

Федеральное государственное бюджетное учреждение “Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии” Министерства здравоохранения Российской Федерации

*На правах рукописи*

**ГЛУХОВ**

**Дмитрий Александрович**

**ДЕСТРУКТИВНЫЕ ПОРАЖЕНИЯ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА  
ПОЗВОНОЧНИКА У ДЕТЕЙ:  
ДИАГНОСТИКА И ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ**

3.1.9. Хирургия

3.1.8. Травматология и ортопедия

диссертация

на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Научные руководители:

доктор медицинских наук, профессор

Мушкин Александр Юрьевич,

кандидат медицинских наук, доцент

Зорин Вячеслав Иванович

Санкт-Петербург — 2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |    |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....  | 4  |
| ГЛАВА 1. ИЗБРАННЫЕ ВОПРОСЫ ДЕСТРУКТИВНОЙ ПАТОЛОГИИ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА У ДЕТЕЙ.....  | 12 |
| 1.1. Шейный отдел позвоночника: анатомо-биомеханические и хирургические особенности.....   | 12 |
| 1.1.1. Хирургические доступы к шейному отделу позвоночника.....  | 12 |
| 1.1.2. Ортезирование и возможности реконструкции и стабилизации шейного отдела позвоночника.....   | 13 |
| 1.2. Системы объективизации и принятия решений при деструктивной патологии позвоночника.....   | 17 |
| 1.3. Деструктивные поражения шейного отдела позвоночника у детей: современное состояние вопроса (систематический обзор).....               | 21 |
| 1.4. Тактика хирургического лечения при вовлечении в опухолевый процесс позвоночной артерии (систематический обзор).....                   | 27 |
| 1.5. Сагиттальный баланс шейного отдела позвоночника.....  | 35 |
| 1.6. Заключение.....   | 42 |
| ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....   | 44 |
| ГЛАВА 3. СТРУКТУРА И КЛИНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ДЕСТРУКТИВНОЙ ПАТОЛОГИИ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА У ПАЦИЕНТОВ ДЕТСКОГО ВОЗРАСТА.....         | 51 |
| ГЛАВА 4. ОЦЕНКА САГИТТАЛЬНОГО БАЛАНСА ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА У ДЕТЕЙ В НОРМЕ.....   | 60 |
| ГЛАВА 5. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ ДЕТСКОГО ВОЗРАСТА С ДЕСТРУКТИВНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА..... | 73 |
| 5.1. Общая характеристика хирургического лечения деструктивной патологии шейного отдела позвоночника у детей.....                          | 73 |

|  |     |
|--|-----|
| 5.2. Хирургия деструктивных поражений шейного отдела позвоночника с вовлечением канала позвоночной артерии.....                    | 79  |
| 5.3. Осложнения и отдаленные последствия хирургического лечения.....   | 83  |
| 5.4. Влияние деструктивных изменений и хирургической коррекции на параметры сагиттального баланса шейного отдела позвоночника..... | 87  |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....  | 98  |
| ВЫВОДЫ.....  | 102 |
| ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....   | 102 |
| ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.....  | 104 |
| СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....   | 105 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....   | 106 |

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность темы исследования

Хирургические вмешательства на шейном отделе позвоночника у детей являются большой редкостью. Поиск научных публикаций, посвященных этой проблеме, обнаруживает очень малое количество как русскоязычных, так и международных изданий, при этом более 90% из них рассматривает различные варианты врожденной патологии, травматические повреждения или общехирургические вопросы [8, 10, 15]. В то же время анализ инфекционно-воспалительных и опухолевых поражений шейного отдела позвоночника в подавляющем большинстве ограничивается описанием единичных клинических случаев, что не позволяет авторам анализировать структуру патологии и результаты ее хирургического лечения [21, 31, 58, 176].

Современная оценка пространственной ориентации позвоночника основывается, прежде всего, на анализе его деформаций и способности сохранять стабильное вертикальное положение за счет физиологических изгибов и механизмов компенсации. Учитывая сагиттальную ориентацию физиологических изгибов, совокупность характеризующих эту способность параметров получила название “сагиттального баланса”. При этом все основополагающие публикации на эту тему, затрагивающие как весь позвоночный столб, так и его шейный отдел, основаны на анализе рентгенограмм пациентов старше 19 лет [81, 275, 220]. Работы по изучению сагиттального баланса шейного отдела позвоночника у детей и его изменений в процессе роста в литературе отсутствуют, в результате чего основным методом оценки эффективности реконструкции этого отдела позвоночника у пациентов детского возраста остается коррекция деформаций.

Важной, но недостаточно изученной особенностью шейного отдела позвоночника является возможность вовлечения в патологические процессы магистральных сосудов головы, прежде всего, — позвоночных артерий, расположенных в костном канале поперечных отростков шейных позвонков, имеющих минимальную подвижность и трудно доступных при хирургических

манипуляциях. Число публикаций на эту тему крайне мало, а отражающее тактику при поражениях у детей — единично и касается опухолей шейного отдела позвоночника [117, 160, 163].

В Российской Федерации большинство детей с врожденной и травматической патологией шейного отдела позвоночника оперируется в нескольких специализированных хирургических центрах страны — ФГБУ “НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова” Минздрава России, ФГБУ “НМИЦ ТО им. академика Г.А. Илизарова” Минздрава России и ФГБУ “НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера” Минздрава России, что позволяет выработать достаточно эффективную тактику оказания помощи этим категориям пациентов. В свою очередь, в современной концепции развития травматолого-ортопедической службы страны деструктивные поражения скелета выделены в отдельное направление [1], а на этой проблеме у детей исторически специализируется Клиника детской хирургии и ортопедии ФГБУ “СПб НИИФ” Минздрава России. Этим можно объяснить тот факт, что 4 из 5 имеющихся в информационной системе eLibrary.ru публикаций за период с 2010 по 2021 г., посвященных деструктивным поражениям шейного отдела позвоночника у детей, представлены именно из этой клиники, что позволяет считать эти данные приоритетными в проблеме их дифференциальной диагностики и лечения.

### **Степень разработанности темы**

В литературе по хирургии шейного отдела позвоночника широко представлены хирургические доступы ко всем его уровням, способы передней и задней декомпрессии спинного мозга, наружной и внутренней фиксации с использованием трансплантатов и имплантов. Известны системы стадирования онкологических заболеваний, оценки неврологических нарушений с шейного уровня и качества жизни при заболеваниях шеи.

Работы, освещающие проблемы лечения взрослых пациентов с деструктивными поражениями шейного отдела позвоночника, представлены как в отечественной, так и в зарубежной литературе [2, 11, 25], в то время как тактики лечения этой патологии у детей касаются единичные публикации,

представляющие разбор клинических случаев, прежде всего, опухолей позвонков [21, 31, 58, 176].

