась на материале вышеописанных 70 пациентов, которым была проведена консервативная терапия. Данная группа пациентов при последующем анализе принята за 100%. По результатам лечения пациенты были разделены на подгруппы: у 31 (44,3%) отмечена полная ремиссия, у 26 (37,1%) – улучшение, в 13 (18,6%) случаях терапия была неэффективной.

Изменения вертебральных структур – межпозвонковых дисков и позвонков, в т.ч. с остеофитами – в процессе консервативной терапии, как и следовало ожидать, не наблюдали. Однако со стороны нервов был выявлен ряд характерных изменений, свидетельствующих об уменьшении воспаления.

Наиболее характерным изменением в процессе результативной терапии было изменение диаметров нервов и коэффициента ГДН. Уменьшение

воспаления вело к снижению отека нерва, что проявлялось в значимом уменьшении проксимального диаметра нерва, за счет чего форма нервного ствола на участке сразу после выхода из корешкового канала несколько изменялась – от близкой к конусовидной, отечной в проксимальной части и сужающейся к точке перегиба, к более линейной, с нерезким уменьшением диаметра. Особенно наглядными были описываемые изменения у пациентов с отечной формой ШРП, которая преобладала в изучаемой группе – 47 (67,1%) наблюдений. В наименьшей степени в процессе лечения изменялись эхографические проявления нервов с инволютивной формой ШРП, характеризующейся дегенерацией и истончением нерва.

Изменения дистального диаметра при клиническом улучшении отсутствовали либо были незначительными. Данный факт объясняется тем, что отек нерва при корешковом синдроме развивается, как правило, в проксимальной его части. Дистальнее уровня компрессии отек либо отсутствует, либо незначителен.

В количественном проявлении данный процесс характеризовался достоверным ( $p < 0,001$ ) снижением показателя ГДН, в различной степени приближающегося к нормальным значениям, которые, согласно нашему исследованию, у лиц с естественными дегенеративными изменениями без признаков корешкового синдрома составляют  $14,9 \pm 6,2\%$ . Если в результате терапии отмечали стойкий положительный эффект, исчезновение болевого синдрома неврологических проявлений, ГДН не превышал граничного значения, составляющего 20%. Среднее значение показателя ГДН в группе больных с устойчивой ремиссией составило  $17,7 \pm 8,1\%$  (распределение данных не является нормальным). При улучшении, характеризующемся снижением выраженности болевого синдрома не менее чем на 2 балла по визуально-аналоговой шкале, частичном восстановлении двигательной и чувствительной функций на стороне поражения и подвижности в плечевом суставе, снижение ГДН было переменным и зависело как от исходных значений показателя, так и от результатов лечения. Значение ГДН составило

27,1±12,6% (распределение данных не является нормальным). Сравнение показателя ГДН после лечения у пациентов со стойкой ремиссией и с улучшением, выполненное, в связи с распределением данных, отличным от нормального, с использованием медианного критерия, показало достоверно более низкие значения в первой подгруппе.

При нерезультативном лечении изменения ГДН были разнонаправленными либо отсутствовали. Среднее значение показателя составило 32,5±16,1%, что достоверно ( $p<0,05$ ) выше, чем у пациентов с ремиссией и улучшением (использован медианный критерий).

Выявлена выраженная положительная корреляция между изменением ГДН и снижением выраженности болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале: коэффициент ранговой корреляции Спирмена  $r_s = 0,597$  ( $p<0,001$ ).

Аналогичная зависимость выявлена и для показателей РМБО, изменение которых коррелировало с уменьшением ГДН (табл. 5.5).

Также в результате успешного лечения наблюдали субъективно определяемое повышение эхогенности мышц, окружающих пораженный нерв, которое, по нашему мнению, может быть объяснено уменьшением отека прилегающих к нерву тканей. Однако количественного критерия, подтверждающего данную закономерность, выявить не удалось.

Таким образом, при успешной консервативной терапии отмечено уменьшение отека нерва в проксимальной его части, что количественно проявлялось в виде снижения показателя ГДН вплоть до полной его нормализации. Отмечена достоверная положительная корреляция между снижением ГДН и уменьшением субъективного ощущения боли в целом и сенсорной и аффективной ее составляющей.

Табл. 5.5.

**Коэффициент ранговой корреляции Спирмена между значениями показателей РМБО, визуально-аналоговой шкалы боли и ГДН, n=45**

Параметр	Коэффициент ранговой корреляции Спирмена $r_s$	p
ЧВД		
• общий	0,311	<0,01
• сенсорный	0,295	<0,01
• аффективный	0,244	<0,01
РИБ		
• общий	0,557	<0,001
• сенсорный	0,487	<0,001
• аффективный	0,422	<0,001
• эвалюативный	0,318	<0,01
Выраженность боли по визуально-аналоговой шкале	0,597	<0,001

### 5.3. Ультразвуковой контроль паравертебральных блокад при лечении шейной радикулопатии

Основной сложностью УЗ контроля паравертебральной блокады являлась необходимость использования заднего доступа. Как показали предшествующие исследования (см. гл. 3), УЗИ из заднего доступа недостаточно эффективно в визуализации костных вертебральных структур и не позволяет визуализировать спинномозговые нервы в интересующем участке – месте их выхода из позвоночного канала. В связи с вышеуказанным была разработана последовательность действий, позволяющая оптимизировать процесс выполнения паравертебральной блокады за счет УЗ контроля.

В ОГ-Б для определения оптимальной точки планируемой инъекции проводили полипозиционный УЗ осмотр. УЗИ предоставляло возможность оценить уровень поражения за счет визуализации пораженного нерва и определения его уровня. После определения уровня сегментарного комплекса, являющегося объектом паравертебральной блокады, переходили на исследование из заднего доступа. При этом спинномозговые нервы переставали быть доступным для визуализации. При продольном сканировании определяли позвонок, на уровне которого выходил пораженный нерв требуемого уровня, в приводимом примере – С6 (рис. 5.3.а). Определяли высоту позвонка как расстояние между двумя ограничивающими его межпозвонковыми дисками (рис. 5.3 б, сплошная линия) и условно делили ее на три части (рис. 5.3 б, пунктирные линии). Для выполнения инъекции избирали две точки (рис. 5.3 б, точки предполагаемой инъекции указаны звездочками), располагающиеся на вышеуказанных условных линиях на уровне границ средней трети дорсальной поверхности позвонка с верхней и нижней третью, на глубине 10-13 мм. Избранные точки располагались выше и ниже проходящего несколько (на 7-10 мм) глубже пораженного спинномозгового нерва, при этом вводимый препарат равномерно распределялся в тканях вокруг нервного корешка. В одну из избранных точек вводили 0,3-0,5 мл препарата в зависимости от комплекции пациента и особенностей распространения препарата. Достаточность количества, точность введения и распространение препарата в тканях препарата контролировали эхографически. Иглу извлекали и вновь вводили во вторую из избранных точек таким образом, чтобы дистальный ее конец располагался по другую сторону (выше или ниже) от пораженного нерва, повторяли введение препарата. При этом за счет распространения в тканях вводимый препарат окружал пораженный нерв со всех сторон.

При необходимости производили введение препарата далее по протяжению нервного ствола на расстоянии 3-5 см от исходного места введения.



Рис. 5.3. Позиционирование перед выполнением паравертебральной блокады. УЗИ из заднего доступа: а – определение уровня выполнения блокады; б – выбор участка для инъекции. Пояснения в тексте

При поражении нескольких нервов процедуру повторяли на разных уровнях.

Оптимальным считали расположение иглы с торца сканирующей поверхности датчика (рис. 5.4 а), что позволяло ее полностью визуализировать в процессе вмешательства.

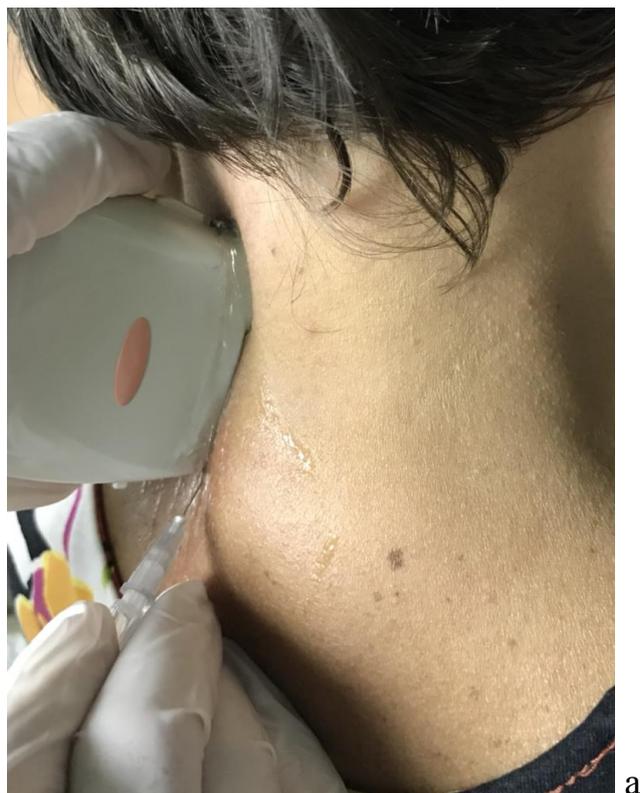


Рис. 5.4. Выполнение паравертебральной блокады. Внешний вид: а – проведение иглы к избранной точке инъекции, игла располагается с торца датчика; б – введение препарата, взаиморасположение иглы и датчика variabelьно

При планировании траектории перемещения иглы исключали наличие в ее проекции кровеносных сосудов, для чего лоцировали зону интереса в режиме доплеровского картирования. В момент выполнения инъекции игла

шприца визуализировалась как линейная гиперэхогенная структура. Учитывая, что для эхоконтролируемой пункции использовали тонкую инсулиновую иглу (26-27G), при ее визуализации возникали технические сложности. Индикатором локализации дистального конца иглы считали смещение тканей перед ним в момент перемещения и выявляемое доплерографически движение жидкости (препарата) в просвете. Также было предложено для улучшения визуализации сканирующую поверхность датчика располагать не непосредственно на коже, а на расстоянии 5-10 мм от нее, заполняя образовавшийся промежуток стерильным ультразвуковым гелем. Этот прием позволяет сместить фокус ультразвукового сканирования дальше от поверхности датчика, что способствует улучшению качества изображения, особенно у пациентов гипостеничного сложения, а также избежать артефактов от естественных анатомических неровностей, препятствующих плотному прилеганию датчика.

После перемещения дистального конца иглы до заданной точки положение датчика изменяли таким образом, чтобы обеспечить наиболее качественную визуализацию процесса введения препарата (рис. 5.4 б). При этом не считали обязательным визуализацию иглы на всем протяжении, приоритет отдавали оценке формирования жидкостной структуры и распространения препарата в тканях.

В момент введения препарата наблюдали возникновение в тканях анэхогенной структуры, увеличивающейся в размерах по мере поступления жидкости. Как правило, структура имела округлую форму, однако могла быть и неправильной в связи с формированием жидкостных тяжей распространением анестетика между слоями тканей. В случае, если наблюдали распространение препарата в сторону, не соответствующую желаемой, иглу подтягивали кнаружи приблизительно на половину глубины введения, избирали новый участок для инъекции, посредством отведения корпуса шприца несколько в сторону изменяли угол вхождения иглы до

желаемого. При введении препарата во вновь избранном месте также контролировали адекватность его распространения.

Во всех случаях паравертебральная блокада была выполнена успешно и имела положительный лечебный эффект в виде существенного снижения выраженности болевого синдрома вплоть до его полного устранения.

Однако степень улучшения после паравертебральных блокад в изучаемых группах различалась.

В ОГ-Б при оценке через 15 мин. после выполнения блокады 33 (97,6%) пациента отмечали отсутствие боли на стороне поражения или оценивали ее как слабую, не требующую коррекции. В одном случае пациент указал на наличие болевого синдрома умеренной выраженности (5 баллов по визуально-аналоговой шкале), требующего купирования.

В ГС-Б из 32 больных 26 (81,3%) отмечали снижение боли до слабой или полное ее исчезновение. 6 (19,7%) пациентов отмечали, что выраженность боли уменьшилась, но оценивали ее как сильную – в 4 (12,5%) или умеренную – 2 (6,3) наблюдения. Таким образом, паравертебральная блокада, выполняемая под ультразвуковым контролем, была достоверно ( $p < 0,05$ ) более эффективной на 16,3% в купировании болевого синдрома. Данный факт, по нашему мнению, объясняется тем, что при эмпирически избираемой точке инъекции существует риск введения препарата недостаточно близко к нерву, либо, при правильно выбранном месте инъекции, распространения анестетика не к нервному корешку, а в другом направлении, что может быть обусловлено расположением тканевых структур в месте введения. Кроме того, при выполнении нескольких инъекций в ходе одной процедуры часть препарата может быть введена в участки, удаленные от корешка. Ультразвуковое наведение позволяет целенаправленно ввести препарат в непосредственной близости от нерва и контролировать его распространение в желаемом направлении, т.е. окружая его. Введение последующих порций препарата осуществляется также по ходу нерва, что обеспечивает эффект блокады.

Также следует учитывать, что в 6 (17,6%) случаях при УЗИ выявлен отек 2-3 расположенных последовательно нервных корешков в их проксимальной части, что было доказательно подтверждено посредством расчета ГДН. Блокада всех пораженных корешков способствовала адекватному купированию болевого синдрома. При блокаде вслепую, на основании пальпации, болевые ощущения от точки максимальной болевой чувствительности могут подавлять менее выраженные болевые сигналы от соседних пораженных нервов, вследствие чего показания к их блокаде не устанавливаются. И напротив, иррадиация сильной боли на соседние двигательные сегменты может служить причиной ложноположительных заключений об их поражении, что ведет к нерациональному расходованию препарата и инъекции его порций в зону расположения корешков, не требующих блокады.

Общий показатель ЧВД до лечения составил  $14,6 \pm 4,2$  балла, общий РИБ до лечения –  $29,8 \pm 5,7$  балла.

В результате лечения наблюдали достоверное ( $p < 0,01$ ) снижение изучаемых показателей как в группе ОГ-Б, так и в ГС-Б. Однако выраженность снижения была неоднозначной. Так, в ОГ-Б общий ЧВД снизился в среднем на  $11,3 \pm 2,5$  балла (распределение данных не является нормальным). В ГС-Б снижение общего ЧВД варьировало в значительно большей степени и составило  $7,3 \pm 5,9$  (распределение данных не является нормальным). Значительная величина дисперсии выборки ГС-Б объясняется различной степенью купирования болевого синдрома. Таким образом, снижение ЧВД в результате паравертебральных блокад, выполненных вслепую и под УЗ контролем, значимо ( $p < 0,01$ ) различалось.

При анализе показателя РИБ выявлены аналогичные закономерности: снижение в ОГ-Б составило  $22,3 \pm 3,0$  балла, в ГС-Б –  $18,4 \pm 9,7$  баллов ( $p < 0,01$ ).

Достоверных изменений неврологических показателей – снижения сухожильных рефлексов, чувствительных нарушений, ограничения движения в руке и уменьшение силы кисти – в изучаемых группах выявлено не было.

Таким образом, анализ динамики показателей болевой шкалы РМБО указывает на преимущества эхоконтролируемой паравертебральной блокады перед выполняемой по традиционной методике, заключающиеся в более выраженном снижении болевого синдрома.

Также было проанализировано количество процедур у пациентов ОГ-Б и ГС-Б, проведенных до достижения устойчивого лечебного эффекта. Необходимость в выполнении повторной процедуры определяли при обследовании через 14 суток после предыдущей манипуляции, либо при обращении пациента в более ранние сроки в связи с выраженными болевыми ощущениями. Полученные данные обобщены в табл. 5.6.

Табл. 5.6.

**Количество процедур паравертебральной блокады в зависимости от методики ее выполнения**

Количество процедур	ОГ-Б, n=34	ГС-Б, n=32
минимальное	1	1
максимальное	2	4
медиана*	1	3

\* различия между ОГ-Б и ГС-Б достоверны при  $p < 0,001$

Исследования показали, что в ОГ-Б в большинстве – 22 (64,7%) случаев было достаточно однократного, в 12 (35,3%) случаях – двукратного введения препарата для устойчивого обезболивающего эффекта. В ГС-Б потребовалось от 1 до 4 процедур (рис. 3), причем у 2 пациентов так и не удалось достигнуть полного купирования болевого синдрома после 4 блокад, боль через 14 суток после последней выполненной процедуры расценивалась ими как умеренная по РМОБ, в 4 и 5 баллов по визуально-аналоговой шкале. Более быстрый и устойчивый эффект обезболивания при выполнении блокад под УЗ наведением объясняется, по нашему мнению, контролируемым

созданием депо препарата в непосредственной близости от поражённого нерва.

Уменьшение количества процедур паравертебральных блокад способствует, помимо сокращения сроков лечения, снижению риска осложнений, связанных с побочными действиями вводимых препаратов (анестетиков местного действия, глюкокортикостероидов): аллергических реакций, гипертонии, стимуляции остерпороза и пр., что также указывает на клиническую целесообразность выполнения паравертебральных блокад под УЗ контролем.