### **Цель исследования**

Улучшение результатов хирургического лечения деструктивной патологии шейного отдела позвоночника у детей на основе систематизации данных об их этиологии, уровне локализации и клинико-лучевом анализе.

### **Задачи исследования**

1. Оценить нозологическую, уровневую и возрастную структуру деструктивной хирургической патологии шейного отдела позвоночника у детей.
2. Изучить клинико-лучевые особенности деструктивной патологии шейного отдела позвоночника у детей с учетом нозологии и уровня поражения — субокципитальный (Ос-С2), субаксиальный (С3-С6), шейно-грудной (С7-Th1).
3. Изучить параметры сагиттального баланса шейного отдела позвоночника у детей в норме и при деструктивной патологии.
4. Систематизировать показания к хирургическому лечению деструктивной патологии шейного отдела позвоночника у детей, оценить его ближайшие и отдаленные результаты.

### **Научная новизна исследования**

В рамках моноцентрового исследования на большом клиническом материале в селективной возрастной группе пациентов (дети до 18 лет) с деструктивной патологией шейного отдела позвоночника впервые:

1. Изучена этиологическая и локализационно-уровневая структура деструктивной патологии.
2. Выявлена взаимосвязь между клиническими симптомами и нозологией.
3. Оценены параметры сагиттального баланса шейного отдела позвоночника в норме и при патологии.
4. Выполнен анализ эффективности хирургического лечения инфекционно-воспалительной и опухолевой патологии.

## **Теоретическая и практическая значимость работы**

Представленная в исследовании моноцентровая когорта, включающая 101 пациента с инфекционно-воспалительной и опухолевой патологией шейного отдела позвоночника, является наиболее значимой как в отечественной, так и зарубежной литературе для возрастной группы детей до 18 лет.

Впервые представлены данные о параметрах сагиттального баланса шейного отдела позвоночника у детей как в норме, так и при патологических процессах, которые необходимо учитывать при выполнении реконструктивного хирургического вмешательства.

Впервые результаты хирургического лечения пациентов с деструктивными поражениями шейных позвонков дифференцировано изучены с учетом этиологии, уровневой структуры патологии, особенностей клинических проявлений и изменений сагиттального баланса.

Предложен алгоритм взаимодействия с позвоночной артерией при вовлечении ее в опухолевый процесс, позволяющий выбрать рациональную тактику и снизить риск локального рецидива.

## **Методология и методы исследования**

Дизайн клинического исследования — ретроспективно-проспективная моноцентровая когорта. Работа выполнена в несколько последовательных этапов:

1. Проведен систематический поиск и анализ доступной по теме исследования литературы, определены известные и недостаточно отраженные аспекты проблемы.
2. Отобран архивный и проспективный клинический материал, соответствующий критериям включения и исключения в основную часть исследования.
3. Из лучевого архива отобраны рентгенограммы шейного отдела позвоночника детей, не имевших ортопедической или травматической патологии, по которым определены возрастные параметры сагиттального баланса.

4. Выполнен анализ клинических, лучевых, радиоизотопных, бактериологических, молекулярно-генетических и морфологических особенностей деструктивной патологии шейного отдела позвоночника.
5. Изучен характер выполненных хирургических вмешательств, их ближайшие и отдаленные результаты.

#### **Положения, выносимые на защиту**

1. В структуре деструктивных поражений шейных позвонков у детей неспецифические инфекционные, туберкулезные и опухолевые поражения встречаются с сопоставимой частотой, при этом для туберкулезной этиологии характерно распространенное ( $Me = 4$ ) поражение и частая локализация в шейно-грудном переходе. Болевой синдром, деформации и неврологические нарушения (радикулопатия, парезы и параличи) при этих процессах не имеют этиологической специфичности и встречаются с частотой 80%, 51% и 35% случаев соответственно.
2. Нормальные параметры сагиттального баланса шейного отдела позвоночника у детей в возрасте старше 4 лет имеют значимые отличия от взрослых по 6 из 10 параметрам, половые различия, при этом только показатель  $cSVA$  увеличивается в процессе роста ребенка.
3. При планировании хирургического лечения деструктивных поражений шейного отдела позвоночника у детей должны соблюдаться как этиологический, так и синдромный подходы, учитываться вовлечение в патологический процесс позвоночных артерий, необходимость ликвидации болей, компрессии нервных структур, восстановление опорности и сагиттального профиля шейного отдела позвоночника.
4. Наиболее выраженные нарушения сагиттального баланса шейного отдела позвоночника у детей связаны с туберкулезными спондилитами, ассоциированными с распространенной ( $Me = 4$ ) деструкцией и поражением шейно-грудного перехода.



### Степень достоверности и апробация результатов

С учетом отобранного числа пациентов и результатов проверки на нормальность распределения с использованием критериев Шапиро-Уилка и Лиллиефорса статистическая обработка материала в нозологических подгруппах выполнена при помощи непараметрических методов, которые имеют меньшую силу по сравнению с параметрическими.

Для оценки нормальных параметров сагиттального баланса сформирован лучевой архив рентгенограмм шейного отдела позвоночника детей, исследования которым выполнены по соматическим причинам. Для снижения вероятности ошибки при формировании данного архива исключены рентгенограммы пациентов, обследованных в связи с травмами или по поводу какой-либо сопутствующей ортопедической патологии. Таким образом, соблюдены ограничения по привлечению детей в качестве добровольцев, согласившихся на рентгенографию лишь для участия в исследовании — с этической точки зрения проведение исследований с ионизирующим излучением на детях, в отличие от взрослых, невозможно.

Результаты исследования представлены в материалах научно-практических мероприятий и на конференциях различного уровня: VIII Конгрессе Национальной ассоциации фтизиатров «Современные направления развития фтизиатрии: научные разработки, междисциплинарная интеграция, итоги и перспективы» (г. Санкт-Петербург, 2019), VIII Всероссийской научно-практической конференции «Неотложная детская хирургия и травматология» (г. Москва, 2020), VII научно-практической конференции молодых ученых на английском языке «Будущее детской ортопедии и реконструктивной хирургии» (г. Санкт-Петербург, 2020), Ежегодной научно-практической конференции, посвященной актуальным вопросам травматологии и ортопедии детского возраста «Турнеровские чтения» (г. Санкт-Петербург, 2020), IX Конгрессе Национальной ассоциации фтизиатров «Современные направления развития фтизиатрии: научные разработки, междисциплинарная интеграция, итоги и перспективы» (г. Санкт-Петербург, 2020), IX Всероссийской конференции с

международным участием «Неотложная детская хирургия и травматология» (г. Москва, 2021), XI съезде Российской ассоциации хирургов-вертебрологов (RASS) с образовательным курсом Общества исследования сколиоза (SRS Worldwide Course – 2021) «Хирургия позвоночника: итоги 10-летнего опыта и обновлений» (г. Нижний Новгород, 2021), X Конгрессе Национальной ассоциации фтизиатров «Современные направления развития фтизиатрии: научные разработки, междисциплинарная интеграция, итоги и перспективы» (г. Санкт-Петербург, 2021), Научно-практической конференции с международным участием «Первичные иммунодефициты — на стыке специальностей» (г. Москва, 2022), I Съезде травматологов-ортопедов Приволжского федерального округа (г. Нижний Новгород, 2022), Всероссийской научно-практической конференция «Актуальные вопросы туберкулеза и инфекционных заболеваний. Уроки пандемии» (г. Москва, 2022), XI Конгрессе Национальной ассоциации фтизиатров «Современные направления развития фтизиатрии: научные разработки, междисциплинарная интеграция, итоги и перспективы» (г. Санкт-Петербург, 2022), XII Всероссийском съезде травматологов-ортопедов (г. Москва, 2022).