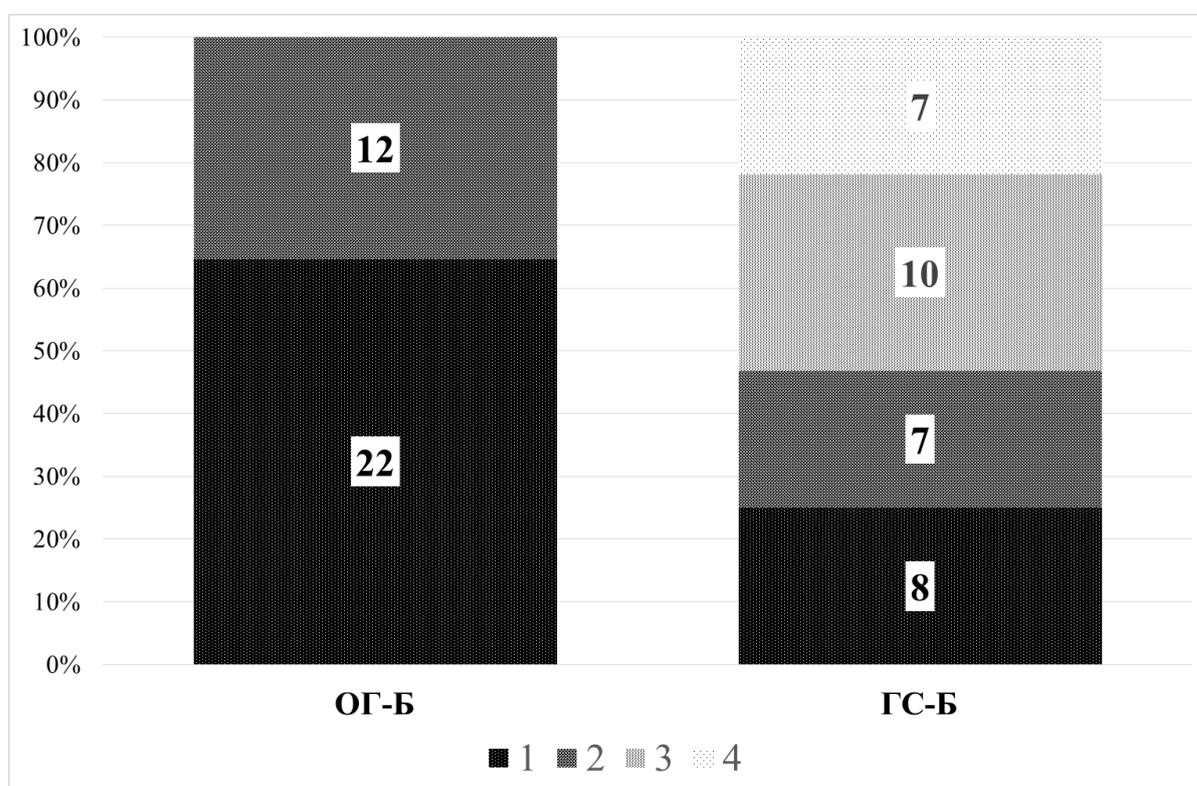


Рис. 5.5. Соотношение количества паравертебральных блокад до достижения лечебного эффекта в зависимости от методики их выполнения

В ГС-Б у 4 (12,5%) пациентов после выполнения паравертебральной блокады наблюдали развитие гематом в месте инъекции вследствие повреждения мелких кровеносных сосудов. Пациенты предъявляли жалобы на болезненность в месте локализации гематом, иного клинического

значения они не имели и спонтанно проходили в сроки до 7 суток после манипуляции.

В ОГ-Б развития гематом не наблюдали в связи с тем, что при выборе траектории проведения иглы проводили УЗИ в режиме доплеровского картирования, позволяющем выявить кровеносные сосуды и избежать их повреждения. Других осложнений, описанных в литературе, ни в ОГ-Б, ни в ГС-Б не наблюдали.

Таким образом, проведенные исследования показали ряд преимуществ выполнения паравертебральных блокад для купирования болевого синдрома у пациентов с ШРП под ультразвуковым контролем по сравнению с традиционным выполнением их вслепую на основании топографо-анатомических ориентиров с учетом данных пальпации. Преимущества заключаются в точном определении уровня пораженного нерва и осуществлении воздействия собственно на него, выборе безопасной траектории пункционной иглы, не затрагивающей кровеносные сосуды, контроле и коррекции процесса формирования депо препарата. В результате использования УЗ наведения удалось на 16,3% чаще достигнуть полноценного купирования болевого синдрома, сократить количество блокад в среднем с 3 до 1 и полностью избежать осложнений в виде гематом в месте инъекции.

Полученные данные свидетельствуют о клинической целесообразности использования УЗ навигации при выполнении блокад спинномозговых нервов у больных ШРП.

#### **5.4. Ультразвуковое исследование шейного отдела позвоночника и спинномозговых нервов в отдаленном периоде оперативного лечения**

У 21 (16,7%) пациента в анамнезе проведено оперативное лечение по поводу патологии ШОП в объеме, в т.ч.: у 8 (6,3%) – микродискэктомия и спондилодез с установкой кейджа, у 7 (7,1%) – микрохирургическая

дискэктомия без стабилизации, у 5 (1,6%) – декомпрессионная ламинэктомия, у 1 (0,8%) – лазерная нуклеопластика. При последующем анализе указанная группа из 21 пациента принята за 100%. Операции были выполнены преимущественно из передне-бокового доступа – у 17 (81,0%) больных, реже – у 4 (19,0%) – из заднего доступа.

Все пациенты обратились по поводу рецидива болевого синдрома и/или неврологической симптоматики ШРП в сроки от 1,5 до 7 лет (в среднем  $4,3 \pm 2,2$  года) после оперативного лечения.

Методика УЗИ у оперированных ранее пациентов не отличалась от таковой у других больных с ШРП. В 16 (76,2%) случаях при УЗИ не было выявлено изменений, связанных с хирургическим вмешательством. При наличии титановых кейджей они определялись как гиперэхогенные структуры, перекрывающие гипоэхогенное пространство между позвонками.

В 5 (23,8%) наблюдениях при УЗИ на уровне оперированных и/или смежных сегментов определялись гиперэхогенные линейные структуры протяженностью 8-35 мм, расцененные как рубцовые изменения в зоне проведенной операции. В одном из этих случаев рубцовая структура располагалась в непосредственной близости к нерву на уровне операции, компрессируя и оттесняя его кзади-вверх, что было расценено как причина корешкового синдрома.

При УЗИ ШОП и спинномозговых нервов были предположительно установлены причины болевого синдрома у оперированных ранее пациентов (табл. 5.7). У 6 (28,6%) пациентов предполагаемая причина корешкового синдрома определялась на уровне выполненного хирургического вмешательства: в 3 (14,3%) случаях выявлены грыжи или протрузии (в случаях операций без установки кейджа), еще в 3 (14,3%) – компрессия нерва со стороны остеофита. У 12 (57,1%) больных причина болевого синдрома и/или неврологических расстройств на смежном с оперированным уровне.

Таблица 5.7.

**Количество выявленных при УЗИ изменений вертебральных и нервных структур в отдалённом периоде хирургического лечения шейной радикулопатии**

Причина корешкового синдрома	Количество	
	абс	%
Грыжа или протрузия на исходном уровне	3	14,3
Грыжа или протрузия на смежном уровне	7	33,3
Компрессия нерва остеофитом на исходном уровне	3	14,3
Компрессия нерва остеофитом на смежном уровне	5	23,8
Рубцовые изменения мягких тканей	1	4,8
Причина не выявлена	2	9,5

Таким образом, у данных больных имел место не истинный рецидив корешкового синдрома в отдаленном послеоперационном периоде, а т.н. продолжение болезни (*prolongatio morbi*) на смежные уровни.

У 7 (33,3%) больных выявлены грыжи или протрузии межпозвонковых дисков на смежном уровне, преимущественно – у 6 (28,6%) – ниже оперированного ранее диска, оказывающие на корешок компрессию, предположительно являющуюся причиной корешкового синдрома. У 5 (23,8%) пациентов отмечена компрессия нерва со стороны остеофита, вызывающая его отек.

У 2 (9,5%) пациентов при УЗИ не удалось выявить причину болевого синдрома. У одного из этих больных после спондилодеза с установкой кейджа на уровне С3-С4 были выявлены в одном случае множественные грыжи нижележащих межпозвонковых дисков С4-С5, С5-С6, С6-С7, однако эхопризнаков компрессии на нерв с их стороны не установлено. У другой больной после декомпрессионной ламинэктомии с удалением

множественных остеофитов также не определено причины болевого синдрома.

Проведенный КТ-, МРТ- или рентгенологический контроль во всех случаях подтвердил выявленные при УЗИ причины развития корешкового синдрома. В вышеуказанных 2 случаях, когда при УЗИ причину боли выявить не удалось, при КТ (в первом случае) и при МРТ (у второй больной) установлен стеноз корешкового канала на уровне выполненного вмешательства.

Следует особо отметить результаты обследования 8 (38,1%) пациентов, у которых был выполнен спондилодез с установкой кейджа. В связи с наличием инородного тела (кейджа) МРТ данным больным противопоказана. Рентгенологические методы визуализации (КТ, рентгенография) отображали только изменения вертебральных структур (рис. 5.6) и не предоставляли информации о состоянии спинномозговых нервов.



Рис. 5.6. Рентгенография ШОП пациентки И. в фронтальной (а) и сагиттальной (б) проекции: на уровне С6-С7 определяется титановый кейдж

Эхографически удавалось визуализировать кейдж в поперечной и продольной проекции (рис. 5.7).

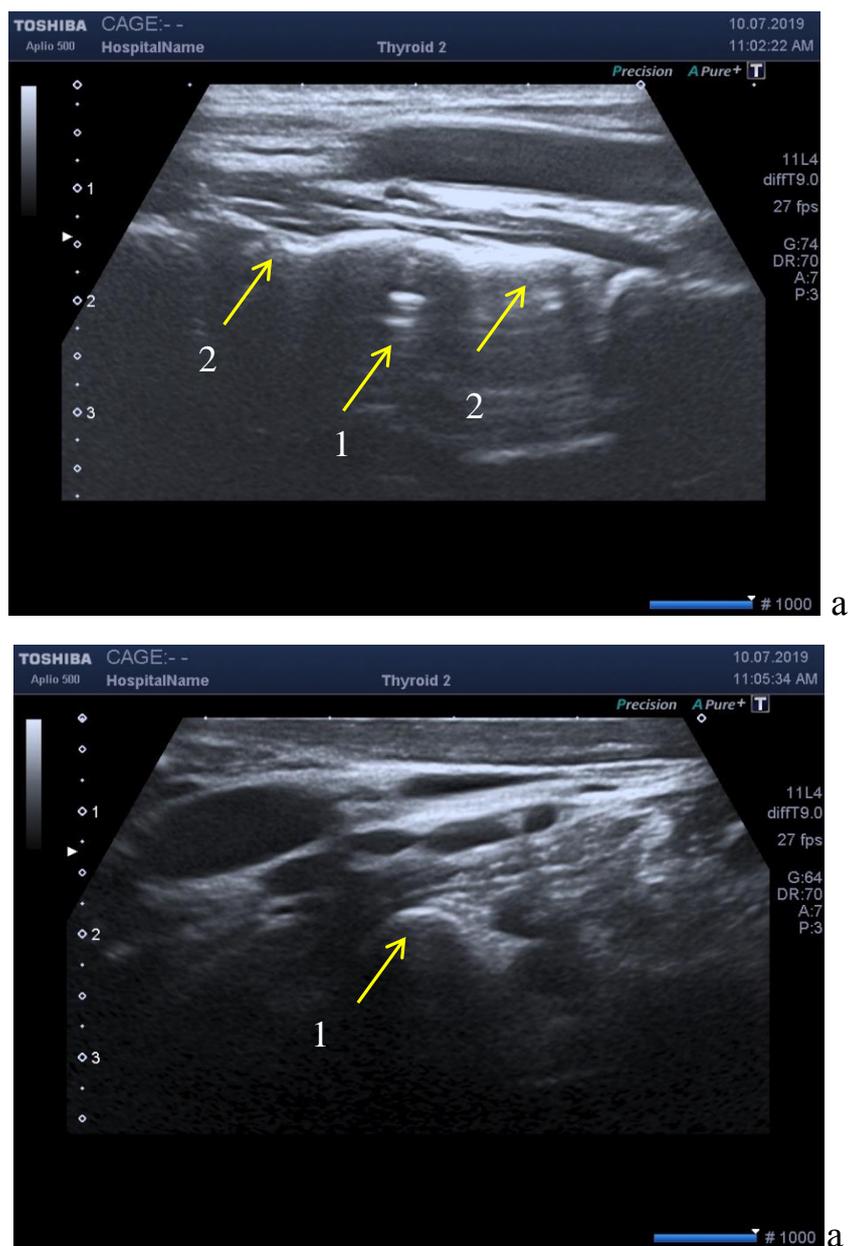


Рис. 5.7. Визуализация титанового кейджа при продольном (а) и поперечном (б) сканировании из передне-бокового доступа: 1 – титановый кейдж на уровне межпозвонкового диска С6-С7, 2 – позвонки С6 и С7

Следует отметить, что в указанных случаях при КТ или рентгенографии были выявлены множественные изменения ШОП. На основании рентгенографических данных невозможно было сделать обоснованное заключение о том, являются ли выявляемые вертебральные изменения причиной корешкового синдрома. В приведенном примере (рис.

5.8) у пациентки И., которой 4 года назад выполнен спондилодез с установкой кейджа на уровне С6-С7, рентгенографически выявлены остеофиты на уровне С7-Т1. Однако при УЗИ установлено, что на уровне установки кейджа спинномозговой нерв С6 является утолщенным, с признаками отека не только в проксимальной части в месте выхода из корешкового канала, но и после точки перегиба. Причиной отека, по нашему мнению, выступают послеоперационные рубцовые изменения, оказывающие компрессию на нерв дистальнее точки перегиба. Такие изменения при УЗИ можно дифференцировать с компрессионным воздействием на нерв со стороны грыжи или остеофита, которое, как показали представленные ранее исследования, осуществляется проксимальнее точки перегиба, что обуславливает характерную эхографическую картину.



Рис. 5.8 УЗИ спинномозгового нерва C<sub>VI</sub>. Пояснения в тексте

На уровне С7-Т1 при УЗИ не установлено эхопризнаков компрессии на спинномозговой нерв. Таким образом, УЗИ позволяет оценить состояние мягкотканых структур, в частности, спинномозговых нервов в проксимальных отделах, и определить уровень поражения у пациентов, которым невозможно выполнение МРТ.

Полученные данные указывают на целесообразность использования УЗИ в диагностике причин рецидива болевого синдрома и неврологической симптоматики после оперативного лечения. УЗИ предоставляет возможность определить уровень поражения и определить его причину, что позволяет дифференцировать истинный рецидив ШРП после хирургического лечения и *prolongatio morbi* на смежные вертебральные и нервные структуры. Особое значение УЗИ в отдаленном периоде хирургического лечения приобретает у больных, которым выполнена установка кейджа, что исключает применение МРТ для оценки изменений мягких тканей, в частности, нервов.

Проведенные исследования позволили прийти к следующим заключениям.

Дифференцированный подход к выбору схем консервативной терапии, основанный на данных ультразвуковой оценки изменений спинномозговых нервов шейного отдела и выделении отечной, инволютивной и компрессионно-ишемической форм патологического процесса, позволяет статистически значимо улучшить результаты лечения. При применении предложенной схемы выбора лечебной тактики отмечено сокращение сроков лечения, увеличение удельного веса случаев достижения стойкой ремиссии, более выраженный регресс неврологической симптоматики и болевого синдрома по сравнению с эмпирически избираемыми схемами медикаментозной терапии.

Разработанная методика эхоконтролируемой паравертебральной блокады, как показали проведенные исследования, является более эффективной в достижении купирования болевого синдрома по сравнению с традиционным выполнением вслепую на основании топографо-анатомических ориентиров с учетом данных пальпации. УЗИ предоставляет преимущества в виде точного определения уровня пораженного нерва, выборе безопасной траектории пункционной иглы, не затрагивающей

кровеносные сосуды, контроле и коррекции процесса формирования депо препарата.

Динамические УЗИ в процессе консервативной терапии позволили установить, что при успешном лечении характерно уменьшение отека нерва в проксимальной его части, что количественно проявляется в виде снижения показателя ГДН вплоть до полной его нормализации. Выявлена достоверная положительная корреляция между снижением ГДН и уменьшением субъективного ощущения боли в целом и сенсорной и аффективной ее составляющей.

Обоснована целесообразность использования УЗИ для диагностики причин рецидива болевого синдрома и неврологической симптоматики после оперативного лечения. Установлено, что УЗИ предоставляет возможность определить уровень поражения и определить его причину, дифференцировать истинный рецидив ШРП после хирургического лечения и *prolongatio morbi* на смежные вертебральные и нервные структуры, особенно у больных, которым выполнена установка кейджа и других металлоконструкций, что исключает применение МРТ для оценки изменений нервов.

По материалам раздела опубликованы работы:

1. Зубов, А. Д. Дифференцированный подход к выбору тактики консервативной терапии шейной радикулопатии на основании данных ультразвукового исследования [Текст] / А. Д. Зубов, А. А. Бережная, Л. Н. Антонова // Проблемы экологической и медицинской генетики и клинической иммунологии»: сборник научных трудов. – Луганск, 2019. – Вып. 3 (153). – С. 122–131.
2. Ультразвуковое исследование с функциональной пробой в диагностике и прогнозировании эффективности лечения шейной радикулопатии [Текст] / А. Д. Зубов, Л. Н. Антонова, А. А. Бережная, Е. С. Беседин // Материалы VIII всероссийского научно-образовательного

форума с международным участием «Медицинская диагностика – 2016» и X Юбилейного всероссийского национального конгресса лучевых диагностов и терапевтов «Радиология – 2016» 24–26 мая 2016 года, г. Москва. – Российский электронный журнал лучевой диагностики. – 2016. – Том 6, №2. Приложение. – С. 139-140. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). Электрон. текстовые и граф. дан. (1,51 Мб). – С. 139–140.

3. Ультразвуковое исследование с функциональной пробой в диагностике и прогнозировании эффективности лечения шейной радикулопатии [Текст] / А. Д. Зубов, Е. А. Статинова, Л. Н. Антонова, А. А. Бережная // Материалы Юбилейной научно-практической конференции с международным участием «60 лет ДНИИТО». – Травматология, ортопедия и военная медицина. – 2016. – №1. – С. 124–125.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Шейная радикулопатия является широко распространенным в популяции заболеванием, существенно снижающим качество жизни, ведущим к ограничениям физической активности, утрате трудоспособности вплоть до инвалидизации [40, 116], и в настоящее время выступает как серьезная социально-экономическая проблема.

Для адекватного лечения ШРП необходимо установление причин развития корешкового синдрома, в чем основная роль отводится методам лучевой визуализации. Традиционно ведущими методами диагностики являются рентгенография и КТ, однако их применение сопряжено с действием ионизирующего излучения. Учитывая, что исследование ШОП предполагает лучевое воздействие на такой высокочувствительный к действию радиации орган, как щитовидная железа, применение рентгенографии и КТ должно быть строго лимитировано. Кроме того, рентгенологические методы не предоставляют информации о состоянии мягкотканых структур, прежде всего, спинномозговых нервов, а также структур межпозвонкового диска (пульпозного ядра, фиброзного кольца), что также важно для определения лечебной тактики.

Применение такого высокоинформативного метода, как МРТ, ограничено высокой стоимостью оборудования и наивысшей среди всех современных инструментальных диагностических методов стоимостью самого обследования [109], а также необходимостью долгое время сохранять неподвижность, что затруднительно при наличии болевого синдрома [33]. Также следует учитывать, что МРТ не может быть выполнена при наличии металлических объектов в организме (протезов, фиксирующих металлоконструкций, стимуляторов, инородных тел и пр.).

Однако наиболее важным, по нашему мнению, ограничением вышеперечисленных методов является то, что они позволяют выявлять только изменения вертебральных структур, являющиеся следствием

естественных дегенеративных процессов в позвоночнике. Однако многочисленные исследования указывают, что таковые изменения – развитие остеофитов, формирование протрузий и грыж, сужение межпозвонковых отверстий и пр. – присутствуют у большинства взрослых лиц в популяции, и их частота положительно коррелирует с возрастом пациентов. Установить же, какое из вышеперечисленных изменений собственно вызывает корешковый синдром, с помощью вышеперечисленных методов затруднительно.

Таким образом, непосредственное выявление изменений шейного спинномозгового нерва, лежащих в основе корешкового синдрома, до настоящего времени не выполняется.

Ультразвуковое исследование, позволяющее визуализировать мягкотканые структуры, в частности, спинномозговые нервы, а также межпозвонковые диски, является перспективным методом исследования, однако в диагностике патологии ШОП до настоящего времени практически не применяется.

Имеется ряд исследований, посвященных смежной тематике. В частности, ряд работ освещает вопросы визуализации периферических нервов [30, 53, 82, 152, 186] и нервных сплетений (шейного, плечевого) [79, 80], прежде всего, для выполнения различных блокад и регионарной анестезии. УЗИ шейного отдела позвоночника с применением доплерографических режимов также выполняют с целью оценки кровотока в позвоночной артерии.

Более подробно изучены вопросы УЗИ поясничного отдела позвоночника как более доступного для визуализации [167, 188, 202]. Однако и в этих исследованиях недостаточно освещены аспекты визуализации спинномозговых нервов.

Было найдено только одно масштабное исследование, проведенное А. Ю. Кинзерским и соавт. посвященное УЗИ вертебральных структур шейного отдела, результаты которого представлены в нескольких публикациях [41, 48,

91], а также работа S. Galetti и соавт [165], описывающая УЗ изображение позвонков ШОП, но и в них не отображены вопросы визуализации спинномозговых нервов.

Таким образом, вопросы ультразвуковой диагностики ШРП практически не изучены на сегодняшний день. В связи с этим отсутствует стандартизированная методика УЗ исследования ШОП и соответствующих спинномозговых нервов.

Для разработки и освоения методики УЗИ ШОП нами был разработан фантом шейного отдела. В основу модели положен принцип фантома внутренних органов, предложенный А.Д. Зубовым с соавт. в 2006 г. [36, 67] для освоения техники интервенционного ультразвука. Принцип заключается в погружении органического объекта-имитатора, роль которого в нашем случае выполняет шея животного (овцы), погруженного в упругую непрозрачную эхопроводящую среду. В конструкцию фантома внесены элементы, позволяющие выполнять полипозиционное исследование и обеспечивающие форму, близкую к анатомической. В литературе не найдено описаний подобных фантомов ШОП, пригодных для УЗИ. Имеется лишь единичное упоминание об освоении техники УЗИ поясничного отдела путем погружения пластиковой модели пояснично-крестцового отдела позвоночника в воду [45].

Использование предложенного фантома позволило отрабатывать навыки УЗ визуализации и идентификации структур шейного отдела – позвонков, межпозвонковых дисков, спинномозговых нервов.

При разработке и освоении методики УЗИ шейного отдела необходимым представлялось использование референтного метода для контроля правильности идентификации структур шейного отдела. Нами впервые предложено использовать для контроля УЗ идентификации технологию мультимодальной визуализации, реализованную в режиме исследования Fusion. Технология предполагает одновременную синхронизированную визуализацию исследуемой зоны методами УЗИ в

реальном времени и КТ-реконструкцию на основе предварительно выполненной томографии объекта. Таким образом, идентифицировав какой-либо элемент при УЗИ, исследователь имеет возможность оценить правильность своего заключения на основании данных референтного метода исследования, которым в настоящем случае выступает КТ.

Исследование фантома в режиме Fusion позволило выделить основные эхографические характеристики вертебральных и нервных структур шейного отдела. Полученные навыки и разработанные технические приемы исследования позволили перейти к изучению УЗ картины шейного отдела человека у здоровых добровольцев.

В литературе нет обоснованных рекомендаций об используемых для УЗИ шейного отдела доступах, настройках УЗ сканеров и режимах исследования. Нами установлено, что ультразвуковая визуализация из заднего доступа не предоставляет достаточной информации о состоянии шейного отдела позвоночника и выходящих нервных стволов и может быть использована в единичных случаях для визуализации межпозвонкового диска.

При исследовании из передне-бокового доступа во всех случаях удается достигнуть удовлетворительной визуализации шейного отдела позвоночника, идентифицировать уровень позвонка и/или межпозвонкового диска, получить УЗ изображение спинномозговых нервов. Оптимальным является положение пациента лежа на спине с валиком под шеей либо без такового. Рекомендованное некоторыми авторами положение сидя с откинутой назад головой [79, 80 и др.], как было установлено, является дискомфортным для пациента, особенно при наличии выраженного болевого синдрома, приводит к быстрому утомлению, произвольным движениям, затрудняющим выполнение исследования, может привести при длительном нахождении к развитию т.н. «синдром Микеланджело» в виде головокружения, потемнения в глазах, обморока вследствие нарушения кровоснабжения головного мозга.

Исследование вертебральных структур рекомендовано проводить конвексным датчиком частотой 3,5-5,0 МГц, нервов и сосудов – линейным датчиком, однако данные рекомендации не являются абсолютными: в зависимости от телосложения обследуемого и используемых режимов УЗИ возможна смена датчика для достижения наилучшей визуализации.

Для исследования нормальной эхографической картины у здоровых добровольцев и контроля идентификации структур шейного отдела использовали технологию Fusion, однако, в отличие от исследований на фантоме, с целью исключения лучевой нагрузки в качестве референтного метода использовали МРТ. Сообщений о подобных исследованиях в профильной литературе не найдено.

УЗ визуализации были доступны тела 5-6 позвонков от С2 до С7, причем у гиперстеников с короткой шеей самый верхний (С2) или самый нижний (С7) из них могли не определяться. Удовлетворительной визуализации позвонка С1 не удалось достигнуть ни в одном случае.

Исследования на 45 здоровых добровольцах позволили расширить сведения об ультразвуковых характеристиках вертебральных и нервных структур шейного отдела.

Установлено, что собственно тела позвонков недостаточно полно визуализируются при УЗИ и не являются целью метода УЗД, эхографически целесообразно оценивать только их взаиморасположение и состояние наружной (обращенной к датчику) поверхности. Для улучшения визуализации межпозвонковых дисков предложен ряд технических приемов, в частности, использование заполненного кровью сосуда в качестве акустического окна. Сопоставление результатов измерения высоты межпозвонковых дисков по данным УЗИ и МРТ показало состоятельность эхографии в определении данного показателя, что согласуется с данными ряда исследований [70, 72, 202]. Нами впервые было предложено использовать для УЗ визуализации ШОП режим панорамного сканирования. Установлено, что применение панорамного сканирования позволяет вывести

на одном снимке и сопоставить все визуализируемые позвонки, сравнить их расположение, состояние обращенных к датчику поверхностей, размеры межпозвонковых дисков, а также в целом оценить форму позвоночника в шейном отделе и наличие лордоза.

Полученные данные об эхографических характеристиках позвонков, межпозвонковых дисков согласуются с данными литературы [40, 72, 202], однако имеют более расширенный характер. Установлено, что высота межпозвонкового диска у здоровых обследуемых составляет в среднем  $4,33 \pm 0,48$  мм и достоверно нелинейно возрастает от уровня С3-С4 до С7-Т1.

Известно, что одной из важнейших задач на начальном этапе УЗИ ШОП является определение уровня позвоночного сегмента, включающего позвонок, нижележащий межпозвонковый диск и пару спинномозговых нервов. При УЗ сканировании доступные для визуализации позвонки, диски и нервы выглядят однотипно на разных уровнях, в связи с чем их идентификация затруднительна. Классический подход для определения уровня исследуемого позвоночного сегмента [48] предполагает нахождение по известным анатомическим ориентирам позвонка С7 и последовательный отсчет от него до интересующего уровня посредством перемещения датчика снизу вверх.

Нами проведен поиск эхоанатомического ориентира для идентификации уровня позвонка. Изучение возможности использования в этом качестве предлагаемого Martinoli С. и соавт. [159] уровня верхней или нижней границы щитовидной железы не привело к удовлетворительным результатам в связи с их значительной анатомической вариабельностью. Однако следует отметить, что у части пациентов позвонок С7 может быть недоступным для УЗ визуализации, в связи с чем определение уровней позвоночных сегментов производится приблизительно, что ведет к ошибкам в диагностике. Кроме того, отсчет позвонков от самого нижнего является трудоемким, значителен риск ошибок в определении уровня позвонков верхних уровней.

Нами предложено в качестве эхоанатомического ориентира использовать точку бифуркации общей сонной артерии на наружную и внутреннюю, что соответствует уровню межпозвонкового диска С3-С4. Установлено, что информативность предложенного эхоанатомического критерия на  $15,6 \pm 5,4\%$  выше, чем традиционного анатомического. Также предложено дифференцировать самый нижний из доступных для УЗ визуализации шейных позвонков как С7 или С6 по отсутствию (для С7) или наличию (для С6) переднего бугорка поперечного отростка. Данный прием был описан S. Galetti и соавт. [165] в 2016 г., однако не нашел использования в клинической практике.

Описана нормальная УЗ картина спинномозговых нервов шейного отдела, в т.ч. в их проксимальных отделах, что ранее не было отображено в профильной литературе.

Поскольку неизмененный нерв при УЗ визуализации в В-режиме сходен с кровеносным сосудом, нами предложено расширить стандартное исследование нервов за счет применения доплерографических методик, при этом в качестве дифференцирующего признака использовано отсутствие движения жидкости для нерва и его наличие для кровеносного сосуда.

При анализе профильной литературы не найдено сведений о нормальных диаметрах спинномозговых нервов. Исключение составляют исследования В.Г. Салтыковой [79], в которых приведены диаметры нервов, однако в данном исследовании приведены диаметры передней ветви шейного спинномозгового нерва, данные же о диаметре указанного в проксимальной части, до точки отхождения задней ветви, отсутствуют.

Нами получены нормограммы шейных спинномозговых нервов С<sub>III</sub> – С<sub>VII</sub> в проксимальной части и дистальнее точки перегиба. Описанные параметры названы нами соответственно проксимальным и дистальным диаметром. Установлено, что между ними у здоровых людей существует статистически значимая разница, составляющая 8-12%.

Для подтверждения адекватности измерения диаметров были проведены измерения диаметров соответствующих нервов на МРТ-изображении у 10 лиц, достоверных различий в диаметрах соответствующих нервов не выявлено. Статистический анализ не выявил достоверных различий в толщине нерва у мужчин и женщин (проксимальный диаметр соответственно  $4,6\pm 0,5$  мм и  $4,3\pm 0,4$  мм), а также корреляции между изучаемыми диаметрами и такими антропометрическими показателями, как рост, масса тела, индекс массы тела.

Нами предложено использовать режим панорамного сканирования для визуального сопоставления и измерения диаметров спинномозговых нервов шейного отдела, что позволило значимо сократить продолжительность исследования. Среднее время исследования одного спинномозгового нерва с измерением его диаметра в двух точках, проводимого опытным специалистом, составило  $156\pm 25$  секунд; измерение диаметров нервов на статичном панорамном снимке занимало в среднем  $65\pm 22$  секунд на один нерв.

Знание нормальной ультразвуковой анатомии шейных позвонков и межпозвонковых дисков позволило эхографически выявлять их структурные изменения, лежащие в основе патологических состояний, в частности, шейного остеохондроза и спондилеза.

Выявлен ряд особенностей процесса выполнения УЗИ у пациентов с ШРП по сравнению со здоровыми лицами, обусловленных, прежде всего, болевым синдромом. Наличие болевого синдрома обуславливало вынужденное положение пациента – голова наклонена вперед-влево или вперед-вправо в зависимости от стороны поражения, что требовало корректив в интерпретации УЗ изображения.

В результате проведенных исследований выявлены патогномоничные для шейной радикулопатии изменения со стороны вертебральных и нервных структур.

Установлено, что УЗИ предоставляет возможность оценки состояния позвоночного столба, в частности, уплощение шейного лордоза вплоть до полного выравнивания, а также с высокой (100,0%) чувствительностью выявить листезы шейных позвонков и оценить стабильность листеза посредством функциональной пробы. Следует отметить, что аналогичные функциональные пробы традиционно проводятся при рентгенологических исследованиях [40, 109, 116], однако стабильность листеза затруднительно определить при КТ и МРТ, что иллюстрирует преимущества УЗИ шейного отдела позвоночника.

Также при УЗИ хорошо определялись остеофиты шейных позвонков: во всех случаях остеофиты, выявленные другими методами лучевой визуализации, удавалось подтвердить при УЗИ, ложноположительных заключений УЗИ не было.

При УЗИ у пациентов с дегенеративными изменениями ШОП наблюдали уменьшение высоты межпозвонковых дисков, изменение эхографических характеристик межпозвонковых дисков, в частности, повышение эхогенности вследствие дегидратации. Полученные данные согласуются с результатами единичных исследований, представленных в литературе [48].

Также отмечено уменьшение высоты межпозвонковых дисков, подтвержденное при СКТ, МРТ или рентгенографии. Так, средняя высота диска у здоровых лиц составила  $4,3 \pm 0,49$  мм, у пациентов с дегенеративными изменениями –  $3,8 \pm 0,74$  мм ( $p < 0,05$ ). Выявлено снижение высоты межпозвонковых дисков в среднем на 11,7%, однако установлено, что за счет значительной индивидуальной вариабельности данного показателя его объективное использование в оценке выраженности дегенеративных изменений позвоночника не является статистически обоснованным.