Материалы диссертации представлены в 10 публикациях, в т.ч. 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России для публикации материалов кандидатских и докторских диссертаций, из них 4 — в журналах, реферируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science.

Результаты диссертации используются в учебной и клинической работе ФГБУ «СПб НИИФ» Минздрава России, а также в учебном процессе на кафедре детской хирургии ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова» Минздрава России.

### **Личный вклад автора**

Совместно с руководителями автором выбрана тема исследования, сформулированы его цель и задачи, выполнен систематический обзор литературы. Автором лично обработана архивная медицинская документация с формированием ретроспективной части исследуемой когорты, созданы базы данных с клинической и лучевой информацией о пациентах с деструктивной патологией шейного отдела позвоночника, а также рентгенограммами детей без

патологии, проведен анализ, интерпретация и статистическая обработка материала, представленного в диссертации. Автор лично курировал пациентов проспективной части когорты, участвовал в операциях в качестве ассистента и оператора, осуществлял наблюдение пациентов в послеоперационном и отдаленном периодах. При непосредственном участии автора подготовлены все публикации и доклады на научно-практических мероприятиях по тематике исследования, в значительной части из которых он выступал в качестве основного автора.

### **Объем и структура диссертации**

Диссертация изложена на 134 страницах, состоит из введения, пяти глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, перспектив дальнейшей разработки темы, списка сокращений и списка литературы. Работа иллюстрирована 37 рисунками и 28 таблицами. Список литературы включает 280 источников, из них 28 отечественных и 252 иностранных.

# ГЛАВА 1. ИЗБРАННЫЕ ВОПРОСЫ ДЕСТРУКТИВНОЙ ПАТОЛОГИИ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА У ДЕТЕЙ (аналитический и систематический обзор литературы)

Шейный отдел позвоночника представляет собой зону скелета человека, имеющую особенное анатомическое строение и уникальную биомеханическую функцию. Это объясняет необходимость использования при оценке его патологии и планировании хирургических вмешательств подходов, принципиально отличных в сравнении с грудным и поясничным отделами.

## 1.1. Шейный отдел позвоночника: анатомо-биомеханические и хирургические особенности

Анатомически в шейном отделе позвоночника человека выделяют 3 уровня:

- субокципитальный или верхний шейный (C1-C2), в который также включают чешую затылочной кости, обозначая в этом случае его как “краниовертебральный переход” (C0-C2);
- субаксиальный или средний шейный (C3-C6);
- шейно-грудной переход или нижний шейный (C7-Th1).

С хирургической позиции каждый уровень имеет свои особенности.

### 1.1.1. Хирургические доступы к шейному отделу позвоночника

Хирургия шейного отдела позвоночника требует владения всеми доступами в области шеи и верхней апертуры грудной клетки, что вызвано необходимостью точного выхода на патологический очаг, максимально полного его удаления при нанесении минимальной хирургической травмы, а также последующей стабильной и функционально выгодной реконструкции. Хирургические доступы к шейному отделу позвоночника по направлению плоскости диссекции разделяют на передние, переднебоковые, боковые, заднебоковые, задний [18].

К *передним* доступам относятся трансоральный и его модификации. Доступ позволяет визуализировать передние отделы C0-C2 с возможностью безопасной диссекции латерально от средней линии до 1 см [36, 258]. При распространении патологии краниально на основание черепа доступ расширяют палатотомией

и/или максиллотомией. В то же время применение эндоскопической трансназальной хирургии позволяет избежать таких достаточно травматичных модификаций [101, 258, 269, 278]. Распространение патологии на субаксиальный уровень может потребовать расширения доступа каудально путем мандибулотомии с визуализацией до С3/С4 без или с глоссотомией, что обеспечивает визуализацию до С4/С5. Несмотря на то, что расширенные доступы описаны в литературе, необходимость их использования возникает достаточно редко [101, 278].

Наиболее распространенным доступом к передней колонне шейного отдела, особенно на субаксиальном уровне, является *переднебоковой*. Доступ к субокципитальному отделу, являясь поднижнечелюстным внефарингеальным, представляет собой альтернативу для трансорального [269]. При патологии шейно-грудного перехода и каудальнее переднебоковой доступ можно расширить манубриотомией и/или стернотомией [131, 249].

*Боковой* доступ позволяет визуализировать позвоночную артерию на протяжении в случае необходимости ее выделения [84, 124], а также обеспечивает выход на корешковые отверстия и боковые массы позвонков [84, 243].

*Задний срединный* доступ используется при патологии задней колонны и для задней инструментальной фиксации. Данный доступ отличается наличием бессосудистого участка в проекции lig. nuchae и своеобразным расщеплением по типу “ласточкиного хвоста” остистых отростков С2-С6. *Заднебоковой* доступ представляет собой модификацию заднего с односторонней расширенной латеральной диссекцией в области боковых масс позвонков [215].

### **1.1.2. Ортезирование и возможности реконструкции и стабилизации шейного отдела позвоночника**

В случае развития нестабильности шейного отдела позвоночника достичь его стабилизации можно средствами внешней фиксации или погружными имплантатами.

Средства внешней фиксации шейного отдела используют при консервативном лечении в качестве предоперационной подготовки и в раннем послеоперационном периоде. Современная ортезная индустрия предлагает широкий выбор средств внешней иммобилизации шейного отдела [42, 146]: мягкие ортезы типа воротник Шанца, в т.ч. усиленные ребрами жесткости; жесткие ортезы типа Philadelphia / Aspen / Miami / Malibu; жесткие ортезы с фиксацией шейно-грудного перехода типа SOMI (Sternal-Occipital-Mandibular Immobilizer), Minerva; инвазивные жесткие ортезы с фиксацией шейно-грудного перехода и возможностью вытяжения Halo / Halovest / Halo-cast. Представленный перечень позволяет подобрать оптимальный ортез для вертикализации пациента, купировать болевой синдром, предотвратить появление или прогрессирование возможных механических и неврологических осложнений [42, 146]. Отрицательной стороной ортезирования остается вопрос о комплаентности пациентов и возможности самостоятельного снятия неудобного фиксатора.

Обширные костные деструкции и деформации, как существующие так и потенциальные, на фоне деструктивных процессов приводят к необходимости применения различных вариантов реконструкции позвоночника. Реконструкция передней колонны позвоночника подразумевает восстановление опорности тел позвонков, что традиционно достигалось выполнением переднего спондилодеза с костными ауто- и аллотрансплантатами [157, 266]. Аутопластика позволяет получить костный блок в более короткие сроки, но наносит дополнительную хирургическую травму и несет риски потенциальных осложнений [157, 266], а у детей не представляется возможным ввиду малых размеров донорской зоны [266].

В качестве альтернативного материала для пластики используется костный цемент — полиметилметакрилат [223], активно применяемый для чрескожной вертебропластики с лечебной целью [26, 27] и паллиативной [2]. Имея “жидкую” фазу, он полностью заполняет костные дефекты неправильной формы и вводится малоинвазивно, в т.ч. пункционно.

Современные костно-пластические материалы чаще применяют в качестве наполнителя блок-решеток (“меш”), кейджей и лифт-кейджей [16, 17, 266].

Импланты различной длины способствуют восстановлению опорной функции, в то время как костный трансплантат выполняет остеоиндуктивную и остеокондуктивную [266]. Большая часть имплантов изготавливается из сплавов титана или материала РЕЕК (полиэфирэфиркетон), не создающего артефактов при томографии, но в литературе нет достаточного числа работ, оценивающих отдаленные результаты его применения [143, 251]. Ряд авторов использует титановые блок-решетки для дополнительного спондилодеза между боковыми массами шейных позвонков [122, 173, 233].

В последние годы в хирургии позвоночника, в т.ч. шейного отдела, стали популярны аддитивные технологии 3D-печати, позволяющие изготавливать индивидуальные импланты под анатомические особенности конкретного пациента [167, 209], а создание пористой структуры схожей с костной архитектурой повышает их остеоинтегративные свойства [212]. Применение 3D-шаблонов (лекал) помогает точно выполнить запланированный опил и провести металлоостеосинтез, снизив лучевую нагрузку как на персонал, так и на пациента [4, 13, 23, 24]. Некоторые исследователи [24] предлагают 3D-печать в качестве более дешевой альтернативы дорогостоящим компьютерным системам интраоперационной 3D-навигации [11, 25, 95, 182].

Реконструкция задней колонны, на которую в шейном отделе приходится до 2/3 нагрузки [70, 240], чаще всего выполняется путем создания заднего костно-пластического спондилодеза трансплантатами, что позволяет разгрузить переднюю колонну и предотвратить развитие кифоза.

После реконструкции позвоночника при необходимости дополнительной стабилизации выполняется металлоостеосинтез. Для передней фиксации шейного отдела позвоночника используются шейные пластины, которые позволяют отказаться от дополнительной задней инструментации. Динамические пластины имеют более низкую частоту перелома, но более высокий риск развития сегментарного кифоза [96, 139]. Использование передней пластины после операции на 1 уровне опционально, в то время как при реконструкции более 2

уровней в дополнение к пластине показана задняя инструментальная фиксация [67, 96, 139].

Для задней фиксации шейных позвонков все инструментальные наборы имеют стандартный выбор опорных элементов: крючки и полиаксиальные винты. Для окципитоспондилодеза используют затылочные пластины или крючки, применяемые в том числе и у детей [9, 107, 172]. Введение винтов в шейном отделе возможно транспедикулярно и в боковые массы позвонков, что используется чаще по причине их достаточных размеров во всех возрастных группах [5, 9, 10, 134–136, 149, 150]. Тем не менее, при транспедикулярном способе в большинстве случаев формируется более протяженный костный канал, благодаря чему достигается повышение жесткости конструкции и устойчивости винтов к вырыванию [66, 102, 155]. Тщательное предоперационное планирование позволяет при этом снизить риски неврологических и васкулярных осложнений [3, 14, 19, 30, 196, 207].

Субокципитальная фиксация транспедикулярной системой в соответствии с особенностями, подробно описанными в литературе, известна по именам предложивших их авторов — Goel - Harms. Goel описал технику с использованием пластин [128], позднее Harms адаптировал ее для транспедикулярных систем [133]. Частым осложнением при проведении винтов в С1 при этой методике является нейропатия С2 корешка [71].

При достаточном диаметре дуг С1, С2 возможно трансламинарное (интраламнарное) проведение винтов сквозь основание остистого отростка по направлению к контрлатеральной боковой массе, в т.ч. у детей [9, 10, 73, 103, 134, 135, 197]. Опыт трансламинарной фиксации представлен для С3 [10] и С7 позвонков [5].

Техника трансартикулярной фиксации С1-С2 по Magerl используется в основном при травме и нестабильности позвоночника [9, 134, 135, 144, 197]. В библиотеке Cochrane имеется зарегистрированное исследование, показавшее возможность передней транспедикулярной фиксации на уровне шейно-грудного перехода с возможностью введения винтов в С6-Th1 [52].



Стоит выделить отдельно проволочный серкляж и фиксацию лавсаном за дуги позвонков, применяемые у детей младшего возраста [9, 197, 216]. Пластины, устанавливаемые на боковые массы позвонков, в настоящее время практически не используются и представляют лишь исторический интерес [66, 128, 154].

## **1.2. Системы объективизации и принятия решений при деструктивной патологии позвоночника**

Под понятием “деструктивные поражения скелета” подразумеваются патологические состояния, характеризующиеся нарушением/разрушением нормального строения костной ткани. Среди основных причин деструкций выделяют неспецифические и специфические инфекционные, а также небактериальные остеомиелиты, новообразования и опухолеподобные процессы. В связи со схожестью клинико-лучевых проявлений диагностику и лечение таких пациентов рекомендуется проводить в специализированных центрах, что соответствует отдельному направлению в концепции развития травматолого-ортопедической службы России [1].

Предложен ряд классификаций и шкал, упрощающих выбор тактики лечения деструктивных процессов, а также возможность обобщения конечных результатов. Шкала Brighton позволяет выставить показания для хирургического лечения острых неспецифических спондилитов, не уточняя при этом объем вмешательства [199]; шкала требует более широкой валидации и, возможно, модификации [50, 137]. Набирающая популярность тактическая классификация острых неспецифических спондилитов E. Pola позволяет не только решить вопрос о консервативном или хирургическом лечении, но и выбрать объем последнего [170]. Исследования по ее применению показывают достаточную согласованность по определению основных групп спондилитов, в то время как определение подгрупп вызывает некоторые разногласия [51, 140]. По отношению к шейному отделу позвоночника данная шкала не валидирована.

Тактические классификации закономерно получили распространение в онкологии — направлении медицины, ориентированном на протокольное лечение.