При УЗИ у 118 (93,7%) пациентов определялись выпячивания пульпозного ядра за пределы контура межпозвонкового диска размером от 1,5 до 5,8 мм – протрузии или грыжи. Грыжа характеризовалась нарушением

целостности фиброзного кольца и выходом пульпозного ядра за его пределы. Поскольку при МРТ дифференцирующим признаком между протрузией и грыжей является размер выпячивания (соответственно до и более 3 мм), возможность дифференцировки выпячиваний посредством эхографической оценки целостности фиброзного кольца можно считать преимуществом УЗИ. Однако чувствительность метода УЗД в выявлении протрузий и грыж, определенная на основании сопоставления с данными МРТ, невысока и составила в настоящем исследовании соответственно 45,4% и 61,8% при специфичности 100%. Различия в чувствительности метода УЗИ в выявлении протрузий и грыж обусловлено, по нашему мнению, меньшими размерами протрузий и отсутствием при них дефекта гиперэхогенного фиброзного кольца, что затрудняет диагностику выпячивания. Общая чувствительность метода в выявлении выпячиваний пульпозного ядра составила 55,5%. Аналогичных исследований диагностической ценности УЗИ в профильной литературе не найдено.

Проведенные исследования показали, что при ШРП наибольшую значимость УЗИ имеет для визуализации спинномозговых нервов и оценки их поражения.

Известно, что изменения позвоночника, вызванные естественными дегенеративными процессами – протрузии, грыжи, остеофиты – присутствуют у большинства взрослых лиц, вне зависимости от клинической симптоматики ШРП. Поэтому выявление таких изменений при рентгенографии, КТ или МРТ, даже при наличии корешкового синдрома, не гарантирует, что они являются причиной боли и неврологической симптоматики [44, 55, 109, 113 и др.]. Так, в настоящем исследовании мы неоднократно наблюдали случаи множественных грыж, протрузий и остеофитов, тогда как причиной изменений спинномозгового нерва, лежащих в основе корешкового синдрома, выступало только одно из вышеперечисленных патологических образований. Поэтому для обоснованного выбора тактики лечения ШРП, особенно инвазивного,

необходимо уверенное определение уровня поражения и выявление пораженного нерва.

При анализе данных УЗИ шейных спинномозговых нервов выявлен ряд закономерностей, не отображенных в профильной литературе. Установлена статистически значимая ( $p < 0,05$ ) тенденция к уменьшению диаметров нерва – как проксимального, так и дистального – при снижении уровня позвоночного сегмента. Так, среднее значение проксимального диаметра  $C_{III}$  составило  $5,1 \pm 1,6$  мм, а нерва  $C_{VII}$  –  $3,7 \pm 1,8$  мм. У здоровых добровольцев такую закономерность не наблюдали. По нашему мнению, уменьшение диаметра нерва в зависимости от уровня позвоночного сегмента связано с большей выраженностью дегенеративных изменений в нижних отделах шейного отдела позвоночника. Косвенным подтверждением этой гипотезы является факт, что подобная зависимость установлена и для толщины межпозвонковых дисков.

Также определено, что для группы пациентов с ШРП характерны более высокие значения дисперсии в значениях проксимального и дистального диаметров спинномозговых нервов по сравнению с аналогичными показателями у здоровых лиц ( $p < 0,001$ ), что указывает на значительную вариабельность изучаемых показателей. Причины такой вариабельности, по нашему мнению, неоднозначны. Так, проксимальные диаметры могут варьировать в зависимости от наличия и степени отека нерва в месте выхода его из позвоночного канала при воздействии со стороны грыжи или протрузии межпозвонкового диска. Различия в дистальных диаметрах могут быть обусловлены различной степенью компрессии на нерв со стороны остеофитов.

Выявлена достоверная отрицательная корреляция среднего значения диаметра нерва у пациента и длительности заболевания – коэффициент корреляции Пирсона составил  $-0,38$  ( $p < 0,01$ ).

Значительная вариабельность диаметров шейных спинномозговых нервов побудила к изучению характеристик нервов, механическое

воздействие на которые явилось причиной корешкового синдрома (далее – пораженных нервов).

Форма пораженных нервов по сравнению с другими нервами этого же пациента имела ряд эхографически выявляемых различий. При наличии остеофитов наблюдали вызванное их механическим воздействием смещение нерва остеофитом в верхне-дорсальном направлении различной степени выраженности, нарушение параллельного хода соседних нервов, нарушение нормального расположения дистального участка нервного ствола и точки перегиба. Форма нерва в большинстве случаев отличалась от таковой у здоровых лиц, прежде всего, за счет различного рода деформаций. В проксимальной части наблюдали отек нерва, ведущий к увеличению его диаметра. За счёт увеличения проксимального и уменьшения дистального диаметров нерв на протяжении до точки перегиба менял свою форму на близкую к конусовидной.

Установлено, что эхогенность пораженного нерва ниже, чем у соответствующего нерва на контралатеральной стороне, не имеющего признаков корешкового синдрома. Данный факт может быть объяснен отеком нерва как результата воспаления вследствие хронического механического воздействия.

Полученные данные свидетельствуют, что пораженный нерв характеризовался бóльшим проксимальным диаметром ( $5,22 \pm 1,49$  мм) и меньшим дистальным ( $2,43 \pm 1,31$  мм) как по сравнению со здоровыми нервами (соответственно  $4,66 \pm 0,53$  мм и  $4,09 \pm 0,45$  мм), так и со средними значениями диаметров всех доступных для визуализации нервов к больным ШРП (соответственно  $4,82 \pm 1,43$  мм и  $3,13 \pm 0,89$  мм). Выявленные различия могут быть обусловлены отеком проксимальной части нерва и компрессией со стороны остеофита на точку перегиба (дистальный диаметр), что подтверждается ультразвуковыми изображениями пораженного нерва, контралатерального нерва без признаков корешкового синдрома и здорового нерва.

Установлено, что диапазон значений проксимального и дистального диаметров пораженного нерва значительно выше, чем здорового. В связи с большой вариабельностью и высокими значениями дисперсии статистически достоверность различий данного показателя у здоровых лиц и больных с ШРП подтвердить не удалось. Таким образом, абсолютное значение диаметра шейного спинномозгового нерва не может служить количественным критерием его воспаления.

С целью объективизации оценки изменений спинномозгового нерва шейного отдела, являющихся причиной корешкового синдрома, предложен новый информативный параметр – градиент диаметра нерва на участке от точки выхода нерва из спинномозгового канала до точки перегиба. Результаты исследования свидетельствуют, что ГДН является информативным параметром, объективно отображающим состояние нерва и нивелирующим индивидуальные анатомические колебания. Поскольку показатель ГДН является величиной, зависимой от двух основных аргументов – отека проксимальной части нерва и сужения вследствие компрессии в точке перегиба – он является объективным количественным критерием выраженности патологических изменений спинномозгового нерва шейного отдела, вызванных как воздействием на него до точки выхода из позвоночного канала (грыжи межпозвонковых дисков, унковертебральный артроз), так и за его пределами (со стороны остеофита).

Граничные значения показателя ГДН были заданы следующим образом: здоровый нерв – до 15%, нерв с дегенеративными изменениями без признаков воспаления – 15-20%, нерв с признаками воспаления, проявляющегося корешковым синдромом – более 20%.

Клинико-эхографические сопоставления позволили выявить следующие закономерности. Неврологическая симптоматика и выраженность болевых ощущений не являются объективными критериями наличия и степени структурных изменений вертебральных структур, вызванных дегенеративными изменениями позвоночника. Так, листез, сглаженность

шейного лордоза, наличие и количество остеофитов могут сопровождаться как выраженными симптомами, так и быть бессимптомными либо малосимптомными. Таким образом, на основании клинических данных нельзя убедительно судить о степени дегенеративных изменений вертебральных структур. Достоверная информация о тяжести структурных изменений может быть получена только с помощью методов лучевой визуализации, в частности, ультразвукового исследования.

В результате анализа корреляций между диаметрами нервов по данным УЗД и клиническими проявлениями ШРП установлено, что абсолютные значения как проксимального, так и дистального диаметров нерва не коррелируют с симптомами заболевания. Однако установлен высокий уровень корреляции ГДН с выраженностью как болевого синдрома (коэффициент ранговой корреляции Спирмена  $r_s=0,449$ ,  $p<0,001$ ), так и неврологических нарушений ( $r_s=0,318$ ,  $p<0,001$ ). Данная зависимость, по нашему мнению, объясняется тем, что и боль, и неврологическая симптоматика обусловлены, с одной стороны, компрессией на нерв, и, с другой стороны – выраженностью отека проксимальной части нерва, и слабо зависят от степени инволютивных изменений нерва, проявляющихся уменьшением его диаметра. Таким образом, предложенный показатель ГДН характеризует не столько глубину структурных нарушений, вызванных дегенеративными процессами, сколько тяжесть процесса обострения.

Аналогичных исследований в профильной литературе не найдено. Косвенным аргументом в пользу высказанных предположений могут служить данные ряда исследований об уменьшении диаметра периферических нервов при длительной компрессии (туннельном синдроме) и увеличении при отеке, сопровождающем воспалительный процесс [175, 178, 195].

Полученные данные об изменениях проксимальных участков спинномозговых нервов, выявляемых при УЗИ, были положены в основу выбора персонифицированной тактики лечения больных ШРП.

В литературе имеются единичные сообщения о дифференцированном подходе к выбору тактики лечения ШРП [8, 35, 131, 208], в частности, по степени болевых ощущений [40], данных МРТ и спондилографии (стандартной и функциональной) с учетом выявленных радиологическими методами нарушений биомеханики [35, 128]. Однако они носят разрозненный характер и не нашли применения в клинической практике. В настоящее время, по данным литературы, индивидуализированный выбор тактики лечения ШРП и последующая оценка результатов затрудняются тем, что отсутствуют единые критерии степени неврологических нарушений [51]. Обоснованных критериев выбора лечебной тактики на основе данных УЗИ до настоящего времени в литературе не представлено.

Нами был предложен алгоритм выбора лечебной тактики при ШРП, основанный на характере и выраженности изменений пораженного нерва, определяемых при УЗИ. На основании проведенных исследований было выделено три варианта течения патологического процесса при ШРП.

Наиболее распространенной была отечная форма ШРП, которая характеризовалась наличием выявляемого при УЗИ отека нерва, служащего причиной болевого синдрома. Отек объективно констатировали на основании повышения значения ГДН более 20. При наличии эхопризнаков отека основным компонентом медикаментозной терапии избирали противоотечные средства, мочегонные препараты, в сочетании с кортикостероидами.

Изменения нерва инволютивного характера отмечали при длительном течении патологического процесса вследствие долговременной компрессии и хронических нарушений его питания. Критерием таковых изменений может выступать проксимальный диаметр нерва. Учитывая, что минимальный проксимальный диаметр у здоровых молодых добровольцев ни в одном случае не был ниже 3,5 мм, признаком инволютивных изменений нерва считали его проксимальный диаметр менее 3 мм. Вторым критерием инволютивных изменений считали отличие проксимального диаметра нерва от такого же диаметра контралатерального и/или выше- и нижележащий

нервов не менее чем на 30%. Инволютивной считали форму ШРП при наличии как минимум одного из указанных критериев. В таких случаях пациентам назначали препараты, улучшающие микроциркуляцию, стимулирующие обменные процессы, витамины, при наличии выраженного болевого синдрома использовали неспецифические противовоспалительные препараты, но не кортикостероиды. Противоотечную терапию не проводили.

Если же при УЗИ не было выявлено ни признаков отека, не проявлений инволютивных изменений, констатировали компрессионно-ишемическую форму поражения. В таких случаях медикаментозную терапию основывали на неспецифических противовоспалительных препаратах, противоотечную терапию и стимуляторы обменных процессов не назначали.

Эффективность предложенного алгоритма оценивали в сравнении с эмпирически избираемой терапией. Оценивали регресс неврологической симптоматики и боли, а также длительность и результативность лечения. В оценке динамики болевого синдрома использовали Мак-Гилловский русифицированный болевой опросник, позволяющий проводить в многомерную оценку боли [74]. Дифференцированный подход к выбору схем консервативной терапии, основанный на данных ультразвуковой оценки изменений спинномозговых нервов шейного отдела и выделении отечной, инволютивной и компрессионно-ишемической форм патологического процесса, позволил статистически значимо улучшить результаты лечения по сравнению с эмпирически избираемой терапией. Отмечено сокращение сроков лечения с  $18,4 \pm 2,6$  до  $10,1 \pm 3,1$  суток, увеличение удельного веса случаев достижения стойкой ремиссии с 81,2% до 92,1%, более выраженный регресс неврологической симптоматики и болевого синдрома по сравнению с эмпирически избираемыми схемами медикаментозной терапии.

Регресс клинических проявлений ШРП сопровождался изменениями ряда ультразвуковых характеристик ШОП. Изменения вертебральных структур – межпозвонковых дисков и позвонков, в т.ч. с остеофитами – в процессе консервативной терапии, как и следовало ожидать, не наблюдали.

Однако со стороны нервов был выявлен ряд характерных изменений, свидетельствующих об уменьшении воспаления. Наиболее иллюстративным изменением было изменение диаметров нервов и коэффициента ГДН. Уменьшение воспаления вело к снижению отека нерва, что проявлялось в значимом уменьшении проксимального диаметра нерва и нормализации формы его проксимального участка. Особенно наглядными были описываемые изменения у пациентов с отечной формой ШРП, которая преобладала в изучаемой группе – 47 (67,1%) наблюдений. В наименьшей степени в процессе лечения изменялись эхографические проявления нервов с инволютивной формой ШРП, характеризующейся дегенерацией и истончением нерва.

Изменения дистального диаметра при клиническом улучшении отсутствовали либо были незначительными. Данный факт объясняется тем, что отек нерва при корешковом синдроме развивается, как правило, в проксимальной его части. Дистальнее уровня компрессии отек либо отсутствует, либо незначителен.

При результативном лечении отмечали снижение показателя ГДН, в различной степени приближающегося к нормальным значениям. Снижение ГДН было переменным и зависело как от исходных значений показателя, так и от результатов лечения. При нерезультативном лечении изменения ГДН были разнонаправленными либо отсутствовали. Выявлена выраженная положительная корреляция между изменением ГДН и уменьшением субъективного ощущения боли в целом, сенсорной и аффективной ее составляющей.

В профильной литературе не найдено аналогичных исследований. Однако в немногочисленных работах указывается на значимость показателей РМБО в оценке эффективности консервативной терапии ШРП [74, 96]. Также имеется ряд публикаций, в которых представлены результаты динамического УЗИ при заболеваниях периферических нервов с целью наблюдения за течением процесса, исходя из темпов прогрессирования заболевания,

необходимости коррекции лечения и т. д. [57]. В отношении исследований периферических нервных стволов отмечается преимущество УЗИ перед МРТ в контроле результатов лечения, поскольку при МРТ затруднительно достоверно детализировать небольшие структурные изменения, что не позволяет исследовать динамику восстановления нерва [21].

Паравертебральные блокады широко используются в лечении ШРП, плохо поддающейся консервативной терапии [44, 74, 87, 118]. Указывается как на положительные результаты лечения данным методом, так и на отсутствие эффективности данной методики [44]. Не исключено, что разногласия обусловлены различным уровнем точности введения препарата в заданную зону. Также сообщается о возможных осложнениях паравертебральных блокад, часть из которых связана с травматизацией анатомических структур шейного отдела [44, 87]. Для обеспечения результативности и безопасности блокад некоторые авторы предлагают использовать флуороскопию [118], однако недостатком этого метода является облучение пациента и оператора, а также потребность в флуороскопе, который не всегда доступен из-за высокой цены, и специально оборудованном помещении. УЗ визуализация в настоящее время достаточно широко применяется при контроле блокад периферических нервов [42, 174]. Имеются немногочисленные сообщения об УЗ наведении эпидуральных блокад поясничной области и инъекций в фасеточные суставы [7, 47]. Сообщения об использовании УЗИ в выполнении паравертебральных блокад в литературе отсутствуют.

Нами разработана методика эхоконтролируемой паравертебральной блокады при ШРП.

Основной сложностью УЗ контроля паравертебральной блокады являлась необходимость использования заднего доступа который, как показали предшествующие исследования, недостаточно эффективен в визуализации костных вертебральных структур и не позволяет визуализировать спинномозговые нервы в интересующем участке – месте их

выхода из позвоночного канала. Предложенная методика имела два важных отличия от применяемой в настоящее время методики паравертебральной блокады вслепую. Во-первых, при УЗИ определяли (из передне-бокового доступа) пораженный нерв и блокаду осуществляли только на его уровне, не затрагивая соседние, тогда как классическая методика предполагает введение препарата на 2-3 уровнях. Прецизионное введение препарата в оптимальную зону обеспечивает его меньшее количество без снижения лечебного эффекта, что позволяет избежать ряда осложнений, связанных с входящими в состав вводимого препарата лекарственными средствами (кортикостероидами и анестетиками). Во-вторых, осуществляли введение препарата (из заднего доступа) под непрерывной УЗ навигацией. При планировании траектории перемещения иглы исключали наличие в ее проекции кровеносных сосудов, для чего лоцировали зону интереса в режиме доплеровского картирования. УЗИ позволяет визуально контролировать перемещение иглы шприца, не затрагивая кровеносные сосуды, что предупреждает появление гематом. Также эхографически контролировали формирование жидкостной структуры и распространение препарата в тканях, при выявлении нежелательного направления распространения жидкости корректировали положение иглы.