В основной системе стадирования *злокачественных* опухолей — AJCC (American joint committee on cancer), оценивающей 4 категории: T (tumor) – распространение опухоли, N (nodes) – метастазирование в регионарные лимфатические узлы, M (metastasis) – отдаленные метастазы и G (grade) – гистологическую степень злокачественности, — позвоночник выделен отдельно, при этом прогностические группы стадий для позвоночника и таза на данный момент не разработаны [44].

При злокачественных опухолях скелета довольно часто используется система — MSTS (Musculoskeletal tumor society), адаптированная к поражениям позвоночника [118–120]. Согласно данной системе, злокачественную опухоль оценивают по степени злокачественности (низкая ( $G_1$ ), высокая ( $G_2$ )), распространению внутри ( $T_1$ ) и за пределы компартмента ( $T_2$ ) и наличию регионарных и отдаленных метастазов (отсутствуют ( $M_0$ ), имеются ( $M_1$ )), выполняя стадирование злокачественного процесса (таблица 1). Данная система более проста в сравнении с AJCC и ориентирована на принятие решения об объеме резекции. Enneking считает, что опухоли в области шеи заведомо относятся по распространению к категории  $T_2$ .

Таблица 1 — Стадирование злокачественных опухолей по Enneking

| Стадия (stage) | Злокачественность (grade) | Распространение (site) | Метастазы (metastasis) |
|----------------|---------------------------|------------------------|------------------------|
| IA             | $G_1$                     | $T_1$                  | $M_0$                  |
| IB             | $G_1$                     | $T_2$                  | $M_0$                  |
| IIA            | $G_2$                     | $T_1$                  | $M_0$                  |
| IIB            | $G_2$                     | $T_2$                  | $M_0$                  |
| IIIA           | любое G                   | $T_1$                  | $M_1$                  |
| IIIB           |                           | $T_2$                  | $M_1$                  |

В основу системы стадирования *доброкачественных* опухолей костей положена степень активности процесса [120]:

- S1 — неактивные обычно бессимптомные новообразования, по лучевым данным имеют четкие ровные контуры, выраженную капсулу, в динамике не

увеличиваются, не распространяются за пределы компартмента и не деформируют кортикальный слой кости.

- S2 — активные симптоматические новообразования, приводящие иногда к патологическим переломам, по лучевым данным имеющие тонкую капсулу, умеренно увеличивающиеся в динамике с возможностью деформации окружающей костной ткани.
- S3 — агрессивные симптоматические новообразования, по лучевым данным могут не иметь капсулы и четких контуров, окружены выраженной реактивной зоной, разрушают окружающую костную ткань, распространяясь за пределы компартмента.

Enneking с коллегами предлагают классификацию объемов хирургического лечения опухолей [118–120]:

1. внутриочаговая резекция (кюретаж, резекция кускованием) — остаются макроскопические фрагменты опухоли;
2. краевая резекция (через псевдокапсулу или реактивную зону) — остаются микроскопические фрагменты опухоли, в том числе skip-метастазы и сателлиты;
3. широкая резекция (en bloc в пределах компартмента, удаленная опухоль окружена здоровыми тканями) — могут остаться skip-метастазы.
4. радикальная резекция (en bloc компартмента целиком) — нет остаточной опухоли.

Согласно унифицированной системе Weinstein-Boriani-Biagini (WBB), позвонок в аксиальной плоскости делится по аналогии с часовым циферблатом на 12 секторов с центрацией на позвоночный канал и 5 слоев (А — экстравертебральный, В — поверхностный слой костной ткани, С — глубокий слой костной ткани, D — интраканальный, Е — интрадуральный) [69]. В шейном отделе позвоночника выделен дополнительный слой F — канал позвоночной артерии [148]. На основе системы WBB предложены 7 типов en bloc резекции, из которых 3 и 4 относят к шейному отделу позвоночника [68].

При метастатических поражениях позвоночника не все так однозначно. Тактическая классификация К. Tomita et al. выделяет 7 типов поражений, разделенных на 3 группы — внутри, вне компартмента и множественные, а также соответствующий им объем хирургического лечения [236, 255]. Шкалы Tomita [236] и модифицированная Tokuhashi [40] позволяют упростить принятие решений с учетом ориентировочной продолжительности жизни пациентов. При этом группа Tokuhashi пришла к выводу, что все существующие системы имеют точность не более 90%, которая со временем снижается с появлением новых методов лечения. Указывается, что существующие шкалы разработаны без учета шейного отдела позвоночника [224]. Номограмма SORG (Skeletal oncology research group) показала статистически более точное определение 3- и 12-месячной выживаемости данной категории пациентов в сравнении с другими [248]. Группа А. К. Валиева разработала первую отечественную шкалу оценки продолжительности жизни пациентов с метастазами в позвоночник, представленную в виде компьютерной программы и имеющую высокую точность [28].

Шкала SINS (Spine instability neoplastic score) ориентируется на оценку потенциальной нестабильности позвоночника на фоне опухолевого поражения и используется для определения необходимости его стабилизации [37]. Pithwa и Sinha оценили шкалу SINS применительно к туберкулезному поражению и пришли к выводу о возможности ее использования [195].

Все упомянутые наработки объединены в систему принятия решений NOMS (neurologic, oncologic, mechanical, systemic), предлагающую пошаговый алгоритм выбора оптимальной мультидисциплинарной тактики лечения. Данная система периодически пересматривается с добавлением новых лечебных опций [171, 244, 247].

Среди селективных систем для оценки патологии шейного отдела позвоночника стоит выделить модифицированную шкалу шейной миелопатии mJOA (modified Japan Orthopedic Association) [93] и опросник качества жизни NDI (Neck Disability Index) [270, 271]. Ни одна из этих систем не используется у детей.

### 1.3. Деструктивные поражения шейного отдела позвоночника у детей: современное состояние вопроса (систематический обзор)

Для наиболее полного представления о возможностях диагностики и хирургического лечения деструктивной патологии шейного отдела позвоночника у детей выполнен систематический поиск научных статей в информационных базах данных Pubmed, Cochrane Library и eLibrary.ru.

Критерии включения:

1. Локализация — шейный отдел позвоночника.
2. Период публикации — с 2010 по 2021 г.
3. Нозология — инфекционно-воспалительные процессы, опухоли.
4. Возраст пациентов — до 18 лет.
5. Наличие полнотекстового варианта статьи.

Критерии исключения:

1. Локализация — грудной, поясничный, крестцовый отделы позвоночника.
2. Нозология — травмы, врожденные аномалии, системная патология скелета и дегенеративно-дистрофические заболевания.
3. Первичная нейрохирургическая патология (заболевания спинного мозга).

Поиск в базе данных **PubMed** осуществляли с использованием медицинского рубрикатора MeSH, что позволило найти публикации, наиболее точно соответствующие критериям включения/исключения. Итоговый поисковый запрос выглядел следующим образом: *(Cervical Vertebrae[MeSH Terms]) AND ((Bone Diseases, Infectious[MeSH Terms]) OR (Spinal Neoplasms[MeSH Terms]) OR (Bone Cysts[MeSH Terms])) AND (Child[MeSH Terms]) NOT ((Spinal Cord[MeSH Terms]) OR (Spinal Cord Neoplasm[MeSH Terms])) NOT (Adult[MeSH Terms])*. В базе данных **eLibrary.ru** поиск статей происходил в 2 этапа: в первую очередь выполняли запрос “*шейный отдел позвоночника*”, а среди найденных отбирали статьи по запросу “*остеомиелит или спондилит или (патологический перелом) или опухоль или (костная киста) или метастаз*”. В библиотеке **Cochrane** поиск осуществляли среди обзоров, протоколов и клинических исследований по запросу

“*cervical spine AND (spondylitis OR tuberculosis OR tumor OR bone cyst OR metastasis) AND child*”. Детальная схема поиска представлена на рисунке 1.

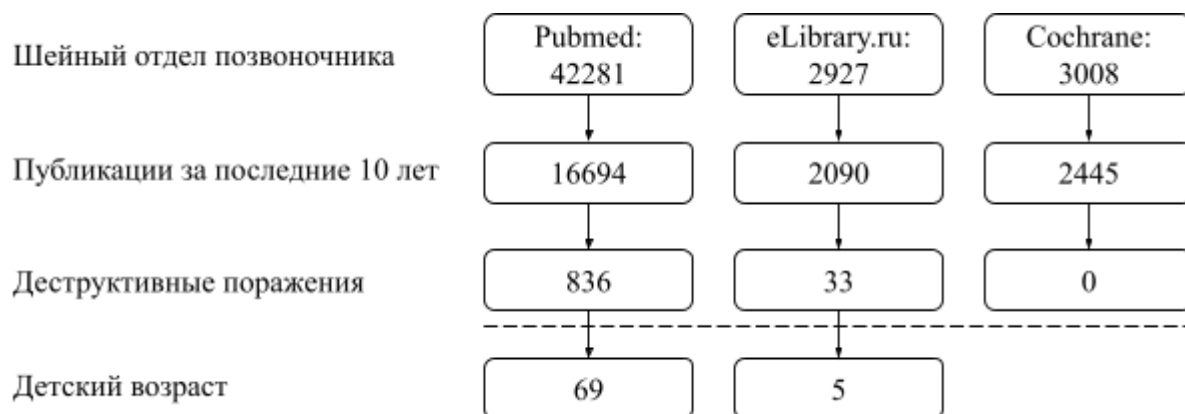


Рисунок 1 — Схема систематического отбора публикаций

В результате поиска для анализа отобрано 70 статей: 2 русскоязычные и 68 англоязычных [21, 31, 33–35, 38, 45, 48, 54–56, 58–61, 65, 78, 82, 85–87, 94, 95, 98, 104, 106, 111, 121, 127, 129, 132, 145, 147, 156, 158, 159, 163, 164, 168, 169, 175, 176, 178, 179, 181, 182, 188, 191, 203, 204, 206, 208, 209, 214, 217, 221, 225, 229, 230, 237, 239, 241, 252, 253, 256, 259, 261, 264, 273, 279]; 4 статьи, опубликованные сотрудниками нашей клиники и потенциально включающие материал, вошедший в диссертацию, исключены [7, 20, 29, 32]. Среди публикаций лишь 11 авторов представили клинические серии от 2 до 29 пациентов детского возраста [33, 58, 59, 158, 163, 175, 176, 191, 237, 239, 279], остальные — единичные клинические случаи. Только 7 работ содержали информацию о группах из 5 и более детей с периодом набора материала от 3 до 20 лет [33, 58, 163, 175, 176, 191, 237]. Итоговая выборка представлена 187 пациентами с деструктивной патологией шейного отдела с медианой возраста на момент лечения 10 лет (min 1 мес.; max 17 лет), в т.ч. 93 мальчика, 77 девочек, у 17 пациентов пол не указан.

Обращает на себя внимание достаточно продолжительный период времени от момента появления жалоб до начала лечения ребенка: медиана в когорте составила 6 (1 - 12,25) месяцев (здесь и далее по тексту Me (Q1 - Q3)). Частота встречаемости предъявляемых жалоб отражена в таблице 2.

Таблица 2 — Основные клинические проявления деструктивной патологии шейного отдела позвоночника у детей по данным литературы

| Клинические симптомы                            | Абсолютное количество, n | Относительное количество, % |
|---|--------------------------|-----------------------------|
| <b>Общие:</b>                                   |                          |                             |
| цервикалгия                                     | 152                      | 81,3                        |
| гипертермия                                     | 16                       | 8,6                         |
| краниалгия                                      | 10                       | 5,3                         |
| <b>Ортопедические:</b>                          |                          |                             |
| тугоподвижность                                 | 68                       | 36,4                        |
| кривошея  | 53                       | 28,3                        |
| кифоз   | 11                       | 5,9                         |
| <b>Неврологические:</b>                         |                          |                             |
| радикулопатия                                   | 50                       | 26,7                        |
| миелопатия                                      | 51                       | 27,3                        |
| парез черепных нервов, мозжечковая симптоматика | 16                       | 8,6                         |
| <b>Местные изменения:</b>                       |                          |                             |
| дисфагия  | 10                       | 5,3                         |
| диспноэ   | 10                       | 5,3                         |
| лимфаденопатия                                  | 8                        | 4,2                         |
| отек  | 8                        | 4,2                         |
| объемное образование                            | 5                        | 2,7                         |
| боль в горле                                    | 2                        | 1,1                         |
| слюноотечение                                   | 2                        | 1,1                         |
| потливость                                      | 2                        | 1,1                         |
| свищ  | 1                        | 0,5                         |

Все пациенты получали комплексное лучевое обследование, включающее рентгенографию, КТ, МРТ шейного отдела позвоночника.

По данным лучевого обследования, изолированное вовлечение краниовертебрального перехода выявлено у 97 (51,9%) детей, с распространением

на нижележащие уровни — у 13 (6,9%); изолированное поражение субаксиального уровня — у 55 (29,4%), с распространением на нижележащий уровень — 3 (1,6%); вовлечение шейно-грудного перехода — у 19 (10,2%).

Моноverteбральное поражение диагностировано у 73 (39,0%) пациентов, при этом медиана вовлеченных в процесс позвонков в выборке составила 1 (1 - 2).

Диагностическая биопсия как самостоятельная манипуляция выполнена у 41 (21,9%) пациента. Структура деструктивных процессов по группам нозологий отражена в таблице 3.