Во всех случаях паравертебральная блокада была выполнена успешно и имела положительный лечебный эффект в виде существенного снижения выраженности болевого синдрома вплоть до его полного устранения. Однако степень улучшения после паравертебральных блокад, выполненных вслепую и под УЗ контролем, различалась. Таким образом, паравертебральная блокада, выполняемая под ультразвуковым контролем, была достоверно ( $p < 0,05$ ) более эффективной на 16,3% в купировании болевого синдрома.

Метод УЗ навигации актуален при поражении нескольких последовательно расположенных спинномозговых нервов. При блокаде вслепую, на основании пальпации, болевые ощущения от точки максимальной болевой чувствительности могут подавлять менее выраженные болевые сигналы от соседних пораженных нервов, вследствие

чего показания к их блокаде не устанавливаются. И напротив, иррадиация сильной боли на соседние двигательные сегменты может служить причиной ложноположительных заключений об их поражении, особенно при наличии структурных грыж и остеофитов на их уровне, что ведет к нерациональному расходованию препарата и инъекции его порций в зону расположения корешков, не требующих блокады, с возможным развитием побочных эффектов лекарственных средств. В 17,6% случаев при УЗИ был выявлен отек 2-3 расположенных последовательно нервных корешков в их проксимальной части, что было доказательно подтверждено посредством расчета ГДН. Блокада всех пораженных корешков способствовала адекватному купированию болевого синдрома, что не всегда достигалось при введении вслепую.

При УЗ навигации было достаточно однократного либо двукратного введения препарата (медиана 1) для устойчивого обезболивающего эффекта. При введении вслепую потребовалось от 1 до 4 процедур (медиана 3), причем у 6,2% пациентов так и не удалось достигнуть полного купирования болевого синдрома. Более быстрый и устойчивый эффект обезболивания при выполнении блокад под УЗ наведением объясняется, по нашему мнению, контролируемым созданием депо препарата в непосредственной близости от поражённого нерва.

Также УЗ навигация позволила полностью избежать осложнений в виде гематом в месте инъекции, частота которых при введении препарата вслепую составила 12,5%.

Исследование ШОП после хирургического лечения заболеваний, проявляющихся корешковым синдромом, с целью получения максимально достоверных данных об эффективности выполненной операции, выявления дислокации, фрагментации элементов стабилизирующей системы проводят рентгенологические исследования или СКТ [6, 7]. Применение МРТ с этой целью ограничено, поскольку при операциях на ШОП нередко используются металлоконструкции – скобы, кейджи и пр. Возможности УЗИ в отдаленном

послеоперационном периоде при хирургическом лечении ШРП до настоящего времени не определены.

Нами изучены возможности УЗИ в оценке результатов хирургического лечения ШРП и выявлении возможных причин рецидива болевого синдрома. Методика УЗИ у оперированных ранее пациентов не отличалась от таковой у других больных с ШРП. В большинстве (76,2%) случаях при УЗИ не было выявлено изменений, связанных с хирургическим вмешательством. Реже (23,8%) при УЗИ на уровне оперированных и/или смежных сегментов определялись гиперэхогенные линейные структуры, расцененные как рубцовые изменения в зоне проведенной операции, которые могли выступать как причиной корешкового синдрома. Впервые описаны ультразвуковые характеристики металлических стабилизирующих конструкций.

УЗИ ШОП и спинномозговых нервов позволило предположительно установлены причины болевого синдрома у оперированных ранее пациентов.

В большинстве (57,1%) случаев больных причина болевого синдрома и/или неврологических расстройств заключалась в оказывающих воздействие на нерв патологических изменениях (грыжа, протрузия, остеофит) на смежном с оперированным уровне, чаще – нижележащем, т.е. у данных больных имел место не истинный рецидив корешкового синдрома в отдаленном послеоперационном периоде, а т.н. продолжение болезни (*prolongatio morbi*) на смежные уровни.

Реже (28,6%) предполагаемая причина корешкового синдрома определялась на уровне выполненного хирургического вмешательства – рецидив грыжи, компрессия на нерв со стороны остеофита.

У 9,5% пациентов при УЗИ не удалось выявить причину болевого синдрома и эхопризнаков поражения нерва. При дообследовании методом КТ (в первом случае) и при МРТ (у второй больной) установлен стеноз корешкового канала на уровне выполненного вмешательства.

В одном случае, как указывалось ранее, причиной болевого синдрома выступали рубцовые изменения.

Следует особо отметить результаты обследования 38,1% пациентов, у которых был выполнен спондилодез с установкой металлических стабилизирующих конструкций, что препятствовало выполнению МРТ. Рентгенологические методы визуализации (КТ, рентгенография) отображали только изменения вертебральных структур и не предоставляли информации о состоянии спинномозговых нервов. При использовании КТ или рентгенографии выявлялись множественные изменения ШОП – сужение межпозвонковых щелей (вне зоны операции), наличие остеофитов – но на основании рентгенографических данных невозможно было сделать обоснованное заключение о том, являются ли выявляемые вертебральные изменения причиной корешкового синдрома. Как показали проведенные исследования, УЗИ позволяет оценить состояние спинномозговых нервов в проксимальных отделах, и определить уровень поражения у пациентов, которым невозможно выполнение МРТ. Полученные данные указывают на целесообразность использования УЗИ в диагностике причин рецидива болевого синдрома и неврологической симптоматики после оперативного лечения. УЗИ предоставляет возможность определить уровень поражения и определить его причину, что позволяет дифференцировать истинный рецидив ШРП после хирургического лечения и *prolongatio morbi* на смежные вертебральные и нервные структуры.

Таким образом, проведенные исследования позволили достигнуть поставленной цели работы – улучшить результаты диагностики и лечения шейной радикулопатии путем ультразвуковой визуализации вертебральных и нервных структур.

## ВЫВОДЫ

1. Оптимальным доступом для ультразвуковой визуализации вертебральных и мягкотканых структур области шейного отдела позвоночника является передне-боковой; использование эхоанатомических ориентиров позволяет улучшить идентификацию позвоночного сегмента на  $15,6\pm 5,4\%$ , применение режима панорамного сканирования дает возможность произвести визуальное сопоставление спинномозговых нервов и достоверно ( $p < 0,001$ ) снизить длительность их исследования в 2,4 раза.

2. У здоровых обследуемых высота межпозвонкового диска составляет в среднем  $4,33\pm 0,48$  мм и достоверно нелинейно возрастает от уровня С3-С4 до С7-Т1; диаметр неизмененных спинномозговых нервов варьирует в пределах 3,7-5,5 мм в точке выхода и 2,4-4,7 мм в точке изгиба, составляя в среднем соответственно  $4,66\pm 0,53$  мм и  $4,09\pm 0,45$  мм.

3. Предложенный эхоанатомический ориентир, заключающийся в визуализации при поперечном сканировании бифуркации общей сонной артерии, соответствующей уровню межпозвонкового диска С3-С4, повышает информативность идентификации уровня шейного позвонка на  $15,6\pm 5,4\%$ .

4. Ультразвуковыми признаками дегенеративных изменений шейного отдела позвоночника является наличие: уплощения шейного лордоза – у  $87,3\pm 2,9\%$ , листезов – у  $56,3\pm 4,4\%$ , гетерогенности поверхности и краевых остеофитов – у всех больных; а также снижение высоты межпозвонковых дисков, наличие их протрузий и грыж, чувствительность метода в выявлении которых составляет 55,5%, специфичность – 100,0%.

5. Пораженный нерв при шейной радикулопатии эхографически характеризуется снижением эхогенности, деформацией, увеличением проксимального и уменьшением дистального диаметра; количественным критерием степени поражения нерва является градиент проксимального и дистального диаметров, значения которого до 15% указывают на неизмененный нерв, 15-20% – естественные изменения вследствие

дегенеративных процессов в позвоночнике, более 20% – на воспаление, проявляющееся корешковым синдромом.

6. Индивидуализированный подход к выбору тактики консервативного лечения шейной радикулопатии, основанный на данных ультразвукового исследования пораженных спинномозговых нервов, позволил достоверно сократить удельный вес случаев нерезультативной терапии в 2,4 раза, длительность лечения в 1,8 раза, достигнуть достоверно более значимого регресса неврологической симптоматики и болевого синдрома.

7. Регресс клинико-неврологической симптоматики в результате консервативного лечения проявляется выраженным снижением проксимального диаметра пораженного нерва и нормализацией показателя градиента диаметра нерва; снижение данного показателя достоверно коррелирует с уменьшением болевого синдрома: коэффициент ранговой корреляции Спирмена  $r_s$  составляет 0,597 ( $p < 0,001$ ).

8. Ультразвуковая навигация паравертебральной блокады позволяет достоверно ( $p < 0,05$ ) повысить на 16,3% эффективность купирования болевого синдрома, сократить количество процедур блокад в среднем с 3 до 1 и полностью избежать осложнений в виде гематом в месте инъекции.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. УЗИ является методом первого порядка при обследовании пациентов с шейной радикулопатией.

2. Оптимальным доступом для УЗИ шейного отдела является передне-боковой при положении пациента лежа на спине; в случаях затрудненной визуализации межпозвонковых дисков может быть использован задний доступ.

3. Тип и частоту датчика следует избирать исходя из исследуемого объекта, анатомических особенностей пациента, используемых режимов УЗИ. При исследовании вертебральных структур приоритетным является конвексный, при визуализации мягкотканых объектов (нервы, сосуды) – линейный датчик.

4. УЗИ шейного отдела следует начинать с оценки формы позвоночного столба, выявления листезов и остеофитов, и далее – оценки межпозвонковых дисков. УЗИ является высокоспецифичным, но низкочувствительным (55,5%) методом в выявлении патологии межпозвонковых дисков.

5. Для определения уровня позвоночного сегмента может быть использован традиционный анатомический ориентир – грудинно-ключичное сочленение, а также эхоанатомические ориентиры – бифуркация сонной артерии, уровень которой соответствует уровню межпозвонкового диска С3-С4, и отсутствие заднего бугорка поперечного отростка шейного позвонка С7.

6. Расширенную диагностическую информацию при исследовании шейного отдела предоставляет режим Fusion, обеспечивающий синхронизированную мультимодальную (УЗИ в сочетании с СКТ или МРТ) визуализацию зоны интереса.

7. Дифференцирующим признаком между спинномозговым нервом и кровеносным сосудом на ультразвуковом изображении является отсутствие в

первом случае движения жидкости (крови), определяемое в доплерографических режимах.

8. При УЗИ спинномозговых нервов для оптимизации их визуальной оценки и измерения диаметров, а также сокращения времени исследования целесообразно использовать режим панорамного сканирования.

9. Для наиболее полной количественной характеристики спинномозговых нервов шейного отдела их диаметр следует измерять в проксимальной части в месте выхода из корешкового канала и дистальной – в точке изгиба. Для объективной характеристики нерва следует использовать параметр ГДН, представляющий собой выраженную разность проксимального и дистального диаметров, отнесенную к проксимальному диаметру (в процентах), значения которого до 15% указывают на неизмененный нерв, 15-20% – естественные дегенеративные изменения, более 20% – на воспаление, проявляющееся корешковым синдромом.

10. Ультразвуковыми признаками поражения проксимальной части спинномозгового нерва шейного отдела является снижение эхогенности, отек, проявляющийся увеличением проксимального диаметра и повышением ГДН, деформация, смещение, нарушение параллельного расположения (при компрессии остеофитом), истончение (при инволютивной форме ШРП).

11. Дифференцированный подход к выбору тактики консервативной терапии ШРП, основанный на определении по данным УЗИ формы течения заболевания, позволяет повысить результативность и сократить сроки лечения. Эхопризнаком отечной формы является увеличение ГДН более 20%, инволютивной формы – истончение нерва до 3 мм и менее в проксимальной части или на величину не менее 30% по сравнению со смежными сегментами, компрессионно-ишемической формы – отсутствие значимого отека и эхопризнаков дегенерации нерва.

12. При выполнении паравертебральных блокад у больных ШРП целесообразно введение препарата только на уровне пораженного нерва, не затрагивая смежные сегменты, для чего необходима ультразвуковая

навигация вмешательства. Ультразвуковой контроль перемещения инъекционной иглы и введения препарата позволяет достигнуть привнесения лекарственного средства в заданную зону и избежать его нецелевого расходования, а также исключить повреждения кровеносных сосудов с развитием гематом.

13. У пациентов, оперированных по поводу патологии с клинической симптоматикой ШРП, УЗИ является методом выбора в оценке состояния нервных структур и выявления причин рецидива корешкового синдрома в отделенном послеоперационном периоде.

14. Освоение методики УЗИ вертебральных и нервных структур целесообразно проводить с использованием желатинового фантома, содержащего органический объект-имитатор шейного отдела; в качестве референтного метода наиболее информативными являются МРТ или СКТ, применяемые в режиме мультимодальной визуализации с использованием режима Fusion.

**СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ**

ГС	– группа сравнения
ГС-Б	– группа сравнения – блокада
ГС-Т	– группа сравнения – терапия
ДоКТМО	– Донецкое клиническое территориальное медицинское объединение
КТ	– компьютерная томография
МРТ	– магнитно-резонансная томография
ОГ	– основная группа
ОГ-Б	– основная группа – блокада
ОГ-Т	– основная группа – терапия
РИБ	– ранговый индекс боли
РМБО	– русифицированный Мак-Гилловский болевой опросник
СКТ	– спиральная компьютерная томография
УЗ	– ультразвуковой
УЗД	– ультразвуковая диагностика
УЗИ	– ультразвуковое исследование
ШОП	– шейный отдел позвоночника
ШРП	– шейная радикулопатия
ЧВД	– число выбранных дескрипторов
ЦДК	– цветное доплеровское картирование

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абдуллаев, Р. Я. Ультразвуковая диагностика при шейном остеохондрозе [Текст] / Р. Я. Абдуллаев, О. М. Хвисяк. – Харьков: Нове слово, 2008. – 87 с.
2. Абдуллаев, Р. Я. Ультрасонографія шийного відділу хребта: методологічні аспекти і нормальна анатомія [Текст] / Р. Я. Абдуллаев, Марієм Тахар // Український радіологічний журнал.– 2010. – № 1. – С 54–58.
3. Абдуллаев, Р. Я. Ультрасонография шейного отдела позвоночника: учебное пособие [Текст] / Р. Я. Абдуллаев, М. И. Спужак, Е. П. Шармазанова. – Харьков: Нове слово. – 2011. – 112 с.
4. Алейник, В. А. Блокада под контролем ультразвукового исследования при дегенеративно-дистрофическом поражении фасеточных суставов поясничного отдела позвоночника [Текст] / В. А. Алейник, Н. В. Квасницкий // Украинский нейрохирургический журнал. – 2013. – №2. – С. 55–58.
5. Алексеев, В. В. Неврологические аспекты диагностики и лечения острых вертеброгенных болевых синдромов [Текст] / В. В. Алексеев // Consilium medicum. – 2008. – № 1. – С. 56–63.
6. Анализ результатов переднего шейного спондилодеза с использованием гибридного кейджа PCV Evolution за двухлетний период [Текст] / В. А. Бывальцев, В. А. Сороковиков, А. А. Калинин, Е. Г. Белых // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. –2013. – 77(1). – С. 37–54.
7. Анализ результатов применения тотальной артропластики межпозвонкового диска шейного отдела позвоночника протезом М6-С: мультицентровое исследование [Текст] / В. А. Бывальцев, А. А. Калинин, И. А. Степанов и др. // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. – 2017. – № 81(5). – С. 46-55.
8. Бабанов, С. А. Болевые феномены в шейном отделе позвоночника: оптимизация диагностических и лечебных мероприятий

[Текст] / С. А. Бабанов, Р. А. Бараева // Consilium Medicum. – 2014. – № 2. – С. 115–121.

9. Бабанов, С. А. Болевые феномены в шейном отделе позвоночника: оптимизация диагностических и лечебных мероприятий [Текст] / С. А. Бабанов, Р. А. Бараева // Consilium Medicum. – 2014. – №2. – С. 115–121.

10. Барыш, А. Е. Корреляция данных клинического и доплерографического обследований в зависимости от особенностей травматических деформаций шейного отдела позвоночника [Текст] / А. Е. Барыш, Я. А. Долуда, А. Е. Вишняков // Международный медицинский журнал. – 2014. – № 2. – С. 69–75.