Таблица 3 — Структура деструктивной патологии шейного отдела позвоночника у пациентов детского возраста по данным литературы

| Патология   | Общее число пациентов в публикациях |                             |
|---|-------------------------------------|-----------------------------|
|   | Абсолютное количество, n            | Относительное количество, % |
| Туберкулезный спондилит<br>[33–35, 45, 61, 86, 175, 176, 191, 225, 237, 252, 261, 273]  | 93                                  | 49,7                        |
| Неспецифический спондилит<br>[159, 169, 188, 253, 279]  | 6                                   | 3,2                         |
| Доброкачественные новообразования и опухолеподобные состояния<br>[21, 31, 48, 54–56, 58, 59, 65, 78, 82, 85, 87, 94, 95, 98, 104, 106, 127, 129, 132, 145, 147, 156, 163, 164, 178, 179, 181, 182, 206, 214, 217, 230, 239, 259, 264] | 61                                  | 32,6                        |
| Новообразования злокачественные и неопределенного характера<br>[38, 60, 111, 121, 158, 163, 168, 203, 204, 208, 209, 221, 229, 241, 256]  | 27                                  | 14,5                        |

У представленных в когортных исследованиях 56 детей не уточнен индивидуальный возраст. Без их учета распределение гистологических диагнозов по возрастам представлено на рисунке 2.



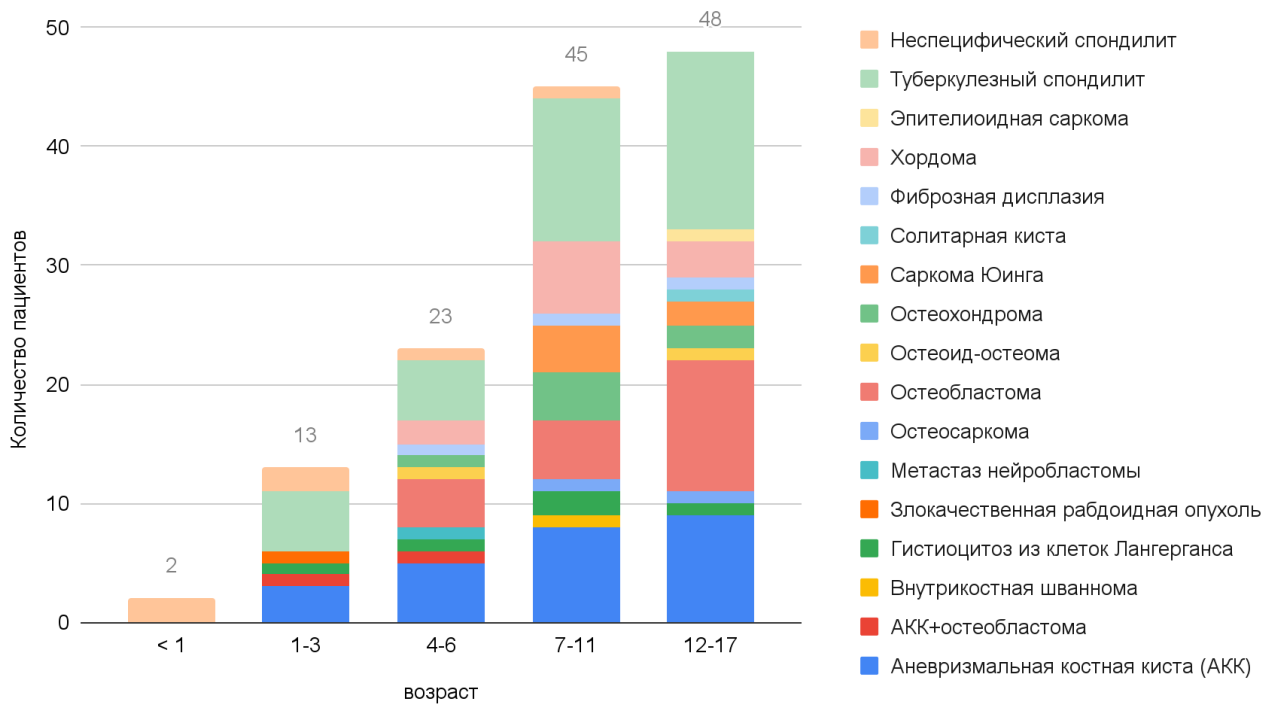


Рисунок 2 — Распределение верифицированных деструктивных процессов по возрастам по данным литературы

Пациентам с подозрением на инфекционную патологию выполнялись бактериологические, бактериоскопические исследования и ПЦР. Из 6 пациентов с неспецифическими спондилитами идентификация возбудителя указана лишь у двоих: *Staphylococcus aureus* [188] и *Kingella kingae* [159]. При туберкулезном поражении идентификация *M. bovis* BCG представлена в одном случае [61].

13 (7,0%) пациентам с опухолевой патологией на этапах лечения выполнена эмболизация питающей артерии: у 11 диагностирована АКК [58, 59, 82, 106, 145, 156, 163], у двоих — фиброзная дисплазия [163] и телеангиэктатическая остеосаркома [204].

Хирургическое лечение проведено в 151 (80,7%) случае. При этом только задний доступ использован в 40 (21,4%) случаях, переднебоковой — в 9 (4,8%), трансоральный — в 6 (3,2%). Комбинированный доступ осуществлен у 64 (34,2%) детей, в т.ч. трансорально — 14 (7,5%) и трансмандибулярно — 1 (0,5%). В остальных случаях сообщается о резекции без указания доступа.

По данным исследований, реконструкция передней колонны потребовалась у 56 пациентов (29,9%), задняя инструментальная фиксация — у 60 (32,1%). В

остальных случаях выполняли резекцию патологического очага без дополнительной стабилизации. Указанные авторами послеоперационные осложнения представлены в таблице 4.

Таблица 4 — Послеоперационные осложнения при деструктивных процессах шейного отдела позвоночника у детей по данным литературы

| Осложнения                      | Абсолютное количество, n | Относительное количество, % |
|---------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| <b>Ортопедические:</b>          |                          |                             |
| ложный сустав                   | 2                        | 1,1                         |
| вывих трансплантата             | 1                        | 0,5                         |
| <b>Неврологические:</b>         |                          |                             |
| радикулопатия                   | 4                        | 2,1                         |
| тетрапарез                      | 1                        | 0,5                         |
| синдром Горнера                 | 3                        | 1,6                         |
| ликворея                        | 2                        | 1,1                         |
| плегия n. hypoglossus           | 1                        | 0,5                         |
| <b>Раневые:</b>                 |                          |                             |
| расхождение краев раны          | 3                        | 1,6                         |
| раневая инфекция                | 1                        | 0,5                         |
| <b>Прочие:</b>                  |                          |                             |
| диспноэ, требующее трахеостомии | 2                        | 1,1                         |
| пневмония                       | 1                        | 0,5                         |
| дисфагия                        | 1                        | 0,5                         |
| лимфедема                       | 1                        | 0,5                         |

Помимо хирургического лечения пациенты с туберкулезом и злокачественными новообразованиями получали специализированную терапию в соответствии с принятыми локальными протоколами как в пред-, так и в послеоперационном периоде.