11. Бахтеева, Н. Х. Результаты обследования детей с цервикальным болевым синдромом [Текст] / Н. Х. Бахтеева, Т. А. Ионова, А. В. Григорьева // Травматология и ортопедия России. – 2010. – № 1 (55). – С. 38–42.

12. Боголюбова, А. А. Диагностика вертебро-висцерального синдрома при дегенеративно-дистрофических заболеваниях шейного и грудного отделов позвоночника : Автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 [Текст] / А. А. Боголюбова. – Первый Моск. гос. мед. ун-т им. И.М. Сеченова. – Москва, 2012. – 24 с.

13. Болевые синдромы в неврологической практике [Текст] / А. Р. Артеменко, А. М. Вейн, Т. Г. Вознесенская и др.; под ред. проф. В. Л. Голубевой. – 3-е изд. –М.: МЕДпресс-информ, 2010. – 336 с.

14. Бразис, П. У. Топическая диагностика в клинической неврологии [Текст] / П. У. Бразис, Д. К. Мэсдю. – Москва: Изд-во МИА, 2013. – 736 с.

15. Бурцев, А. В. Рентгенография в диагностике повреждений заднего опорного комплекса шейного отдела позвоночника [Текст] / А. В. Бурцев, А. В. Губин // Гений ортопедии. – 2012. – № 1. – С. 64–67.

16. Бывальцев, В. А. Наноструктурный анализ поясничных межпозвонковых дисков на разных стадиях дегенеративного процесса

[Текст] / В. А. Бывальцев, С. Ю. Панасенков // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. – 2013. – №3. – С. 36-41.

17. Вертеброгенная цервикокраниалгия [Текст] / Е. В. Подчуфарова, В. В. Алексеев, О. А. Черненко и др. // Неврологический журнал. – 2005. – № 4 – С. 44–48.

18. Возможности совместного использования многосрезовой линейной цифровой рентгеновской томографии и ультразвукового исследования в диагностике туберкулезного поражения позвоночника [Текст] / И. В. Шутихина, Ю. А. Цыбульская, С. В. Смердин и др. // Современные технологии в медицине. – 2015. – Т. 8, №4. – С. 82–91.

19. Возможности ультразвукового исследования в диагностике причин рецидива болевого синдрома в отдаленном периоде оперативного лечения грыж межпозвонковых дисков [Текст] / С. А. Федянин, Г. И. Шумахер, А. С. Федянин и др. // Бюллетень сибирской медицины. – 2008. – № 5. – С. 198–200.

20. Выписка из протокола заседания комитета по ультразвуковым технологиям в анестезиологии и реаниматологии Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов» № 1/15 от 11.03.2015 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://usfar.ru/protokol-zasedaniya-komiiteta-1-15-ot-11-03-2015>.

21. Высокора разрешающая ультрасонография в диагностике и хирургии периферических нервов конечностей [Текст] / Ш. М. Айтемиров, В. Г. Нинель, Г. А. Коршунова, И. Н. Щаницын // Травматология и ортопедия России. – 2015. – № 3 (77). – С. 116-125.

22. Горохова, Е. Н. Клиника, диагностика и хирургическое лечение множественных повреждений шейного отдела позвоночника дегенеративно-дистрофического и травматического генеза: Автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.18 [Текст] / Е. Н. Горохова.– Моск. гос. мед.-стоматол. ун-т, НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского. – Москва, 2008. – 32 с.

23. Гречанык, Е. И. Ультразвуковая диагностика повреждений периферических нервов при боевой травме [Текст] / Е. И. Гречанык, Р. Я. Абдуллаев, Р. В. Бубнов // Международный медицинский журнал. – 2016. – № 2. – С. 96–100.

24. Гриненко, Е. А. Расширенное обследование пациентов с цефалгическим синдромом на фоне нестабильности шейного отдела позвоночника [Текст] / Е. А. Гриненко, А. Е. Кульчиков, Р. С. Мусин // Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова. – 2014. – Т. 9. № 1. – С. 38–42.

25. Данилов, А. Б. Алгоритм диагностики и лечения боли в нижней части спины с точки зрения доказательной медицины [Текст] / А. Б. Данилов // Атмосфера. Нервные болезни. – 2010. – № 4. – С. 11–18.

26. Дегенерация межпозвонкового диска и возможности тканевой инженерии: обзор литературы [Текст] / В. А. Бывальцев, И. А. Степанов, Л. А. Бардонова, Е. Г. Белых // Хирургия позвоночника. – 2017. – Т. 14, № 1. – С. 60–67.

27. Дегенерация межпозвонковых дисков и методы ее биологической коррекции [Текст] / И. Г. Васильева, М. В. Хижняк, И. Н. Шуба, Ю. Г. Гафийчук // Український нейрохірургічний журнал. – 2010. – № 1. – С. 16–23.

28. Дзядзько, М. А. Ультразвуковая локация нервов и сплетений при выполнении регионарной анестезии [Текст] / М. А. Дзядзько // Регионарная анестезия и лечение острой боли. – 2009. – № 3, т. 3. – С. 18–21.

29. Диссекция позвоночных артерий: особенности клинических и нейровизуализационных проявлений [Текст] / Л. А. Калашникова, М. В. Древаль, Л. А. Добрынина, М. В. Кротенкова // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2013. – № 12. – С. 4–12.

30. Дружинин, Д. С. Ультразвуковая визуализация периферических нервов при мультифокальной моторной нейропатии и хронической воспалительной демиелинизирующей полинейропатии [Текст] / Д. С.

Дружинин, Е. С. Наумова, С. С. Никитин // Нервно-мышечные болезни. – 2016. – Т. 6, № 6. – С. 63–73.

31. Ерхова, Л. Н. Характеристика функционального состояния нервной системы и психологических параметров у пациентов с вертеброгенным поясничным хроническим болевым синдромом [Текст] / Л. Н. Ерхова, В. А. Жаднов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. – 2016. – № 1 [37]. – С. 64–73.

32. Еськин, Н. А. Ультразвуковая диагностика в травматологии и ортопедии [Текст] / Н. А. Еськин. – М. : Медицина, 2009. – С. 371–386.

33. Захматова, Т. В. Контент-анализ информации о клинико-лучевой диагностике повреждений и дегенеративных заболеваний шейного отдела позвоночника Т. В. Захматова, В. В. Щедренюк, О. В. Могучая / Вестник Российского научного центра рентгенорадиологии Минздрава России. – 2016. – Т. 2. – С. 20–44.

34. Захматова, Т. В. Цветовое дуплексное сканирование в диагностике компенсации кровотока по позвоночным артериям при дегенеративных заболеваниях шейного отдела позвоночника [Текст] / Т. В. Захматова, В. В. Щедренюк, О. В. Могучая // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. – 2014. – № 10. – С. 34–40.

35. Зиняков, Н. Н. Современные технологии восстановительного лечения спондилогенных компрессионных цервикальных радикулопатий [Текст] / Н. Н. Зиняков, Н. Т. Зиняков // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2013. – № 2. – С. 7-10

36. Зубов, О. Д. Фантом для навчання техніці виконання мінімально інвазивних втручань під контролем ехографії та комп'ютерної томографії. Променева діагностика, променева терапія. – 2008. – № 1. – С. 86-90.

37. Иванова, М. Ф. Дорсалгия, обусловленная дегенеративно-дистрофической патологией позвоночника [Текст] / М. Ф. Иванова, С. К. Евтушенко // Новости медицины и фармации. – 2010. – № 15 (335). – С. 16–17.

38. Изменение площади поперечного сечения срединного нерва на различных стадиях синдрома запястного канала [Текст] / Э. Ю. Малецкий, Н. Ю. Александров, И. Э. Ицкович и др. // Медицинская визуализация. – 2014. – № 1. – С. 102–109.

39. Измерение периферических нервов: сопоставление ультразвуковых, магнитно-резонансных и интраоперационных данных [Текст] / Э. Ю. Малецкий, М. М. Короткевич, А. В. Бутова и др. // Медицинская визуализация. – 2015. – № 2. – С. 78–86.

40. Исайкин, А. И. Боль в шее: причины, диагностика, лечение [Текст] / А. И. Исайкин // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. – 2011. – № 4. – С. 94–98.

41. Использование контролируемых ультразвуком эпидуральных и корешковых блокад у пациентов с радикулопатиями вертеброгенного генеза [Текст] / С. А. Кинзерский, Т. А. Сумная, А. А. Кинзерский и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». – 2015. – Т. 15, № 1. – С. 32–42.

42. Использование ультразвуковой визуализации при выполнении надключичного блока плечевого сплетения [Текст] / М. С. Синицин, А. А. Азбаров, М. И. Царёв и др. // Общая реаниматология. – 2011. – Т: VII, № 4. – С. 43–47.

43. Казарян, К. Теоретическое воззрение на интеграцию методов ультразвукового исследования (УЗИ) и компьютерной томографии (КТ), их особенности и различия, преимущества и недостатки, рациональное применение [Текст] / К. Казарян // Врач и информационные технологии. – 2007. – № 4. – С. 110–118.

44. Кальбус, А. И. Шейные радикулопатии: возможности диагностики и лечения [Текст] / А. И. Кальбус // Международный неврологический журнал. – 2014. – № 7(69). – С. 26–30.

45. Кармакар, М. К. Ультразвуковое исследование позвоночника и его применение при регионарной анестезии [Текст] / М. К. Кармакар // Регионарная анестезия и лечение острой боли. – 2011. – Т. V, № 4. – С. 43–51.

46. Каскадное утолщение нервов в многоуровневых туннелях [Текст] / Э. Ю. Малецкий, Н. Ю. Александров, Е. В. Розенгауз и др. // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2017. – № 1. – С. 65–80.

47. Каудальные эпидуральные блокады в лечении болевых синдромов поясничнокрестцового отдела позвоночника при дегенеративно-дистрофических заболеваниях / И. В. Рой, Я. В. Фищенко, А. Р. Гармиш, Б. Б. Павлов, И. И. Белая, А. П. Кудрин // Боль. Суставы. Позвоночник. – 2017. – Т. 7, №1.– С. 21–26.

48. Кинзерский, А. Ю. Ультразвуковая диагностика остеохондроза позвоночника. Этюды современной инструментальной диагностики [Текст] А. Ю. Кинзерский. – Киев : ВБО «Украинский доплеровский клуб», 2007. – 136 с.

49. Климова, И. Б. Ультразвуковая и компьютерно-томографическая семиотика тупой травмы шеи / И. Б. Климова, М. В. Выключок // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2010. – Т. 55, № 1. – С. 36–38.

50. Клинико-нейровизуализационные особенности вертеброгенной радикулопатии в сочетании с гемангиомами позвонков [Текст] / Е. А. Салина, Е. Б. Лихачева, Е. Б. Лутошкина и др. // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2012. – Т. 8, № 2. – С. 521–524.

51. Комплексная оценка исходов операций на шейном отделе позвоночника. [Текст] / В. В. Островский, И. Н. Щаницын, С. П. Бажанов, А. С. Федонников// Саратовский научно-медицинский журнал.– 2017. – № 13 (2). – С. 266–273.

52. Кулуа, Т. К. Боль в шейно-плечевой области: диагностика и лечение [Текст] / Т. К. Кулуа // Современная терапия в психиатрии и неврологии. – 2016. – № 2. – С. 21–23.

53. Кучин, Ю. Л. Блокада плечевого сплетения межлестничным доступом у пациентов с переломами ключицы: рандомизированное сравнение техник с ультразвуковым контролем и нейростимулятором [Текст] / Ю. Л. Кучин // Новости хирургии. – 2013. – Т. 21, № 6. – С. 105–108.

54. Лахин, Р. Е. Ультразвук в анестезиологии и реаниматологии: чему учить? [Текст] / Р. Е. Лахин // Анестезиология и реаниматология. – 2016. – Т. 61(4). – С. 263–265.

55. Левин, О. С. Вертеброгенная шейная радикулопатия [Текст] / О. С. Левин, Т. А. Макотрова / РМЖ – Русский медицинский журнал. – 2012. – № 12. – С. 21–28.

56. Левин, О. С. Диагностика и лечение боли в шее и верхних конечностях [Текст] / О. С. Левин // РМЖ – Русский медицинский журнал. – 2006. – № 9. – С. 713–719.

57. Лихачев, С. А. Метод дифференциальной диагностики синдрома мышечной слабости с использованием ультразвукового исследования. Инструкция по применению [Текст] / С. А. Лихачев, Ю. Н. Рушкевич, Г. В. Заброец. – Минск: Министерство здравоохранения Республики Беларусь, 2013. – 5 с.

58. Лучевая диагностика грыж межпозвонковых дисков шейного отдела позвоночника. [Текст] / З. Н. Шавладзе, В. В. Смирнов, Н. П. Елисеев и др. // Мануальная терапия. – 2011. – Т. 41, № 1. – С. 70–82.

59. Микиашвили, С. Ж. Нейровизуализация вертебрально-базилярной недостаточности: Автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.28, 14.00.19 [Текст] / С. Ж. Микиашвили // НИИ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко РАМН. Москва. – 2008. – 26 с.

60. Михайлов, А. Н. Лучевая визуализация дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника и суставов: Мультимедийное руководство для врачей [Текст] / А. Н. Михайлов. – Минск: БелМАПО, 2015. – 155 с.

61. Михайлов, А. Н. Рентгенопланиметрический анализ межпозвонковых отверстий в шейном отделе позвоночника / А. Н. Михайлов, И. - О. Н. Савич // Неврология и нейрохирургия в Беларуси. – 2011. – № 1. – С. 130–140.

62. МРТ-диагностика повреждений периферических нервов [Текст] / И. И. Мартель, И. А. Мещерягина, Ю. Л. Митина и др. // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2011. – № 4 (80). – Ч. 1. – С. 119–123.

63. Мументалер, М. Поражения периферических нервов и корешковые синдромы [Текст] / М. Мументалер, М. Штер, Г. Мюллер-Фаль. – Москва: Изд-во МИА, 2014. – 616 с.

64. Олизарович, М. В. Секвестрация многоуровневых грыж поясничных межпозвонковых дисков [Текст] / М. В. Олизарович, Е. М. Олизарович // Проблемы здоровья и экологии. – 2016. – №2. – С. 42–48.

65. Орел, А. М. Рентгенодиагностика позвоночника для мануальных терапевтов. Том 2. Рентгеноанатомия позвоночника. Наследственные системные заболевания, проявляющиеся изменениями в позвоночнике. Дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника. Системные концепции функционирования, развития и изменения позвоночника [Текст] / А. М. Орел. – Москва: ИД Видар-М, 2009. – 388 с.

66. Оценка эффективности режима усиления ультразвуковой визуализации игл для периферической регионарной анестезии [Текст] / А. В. Кулигин, В. А. Панов, Р. Е. Лахин и др. // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2014. – № 10 (4). – С. 612–616.

67. Пат. 27257 Україна, МПК G 09 B 23/28. Тренажер для навчання виконанню пункцій внутрішніх органів під контролем ультразвуку і комп'ютерної томографії / О. Д. Зубов Ю. В. Думанський. — № u 200706082 ; заявл. 01.06.2006 ; опубл. 25.10.2007, Бюл. № 17 (I ч.).

68. Патологические изменения в шейном отделе позвоночника у детей с цервикальным болевым синдромом [Текст] / Н. Х. Бахтеева, Т. А. Ионова, В. Н. Белоногов и др. // Ортопедия, травматология и

восстановительная хирургия детского возраста. – 2016. – Т. 4, № 4. – С. 12–20.

69. Подчуфарова, Е. В. Боль в спине [Текст] / Е. В. Подчуфарова, Н. Н. Яхно // М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 368 с.

70. Пономаренко, С. А. Трансабдоминальная ультрасонография поясничного отдела позвоночника: методология, нормальная анатомия [Текст] / С. А. Пономаренко // Світ медицини та біології. – 2015. – № 2(49). – С. 60–65.

71. Попелянский, Я. Ю. Ортопедическая неврология (вертеброневрология) : руководство для врачей [Текст] / Я. Ю. Попелянский. – М.: МЕДпресс-информ, 2011. – 672 с.

72. Попов, А. Б. Сравнение возможностей ультразвукового исследования поясничного отдела позвоночника с магнитно-резонансной томографией и рентгенографией / А. Б. Попов, А. М. Литвяков // Вестник ВГМУ. – 2003. – Т. 2, №2. – С. 30–36.

73. Постникова, И. В. Рационализация комплексного консервативного лечения больных с осложненным остеохондрозом [Текст] / И. В. Постникова, И. О. Золотинский // Фундаментальные исследования. – 2008. – Вып. № 10. – С. 315–325.

74. Применение Мак-Гилловского болевого опросника для оценки динамики болевого синдрома под действием внутрикостных блокад у пациентов с шейным остеохондрозом в Таджикистане [Текст] / Ш. И. Иброхимов, Ф. Хамрокулов, Б. М. Шомирзоев и др. // Вестник Авиценны. – 2011. – № 1. – С. 98–101.

75. Применение эхоконтрастных препаратов в клинике и перспективы синхронизации УЗИ, КТ- и МРТ-изображений (собственный опыт и обзор литературы) [Текст] / Зубарев А.В., Фёдорова А.А., Чернышев В.В. и др. // Медицинская визуализация. – 2015. – №1. – С. 94-114.

76. Рушкевич, Ю. Н. Ультразвуковая визуализация мышц в диагностике бокового амиотрофического склероза [Текст] / Ю. Н. Рушкевич,

Г. В. Забродец, С. А. Лихачев // Нервно-мышечные болезни. – 2014. – № 1. – С. 30–36.

77. Салтыкова, В. Г. Блокада плечевого сплетения и его ветвей под ультразвуковым контролем [Текст] / В. Г. Салтыкова // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2010. – № 2. – С. 64–72.

78. Салтыкова, В. Г. Методика высокоразрешающего ультразвукового исследования неизменённого лучевого нерва [Текст] / В. Г. Салтыкова // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2010. – № (6). – С. 82–89.

79. Салтыкова, В. Г. Методика ультразвукового исследования шейного и плечевого сплетений [Текст] / В. Г. Салтыкова, В. В. Митьков // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2008. – № 6. – С. 76–87.

80. Салтыкова, В. Г. Ультразвуковая диагностика состояния периферических нервов (норма, повреждения, заболевания) [Текст]: Автореф. дис.. д-ра мед. наук. – М., 2011. – 49 с.

81. Сафронова, О. А. Возможности ультразвуковой диагностики при синдроме позвоночной артерии [Текст] / О. А. Сафронова, С. В. Ненарочнов, В. В. Морозов // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 10 (3). – С. 553–557.

82. Свистунов, С. В. Проводниковая анестезия плечевого сплетения под ультразвуковым контролем [Текст] / С. В. Свистунов, А. М. Юрковский // Проблемы здоровья и экологии. – 2011. – № 4. – С. 26–29.

83. Себелев, К. И. Оптимизация лучевой диагностики дегенеративных заболеваний позвоночника в аспекте хирургического лечения: Дис. ... докт. мед. наук: 14.01.13 [Текст] / Себелев К.И. – Рос. науч. центр радиологии и хирургических технологий. – СПб., 2012. – 283 с.

84. Ситель, А. Б. Влияние дегенеративно-дистрофических процессов в шейном отделе позвоночника на нарушения гемодинамики в вертебрально-базиллярной системе [Текст] / А. Б. Ситель, К. О. Кузьминов, М. А. Бахтадзе // Мануальная терапия. – 2010. – Т. 37, № 1. – С. 10–21.

85. Скоромец, А. А. Нервные болезни. 8-е изд. / А. А. Скоромец, А. П. Скоромец, Т. А. Скоромец. – Москва: МЕДпресс-информ, 2013. – 560 с.
86. Смирнова, О. И. Эффективность применения вертебральной терапии в комплексном лечении дорсопатий шейного отдела позвоночника [Текст] / О. И. Смирнова // Инновационная наука. – 2015. – №3. – С. 236–239
87. Соков, Е. Л. Внутрикостные блокады как технология управления болью и эмоциональными расстройствами пациентов с хроническим болевым синдромом в шее [Текст] / Е. Л. Соков, Л. Е. Корнилова, П. Е. // Медико-социальная экспертиза и реабилитация. – 2014. – № 4. – С. 44–47.
88. Соотношение между площадью сечения срединного нерва и степенью его поражения при невропатии на уровне запястья (синдроме запястного канала) [Текст] / Н. Ю. Александров, Э. Ю. Малецкий, С. В. Лобзин и др. // Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова. – 2013. – Т. 5, № 2. – С. 19–24.
89. Спектр сонографических изменений при наследственной моторно-сенсорной невропатии с аутосомно-доминантным и Х-сцепленным наследованием [Текст] / Е. С. Наумова, Д. С. Дружинин, С. С. Никитин, С. А. Курбатов // Нервно-мышечные болезни. – 2016. – Т. 6, № 6. – С. 27–34.
90. Способ диагностики степени тяжести течения дегенеративно-дистрофического заболевания позвоночника у пациентов [Текст] / В. В. Никитина, А. А. Жлоба, Е. Р. Баранцевич / Вестник новых медицинских технологий. – 2014 – Т. 21, № 3. – с. 39–41.
91. Способ ультразвукового исследования межпозвонковых дисков и позвоночного канала на поясничном уровне [Текст] / Л. Г. Плеханов, О. М. Жовтановский, А. Ю. Кинзерский, Л. Н. Полляк // Патология позвоночника. – СПб, 1992. – С. 123–126.
92. Сравнение результатов тотальной артропластики протезом Discover и переднего шейного спондилодеза в хирургическом лечении дегенеративного заболевания шейных межпозвонковых дисков: метаанализ рандомизированных исследований [Текст] / В. А. Бывальцев, И. А. Степанов,

М.А. Алиев и др. // Травматология и ортопедия России. – 2018. – № 24(4). – С. 137-147.

93. Структурные и клинические проявления дискогенной радикулопатии в сочетании с гемангиомой позвоночника [Текст] / А. В. Фомина, И. О. Бугаева, Е. А. Салина, И. И. Шоломов // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2010. – Т. 6, № 4. – С. 803–806.

94. Тарасюк, А. В. Анализ неудач при выполнении проводниковой анестезии под ультразвуковым контролем [Текст] / А. В. Тарасюк, И. И. Бутько, Е. В. Тарасюк // Регионарная анестезия и лечение острой боли. – 2010. – Т. 4, № 4. – С. 17–21.

95. Технологии Fusion при исследовании мышечно-скелетной системы [Текст] / В. Е. Гажонова, В. П. Абельцев, М. В. Емельяненко, М. П. Онищенко // Медицинская визуализация. – 2016. – № 4. – С. 109–118.

96. Товажнянская, Е. Л. Цервикалгии: рациональный выбор противоболевой терапии [Текст] / Е. Л. Товажнянская // Международный неврологический журнал. – 2014. – № 2 (64). – С. 123–129.

97. Труфанов, Г. Е. Лучевая диагностика: учебник [Текст] / Г. Е. Труфанов. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 496 с.

98. Тухбатуллин, М. Г. Современные ультразвуковые технологии в клинической практике [Текст] / М. Г. Тухбатуллин, И. М. Алиева // Практическая медицина. – 2012. – № 5 (60). – С. 30–35.

99. Ультразвуковое исследование [Текст]. Пер. с англ. под ред. В. А. Сандрикова / Дж. Олти, Э. Хоуи, С. Вульстенхульм и др. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 256 с.

100. Ультразвуковое исследование плечевого сплетения (первый в России опыт 335 визуализаций) [Текст] / С. П. Миронов, Н. Ю. Матвеева, Н. А. Еськин и др. // Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. – 2008. – № (4). – С. 23–28.

101. Ультразвуковые изменения периферических нервов при мультифокальной моторной невропатии [Текст] / Н. Б. Вуйцик, И. А.

Строков, Г. И. Кунцевич и др. // Неврологический журнал. – 2014. – № 1. – С. 32–37.

102. Ультразвуковые характеристики периферических нервов при наследственных моторно-сенсорных невропатиях [Текст] / Г. И. Кунцевич, Н. Б. Вуйчик, Е. Ю. Федотова и др. // Неврологический журнал. – 2010. – Т. 15, № 5. – С. 25–30.

103. Ураков, А. Л. Ультразвуковая навигация как способ управления движением лекарств внутри живых тканей [Текст] / А. Л. Ураков, А. А. Касаткин, Т. В. Уракова // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2014. – № 4. – С. 61–65.

104. Функциональная компьютерная томография с оценкой ротационной подвижности шейного отдела позвоночника у больных с цервикогенной головной болью [Текст] / А. С. Рождественский, М. С. Черненко, Ю. Т. Игнатъев и др. // Мануальная терапия. – 2010. – Т. 40, № 4. – С. 44–50.

105. Хейнс, Д. Нейроанатомия: атлас структур, срезов и систем / Хейнс Д. Под ред. М.Ю. Бобыловой. Москва: Логосфера. 2008. 344 с.

106. Ходос, Х. - Б. Г. Нервные болезни. Руководство для врачей. 5-е изд. [Текст] / Х.-Б. Г. Ходос. – Москва: Изд-во МИА, 2013. – 616 с.

107. Цитокиновые механизмы дегенерации межпозвонкового диска [Текст] / В. А. Бывальцев, Е. Г. Белых, И. А. Степанов, М. Прул // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). – 2015. – № 6. – С. 5–11.

108. Чернышева, Т. В. Валидация русскоязычных версий некоторых опросников у больных с синдромом боли в нижней части спины [Текст] / Т. В. Чернышева, Г. Г. Багирова // Научно-практическая ревматология. – 2005. – № 4. – С. 24–33.

109. Чернышева, Т. В. Современные методы лучевой диагностики при вертеброгенном синдроме боли в нижней части спины / Т. В. Чернышева, Г. Г. Багирова // Научно-практическая ревматология. – 2005. – № 6. – С. 18–23.

110. Чехонацкий, А. А. Некоторые аспекты диагностики и лечения радикулопатий у больных с дегенеративно-дистрофическими изменениями в шейном отделе позвоночника [Текст] / А. А. Чехонацкий, И. И. Шоломов, В. Г. Нинель // Гений ортопедии. – 2005. – Вып. 2. – С. 82–85.

111. Чехонацкий, И. А. Лучевая диагностика шейного отдела позвоночника при краниоцервикальной травме в остром периоде [Текст] / И. А. Чехонацкий, В. А. Чехонацкий // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2016. – Т. 12, №2. – С. 222–223.

112. Чечет, Е. А. Боль в шее при различных цефалгиях [Текст] / Е. А. Чечет, Г. Р. Табеева // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. – 2014. – № 4. – С. 87–93.

113. Чечет, Е. А. Ведение пациентов с болью в шее [Текст] / Е. А. Чечет, В. А. Парфенов // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. – 2016. – № 8(1). – С.4–8.

114. Школьник, В. М. Шейные радикулопатии: диагностика и лечение [Текст] // В. М. Школьник, А. И. Кальбус, О. Д. Шульга // Здоровье Украины. – 2011. – № 3. – С 64.

115. Шостак, Н. А. Боль в шее (цервикалгия) – подходы к диагностике и терапии [Текст] / Н. А. Шостак, Н. Г. Правдюк // Consilium Medicum Ukraina. – 2010. – Т. 4, № 3. – С. 18–21.

116. Шостак, Н. А. Боль в шее: дифференциальный диагноз и основные подходы к лечению [Текст] / Н. А. Шостак, Н. Г. Правдюк // Лечебное дело. – 2009. – № 2. – С. 54–59.

117. Шуст, Ю. А. Комплексное ультразвуковое исследование сосудов и периферических нервов у пациентов с синдромом диабетической стопы [Текст] / Ю. А. Шуст, Е. В. Лебедева, С. И. Жестовская // Медицинская визуализация. – 2016. – № 2. – С. 110–114.

118. Эффективность ультразвуковой визуализации позвоночника перед эпидуральным введением стероидов [Текст] / И. Эванс, Э.

Василевскис, М. Арон и др. // Анестезиология и реаниматология. –2012. – № 5. – С. 54–56.

119. A novel approach to quantitatively assess posttraumatic cervical spinal canal compromise and spinal cord compression. A multicenter responsiveness study [Text] / J. C. Furlan, A. Kailaya-Vasan, B. Aarabi, M. G. Fehlings // *The Spine J.* – 2011. – V. 36. – P. 784–793.

120. A practical MRI grading system for cervical foraminal stenosis based on oblique sagittal images [Text] / H.-J. Park, S. S. Kim, S.-Y. Lee et al. // *Br. J. Radiol.* – 2013. – V. 86. – P. 1259– 1262.

121. A prospective, randomized comparison between ultrasound and nerve stimulation guidance for multiple injection axillary brachial plexus block [Text] / A. Casati, G. Danelli, M. Baciarello et al. // *Anesth.* – 2007. – V. 106. – P. 992–996.

122. A Review of the Segmental Diameter of the Healthy Human Spinal Cord [Электронный ресурс] / A. Frostell<sup>1</sup>, R. Hakim<sup>1</sup>, E. Peter et al. // *Front. Neurol.* – 2016. – Режим доступа: <https://doi.org/10.3389/fneur.2016.00238>

123. Abramowitz, H. B. Use of Doppler for difficult axillary block [Text] / H. B. Abramowitz, C. H. Cohen // *Anesthesiology.* – 1981. – Vol. 55. – P. 603.

124. Agarwal, A. Complications and controversies of regional anaesthesia: a review [Text] / A. Agarwal, K. Kishore // *Indian. J. Anaesth.* – 2009. – Vol. 53. – P. 543–553.

125. Barrington, M. J. Neurologic complications of regional anesthesia [Text] / M. J. Barrington, G. L. Snyder // *Curr. Opin. Anaesthesiol.* – 2011. – V. 24(5). – 554–560.

126. Bertini, L. Ultrasound and facet blocks: A review [Text] / L. Bertini, M. Baciarello // *Eur. J. Pain Suppl.* – 2009. – V. 3. – № 2. – P. 139–143.

127. Best Practice in Diagnostic Imaging after Blunt Force Trauma Injury to the Cervical Spine: A Systematic Review [Text] / L. McCutcheon, N. Schmocker, K. Blanksby et al. // *Journal of Medical Internet Research.* – 2015. – V. 46. – P. 231–240.

128. Bush, K. Outcome of Cervical Radiculopathy. Treated with Periradicular. Epidural Corticosteroid Injections [Text] / K. Bush // Pain medicine. – 2015. – № 5. – P. 218–220.

129. Carpal Tunnel Syndrome: A Review of the Recent Literature [Text] / I. Ibrahim, W.S. Khan, N. Goddard et al. // Open Orthopaed. J. – 2012. – № 6. – P. 69–76.

130. Casey, E. Natural history of radiculopathy [Text] / E. Casey / Phys. Med. Rehabil. Clin. N. Am. – 2011. – V. 22(1). – P. 1–5.

131. Cheng, C. H. Exercise training for non-operative and post-operative patient with cervical radiculopathy: a literature review [Text] / C. H. Cheng // Journal of physical therapy science. – 2015. – V. 27, №:9. – P. 3011–3018.

132. Cheung, K. M. The relationship between disc degeneration, low back pain, and human pain genetics [Text] / K. M. Cheung // Spine J. – 2010. – V. 10. – P. 958–960.

133. Clinical relevance of magnetic resonance imaging in cervical spine clearance: a prospective study [Text] / S. Resnick, K. Inaba, E. Karamanos et al. // JAMA Surgery. – 2014. – V. 149. – № 9. – P. 934–939.

134. Cohen, S. P. Epidemiology, diagnosis, and treatment of neck pain [Text] / S. P. Cohen // Mayo. Clin. Proc. – 2015. – V. 90(2). – 284–299.

135. Comparative outcomes of a 2-year follow-up of cervical medial branch blocks in management of chronic neck pain: a randomized, doubleblind controlled trial [Text] / L. Manchikanti, V. Singh, F. J. Falco et al. // Pain Physic. – 2010. – V. 13(5). – 437–450.

136. Conservative management of mechanical neck disorders: a systematic review [Text] / A. R. Gross, C. Goldsmith, J. L. Hoving et al. // J. Rheum. – 2007. – V. 34(5). – P. 1083–102.

137. Correlation among ultrasound, cross-sectional anatomy, and histology of the sciatic nerve: a review [Text] / N. Moayeri, G. J. van Geffen, J. Bruhn et al. // Reg. Anesth. Pain. Med. – 2010. – № 35 (5). – P. 442–449.

138. Cytokine expression in the epidural space: a model of noncompressive disc herniation-induced inflammation [Text] / J. M. Cuéllar, P. M. Borges, V. G. Cuéllar et al. // *Spine*. – 2013. – Vol. 38. – P.17–23.

139. Darras, K. Pearls for Interpreting Computed Tomography of the Cervical Spine in Trauma [Text] / K. Darras, G. T. Andrews, P. D. McLaughlin // *Radiol. Clin. N. Am.* – 2015. – V. 53. – P. 657–674.

140. Deren M. E. Low back pain, radiculopathy, and bilateral proximal hamstring ruptures: a case report [Text] / M. E. Deren // *Rhode Island medical journal*. – 2013. – V. 98, №2. – P. 23–25.

141. Detection of peripheral nerve pathology: comparison of ultrasound and MRI [Text] / C. M. Zaidman, M. J. Seelig, J. C. Baker et al. // *Neurology*. – 2013. – № 80 (18). – P. 1634–1640.

142. Diagnostic nerve ultrasound in Charcot–Marie–Tooth disease type 1B [Text] / M. S. Cartwright, M. E. Brown, P. Eulitt et al. // *Muscle Nerve*. – 2009. – 40(1). – P. 98–102.

143. Distal suprascapular nerve block-do it yourself: cadaveric feasibility study [Text] / P. Laumonerie, L. Blasco, M. E. Tibbo et al. // *J. Shoulder Elbow. Surg.* – 2019. – V. 28(7). – P. 1291-1297.

144. Educational Benefits of Fusing Magnetic Resonance imaging with Sonograms [Text] / A. Wollman, R. Hulen, S. Dulchavsky, H. Pinchcofsky // *J. Clin. Ultrasound*. – 2014. – V. 42 (5). – P. 257-263.

145. Effect of fluoroscopically guided caudal epidural steroid or local anesthetic injections in the treatment of lumbar disc herniation and radiculitis: a randomized, controlled, double blind trial with a two-year follow-up [Text] / L. Manchikanti, V. Singh, K. A. Cash, V. Pampati, K. S. Damron, M. V. Boswell // *Pain Physician*. – 2012. – V. 15(4). – P. 273-286.

146. Eubank, J. D. Cervical Radiculopathy: Nonoperative Management of Neck Pain and Radicular Symptoms [Text] / J. D. Eubank. // *Am. Fam. Physic.* – 2010. – V. 81(1). – P. 33–40.

147. Facet joint degeneration of the cervical spine: a computed tomographic analysis of 320 patients [Text] / M. S. Park, Y. B. Lee, S. H. Moon et al. // *The Spine J.* – 2014. – V. 39. № 12. – P. e713–e718.

148. Fornage, B. D. Peripheral nerves of the extremities: imaging with US [Text] / B. D. Fornage // *Radiology.* – 1988. – V. 167, № 1. – P. 179–182.

149. Gruber, H. Sonographic anatomy of the peripheral nervous system [Text] / H. Gruber, P. Kovacs // *High-resolution sonography of the peripheral nervous system.* Eds. by: S. Peer, G. Bodner. – Berlin: Springer, 2003. – P. 13–36.

150. Güzeldemir, M. E. Ultrasonographic guidance in placing a catheter for continuous axillary brachial plexus block [Text] / M. E. Güzeldemir, B. Üstünsöz // *Anesth. Analg.* – 1995. – Vol. 81. – P. 882–891.

151. Herniated and spondylotic intervertebral discs of the human cervical spine: histological and immunohistological findings in 500 en bloc surgical samples [Text] / Y. Kokubo, U. Totsubo, R. Nigata et al. // *J Neurosurg Spine.* – 2008. – V. 9. – P. 285–295.

152. Herring, A. A. The ultrasound-guided superficial cervical plexus block for anesthesia and analgesia in emergency care settings [Text] / A. A. Herring // *Am. J. Emerg. Med.* – 2012. – V. 30, № 7. – P. 1263–1267.

153. Hidden disco ligamentous instability in cervical spine injuries: can quantitative motion analysis improve detection? [Text] / M. Mayer, J. Zenner, A. Auffarth et al. // *Eur. Spine J.* – 2013. – V. 22. – P. 2219–2227.

154. High resolution sonography in the evaluation of the peripheral nervous system in polyneuropathy – a review of the literature [Text] / H. S. Goedee, G. J. Brekelmans, J. T. van Asseldonk et al. // *Eur. J. Neurol.* – 2013. – V. 20(10). – P. 1342–1351.

155. Histology and pathology of the human intervertebral disc [Text] / S. Ollmarker, H. Evans, J. Trivedi, J. Menage // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 2006. – V. 88. – P. 10–14.

156. In vivo feasibility of real-time MR-US fusion imaging lumbar facet joint injections [Text] / R. Sartoris, D. Orlandi, A. Corazzo et al. // *J. Ultrasound*. – 2017. – V. 20. – P. 23-31.

157. International Standards for Neurological and Functional Classification of Spinal Cord Injury [Text] / F. M. Maynard, M. B. Bracken, G. Creasey et al. // *Spinal Cord*. – 1997. – V. 35(5). – P. 266–74.

158. Intervertebral disc degeneration [Text] / M. F. Strankles, T. Muzzin, J. Quick et al. // *Arthritis Rheum*. – 2011. – V. 73. – P. 2134–2140.

159. Intra- and internerve cross-sectional area variability: new ultrasound measures [Text] / Padua L., Martinoli C., Pazzaglia C. et al. // *Muscle Nerve*. – 2012. – V. 45(5). – P. 730–733.

160. Is magnetic resonance imaging in addition to a computed tomographic scan necessary to identify clinically significant cervical spine injuries in obtunded blunt trauma patients? [Text] / B. M. Fisher, S. Cowles, J. R. Matulich et al. // *The American J. of Surgery*. – 2013. – V. 206. – P. 987–994.

161. Joint Task Force of the EFNS and the PNS. European Federation of Neurological Societies [Text] / Peripheral Nerve Society guideline on management of multifocal motor neuropathy. Report of a joint task force of the European Federation of Neurological Societies and the Peripheral Nerve Society – first revision // *J. Peripher. Nerv. Sys*. – 2010. – V. 15(4). – P. 295–301.

162. Kim, D. H. Thoracic Radiculopathy Resulting From Retrograde Neuronal Degeneration: A Case Report [Text] / D. H. Kim // *PM & R: the journal of injury, function, and rehabilitation*. – 2015. – № 5. – P. 199–202.

163. Laker, S. R. Radiologic Evaluation of the Neck: A Review of Radiography, Ultrasonography, Computed Tomography, Magnetic Resonance Imaging, and Other Imaging Modalities for Neck Pain [Text] / Laker S. R., Concannon L. G. // *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*. – 2011. – № 4. – P. 17-22..

164. Lee, S. H. Influence of the Number of Cervical Fusion Levels on Cervical Spine Motion and Health-Related Quality of Life [Text] / S. H. Lee // *Spine*. – 2015. – № 11. – P. 30-32.

165. Localized cervical pain: advantaged and limits of ultrasound evaluation [Text] / S. Galetti, R. Galetti, C. Schiavone et al. // *J. Ultrasound*. – 2016. – V. 19. – P. 257–263.

166. Locks, G. F. Use of the ultrasound to determine the level of lumbar puncture in pregnant women [Text] / G. F. Locks, M. C. Almeida, A. A. Pereira // *Rev. Bras. Anesthesiol*. – 2010. – V. 60. – P. 13–19.

167. Lumbar intervertebral disc: ultrasonography with anatomic correlation in cadavers [Text] / Y. Kakitsubata, K. Nabeshima, D. J. Theodorou [et al.] // *Radiology*. – 1999. – Vol. 213, № 1 (Suppl.) –544 p.

168. Mayans, D. Neuromuscular Ultrasonography: Quantifying Muscle and Nerve Measurements [Text] / D. Mayans, M. S. Cartwright, F. O. Walker // *Phys. Med. Rehabil Clin. N. Am.* – 2012. – V. 23(1). – P. 133–148.

169. Measurement of volume-occupying rate of cervical spinal canal and its role in cervical spondylotic myelopathy [Text] / F. Dong, C. Shen, S. Jiang et al. // *Eur. Spine J*. – 2013. – V. 22. – P. 1152–1157.

170. Mechanical initiation of intervertebral disc degeneration [Text] / M. A. Adams, B. J. Freeman, H. P. Morrison et al. // *Spine*. – 2010. – Vol. 25. – P.1625-1636.

171. Mills, K. R. Characteristics of fasciculations in amyotrophic lateral sclerosis and the benign fasciculation syndrome [Text] / K. R. Mills // *Brain*. – 2010. – V. 133. – P. 3458–3469.

172. Mills, K. R. Detecting fasciculations in amyotrophic lateral sclerosis: duration of observation required [Text] / K. R. Mills // *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*. – 2011. – V. 82. – P. 549–551.

173. Musculo-skeletal pain, fear avoidance behaviors, and functional decline in obesity: potential interventions to manage pain and main-tain function

[Text] / H. K. Vincent, M. C. Adams, K. R. Vincent, R. W. Hurley // *Reg. Anesth. Pain Med.* – 2013. – V. 38(6). – 481–491.

174. Nerve injury complicating ultrasound/electrostimulation–guided supraclavicular brachial plexus block [Text] / W. Reiss, S. Kurapati, A. Shariat, A. Hadzic // *Reg. Anesth. Pain Med.* – 2010. – № 35 (4). – P. 400–401.

175. Nerve ultrasound depicts peripheral nerve enlargement in patients with genetically distinct Charcot–Marie–Tooth disease [Text] / Y. Noto, K. Shiga, Y. Tsuji et al. // *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.* – 2015. – V. 86(4). – P. 378–384.

176. Non-invasive biomechanical characterization of intervertebral discs by shear wave ultrasound elastography: a feasibility study [Text] / C. Vergari, P. Rouch, G. Dubois et al. // *Eur. Radiol.* – 2014. – V. 24. № 12. – P. 3210–3216.

177. Non-specific neck pain and evidence-based practice [Text] / G. Tsakitzidis, R. Remmen, W. Dankaerts, P. Van Royen // *European Scientific Journal.* – 2013. – № 9(3). – P. 1857-1881.

178. Noto, Y. Nerve ultrasound is useful for the diagnosis of neuromuscular diseases [Text] / Y. Noto // *Rinsho Shinkeigaku.* – 2013, – V. 23(11). – P. 1215–1216.

179. Peer, S. High-Resolution Sonography of the Peripheral Nervous System [Text] / S. Peer, G. Bodner. – Berlin: Springer, 2003. – 136 p.

180. Preoperative ultrasound-guided mapping of peripheral nerves [Text] / M. Gofeld, J. S. Bristow, S. Chiu, M. Kliot // *J. Neurosurg.* – 2013. – V. 119(3). – P. 709–713.

181. Prevalence and risk factor of neck pain in elderly Korean community residents [Text] / K. M. Son, N. H. Cho, S. H. Lim, H. A. Kim // *J. Korean Med. Sci.* – 2013. – V. 28(5). – P. 680-686.

182. Quantitative T2 Magnetic Resonance Imaging Compared to Morphological Grading of the Early Cervical Intervertebral Disc Degeneration: An Evaluation Approach in Asymptomatic Young Adults [Text] / Chen C., Huang M., Han Z. et al. // *PLOS ONE.* – 2014. – V. 9, № 2. – P. e87856.

183. Rhee, J. M. Cervical radiculopathy [Text] / J. M. Rhee, T. Yoon, K. D. Riew // *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* – 2007. – Vol. 15. – P. 486–494.

184. Risk factors for missed dynamic canal stenosis in the cervical spine [Text] / T. Hayashi, J. C. Wang, A. Suzuki et al. // *The Spine J.* – 2014. – V. 39. – № 10. – P. 812–819.

185. Safe cervical spine clearance in adult obtunded blunt trauma patients on the basis of a normal multidetector CT scan - A meta-analysis and cohort study [Text] / M. Raza, S. Elkhodair, A. Zaheer, S. Yousaf // *Injury : Int. J. Care Injured.* – 2013. – V. 44. – P. 1589–1595.

186. Seibel, A. General principles of sonography, part 2 : System technology, basic techniques and artifacts [Text] / A. Seibel // *Der Anaesthetist.* – 2015. – № 10. – P. 21.

187. Sheppard, D. G. Brachial plexus: demonstration at US [Text] / D. G. Sheppard, B. I. Revathy, M. J. Fenstermacher // *Radiology.* – 1998. – Vol. 208. – P. 402–406.

188. Sonographic Characterization of the Lumbar Intervertebral Disk With Anatomic Correlation and Histopathologic Findings [Text] / Y. Kakitsubata, S. J. Theodorou, D. J. Theodorou [et al.] // *J. Ultrasound Med.* – 2005. – Vol. 24, № 4. – P. 489-499.

189. Sonographic evaluation of peripheral nerve injuries following the Wenchuan earthquake [Text] / Tang P., Wang Y., Zhang L. et al. // *J. Clin. Ultrasound.* – 2012. – V. 40(1). – P. 7–13.

190. Spinal manipulation, medication, or home exercise with advice for acute and subacute neck pain: a randomized trial [Text] / G. Bronfort, R. Evans, A. V. Anderson et al. // *Ann. Intern. Med.* – 2012. – V. 156. – P. 1–10.

191. Sultan, M. J. Extracranial and Transcranial Ultrasound Assessment in Patients with Suspected Positional «Vertebrobasilar Ischaemia» [Text] / M. J. Sultan, T. Hartshorne, A. R. Naylor // *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* – 2009. – V. 38. – P. 10–13.

192. Targeting Liver Lesions for Radiofrequency Ablation an Experimental Feasibility Study Using a CT-US Fusion imaging system [Text] / L. Crocetti, R. Lenchioni, S. De Beni et al. // *Invest. Radiol.* – 2008. – V. 43. – P. 33-39.
193. Tarulli, A. *Neurology. A clinician's approach* [Text] / Tarulli A. Cambridge: University press, 2011. – 225 p.
194. Tervonen, O. Ultrasound diagnosis of lumbar disk degeneration. Comparison with computed tomography-diskography [Text] / O. Tervonen, S. Lahde, H. Vanharanta // *Spine.* – 1991. – Vol. 16, № 8. – P. 951–954.
195. The diameters and number of nerve fibers in spinal nerve roots [Text] / Y. Liu, X. Zhou et al. // *J. Spinal Cord Med.* – 2015. – № 38(4). – P. 532-537.
196. The significance of facet joint cross-sectional area on magnetic resonance imaging in relationship to cervical degenerative spondylolisthesis [Text] / C. D. Chaput, J. J. Allred, J. J. Pandorf et al. // *The Spine J.* – 2013. – V. 13, №. 8. –P. 856–861.
197. The Twin Spine Study: contributions to a changing view of disc degeneration [Text] / M. C. Battié, B. T. Borges, S. P. Kandel et al. // *Spine J.* – 2011. – Vol. 9. – P. 47–59.
198. Thoirs, K. Ultrasonographic measurements of the ulnar nerve at the elbow Role of Confounders [Text] / K. Thoirs, M. A. Williams, M. J. Phillips // *Ultrasound Med.* – 2008. – № 27 (5). – P. 737–743.
199. Thomas, L. C. Validity of the Doppler velocimeter in examination of vertebral artery blood flow and its use in pre-manipulative screening of the neck [Text] / L. C. Thomas, D. A. Rivett, P. S. Bolton // *Manual Therapy.* – 2009. – V. 14. – P. 544–549.
200. Ultrasonographic detection of fasciculations markedly increases diagnostic sensitivity of ALS / Misawa S., Noto Y., Shibuya K. et al. [Text] // *Neurology.* – 2011. – V. 77. – P. 1532–1537.
201. Ultrasonography for neonatal brachial plexus palsy [Text] / J. R. Joseph, M. A. DiPietro, D. J. Somashekar et al. // *Neurosurg. Pediatrics.* 2014. – V. 14(5). – P.527–531.

202. Ultrasonography of the lumbar intervertebral disc: anatomic details [Text] / D. J. Theodorou, Y. Kakitsubata, S. J. Theodorou [et al.] // *J. Ultrasound Med.* – 2000. – Vol. 19. – 67 p.

203. Ultrasonography shows extensive nerve enlargements in multifocal motor neuropathy [Text] / R. Beekman, L. H. van den Berg, H. Franssen et al. // *Neurology.* – 2005. – № 65(2). – P. 305–307.

204. Ultrasound assessment of the vertebral level of the palpated intercrystal (Tuffier's) line [Text] / C. L. Pysyk, D. Persaud, G. L. Bryson et al. // *Can. J. Anaesth.* – 2010. – V. 57. – P. 46–49.

205. Ultrasound guided supraclavicular approach for regional anesthesia of the brachial plexus [Text] / S. Kapral [et al.] // *Anesth. Analg.* – 1994. — Vol. 78. – P. 507–513.

206. Usefulness of diffusion tensor MR imaging in the assessment of intramedullary changes of the cervical spinal cord in different stages of degenerative spine disease [Text] / A. Banaszek, J. Bladowska, P. Szewczyk et al. – *Eur. Spine. J.* – 2014. – V. 23, № 7. – P. 1523–1530.

207. Virtual navigator real-time Ultrasound Fusion imaging with Positron Emission Tomography for liver interventions [Text] / E. Di Mauro, M. Solbiati, S. De Beni et al. // *Materials of 35th Annual International Conference of the IEEE EMBS, Osaka, Japan, 3–7 July, 2013*; режим доступа: [http://www.civco.com/mmi/resources/clinical-evidence/CPB-](http://www.civco.com/mmi/resources/clinical-evidence/CPB-DiMauroVTRTUSFusionImagingwithPETforLiver)

[DiMauroVTRTUSFusionImagingwithPETforLiver](http://www.civco.com/mmi/resources/clinical-evidence/CPB-DiMauroVTRTUSFusionImagingwithPETforLiver)

208. Wang, S. Clinical study of cervical spondylotic radiculopathy treated with massage therapy combined with Magnetic sticking therapy at the auricular points and the cost comparison [Text] / S. Wang // *Chinese acupuncture & moxibustion.* – 2015. – V. 35, № 8. – P. 773–777.

209. Zaidman, C. M., Peripheral nerve size in normal and patients with polyneuropathy: an ultrasound study [Text] / C. M. Zaidman, M. Al-lozi, A. Pestronk // *Muscle Nerve.* – 2009. – V. 40(6). – P. 960–966.