Не во всех публикациях указана продолжительность катамнеза: по данным авторов, представивших информацию, медиана составила 29 (12 - 53) месяцев. Остаточная опухоль после операций отмечена у 6 (3,2%) детей, причем у 2 — при

злокачественных поражениях (остеосаркома, хордома). Дальнейшая тактика лечения остаточных опухолей в публикациях не представлена [145, 156, 204, 208, 239]. Во время динамического наблюдения рецидив заболевания выявлен у 11 (5,9%) пациентов: 10 выполнено повторное вмешательство, дополненное в 4 случаях лучевой терапией [31, 58, 59, 78, 104, 106, 230], один пациент с остеобластомой остался под динамическим наблюдением [259]. Летальный исход констатирован у 4 (2,1%): 2 — от локальной прогрессии [158], 1 — от метастатических поражений [38], 1 — от респираторных осложнений [203].

#### **1.4. Тактика хирургического лечения при вовлечении в опухолевый процесс позвоночной артерии (систематический обзор)**

Одна из анатомических особенностей шеи — прохождение в этой зоне позвоночных артерий. Классический анатомический вариант с полноценными позвоночными, сонными и соединительными артериями встречается только у 34,5% населения, остальные представлены 82 вариантами — от полностью изолированных сонных и позвоночных артерий до сложных систем коллатералей [64]. В связи с этим, клинические проявления нарушений кровотока по позвоночным артериям не вполне предсказуемы и могут варьировать от бессимптомных до тяжелой ишемии головного мозга [174, 180, 280].

При опухолях шейного отдела сохранение позвоночных артерий всегда сопоставляется с предпочтительностью радикального удаления опухоли. При этом варианты взаимоотношений опухоли и сосуда — от сдавления до циркулярного охвата — требуют четкого планирования операции и профилактики кровотечения. Ввиду отсутствия алгоритмов принятия решений при лечении такой патологии выполнен систематический поиск литературы в информационных базах данных Pubmed, Cochrane Library и eLibrary.ru без ограничения рамок ретроспекции и типа публикаций по ключевым словам: “опухоль шейного отдела позвоночника”, “позвоночная артерия”, “cervical spine tumor”, “vertebral artery”.

Критерии включения:

1. Опухоли шейного отдела позвоночника.

2. Информация о взаимоотношении новообразования с артерией.

Критерии исключения:

1. Нейрогенные новообразования в области шейного отдела позвоночника.
2. Отсутствие полнотекстового варианта статьи.
3. Отсутствие описания взаимоотношения новообразования с артерией и особенностей манипуляции вблизи нее в ходе диагностической процедуры или операции.
4. Расположение опухоли на уровне V4 сегмента позвоночной артерии.

Алгоритм отбора публикаций представлен на рисунке 3. В окончательную выборку вошла 71 публикация, из которой только 11 представляет описание клинических серий, включающих от 2 до 10 наблюдений [109, 116, 117, 160, 163, 166, 177, 183, 189, 234, 263], а оставшиеся 60 — описание единичных случаев [43, 56, 57, 63, 72, 76, 77, 83, 88–91, 97–99, 110–115, 125, 126, 132, 138, 142, 147, 152, 161, 165, 168, 179, 186, 187, 190, 192, 193, 198, 205, 208, 213, 226–229, 231, 232, 238, 254, 256, 257, 259, 260, 262, 264, 265, 267, 268, 274, 276].

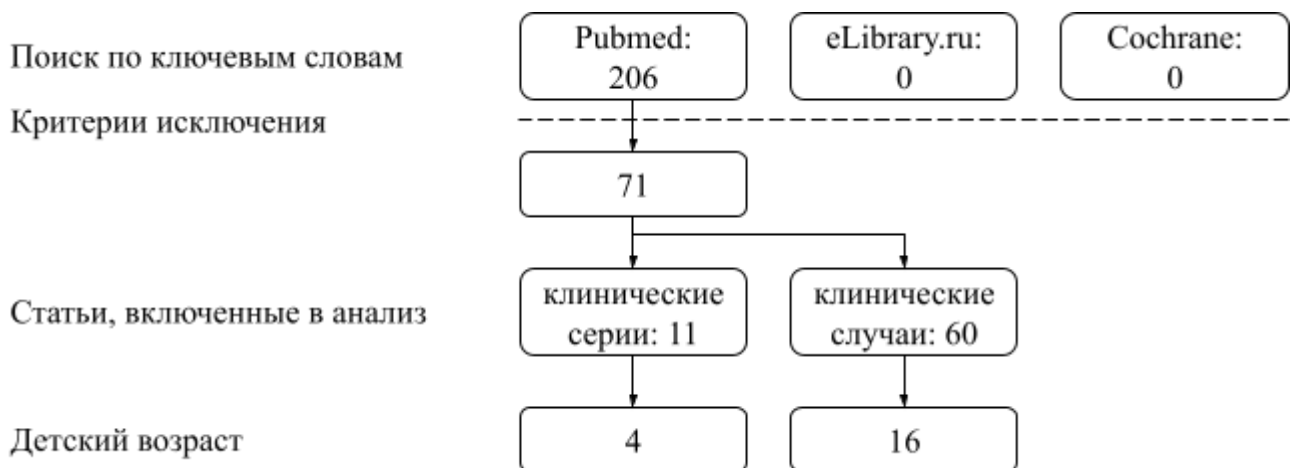


Рисунок 3 — Схема систематического отбора публикаций

71 публикация включает данные о 108 пациентах (70 мужчин и 38 женщин), медиана возраста на момент операции — 39 лет (min 5; max 83). Пациенты детского возраста составляют 28 человек (25,9%) и представлены в 20 работах [56, 57, 89, 98, 111, 132, 147, 160, 163, 168, 179, 183, 193, 208, 229, 234, 256, 259, 264, 274] с наиболее крупными сериями 3 - 4 ребенка [160, 163, 183]. К моменту

операции ведущими жалобами являлись боль в области шеи, чувствительные и двигательные нарушения в верхних конечностях (таблица 5).

Таблица 5 — Структура клинических проявлений опухолей позвоночника около позвоночной артерии по данным литературы

| Клинические симптомы               | Абсолютное количество, n | Относительное количество, % |
|------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| <b>Общие:</b>                      |                          |                             |
| цервикалгия                        | 68                       | 63,0                        |
| головная боль                      | 4                        | 3,7                         |
| <b>Ортопедические:</b>             |                          |                             |
| тугоподвижность                    | 8                        | 7,4                         |
| кривошея                           | 7                        | 6,5                         |
| <b>Неврологические:</b>            |                          |                             |
| радикулопатия                      | 54                       | 50,0                        |
| миелопатия                         | 20                       | 18,5                        |
| общемозговая симптоматика, атаксия | 1                        | 0,9                         |
| симптом «лучника»                  | 1                        | 0,9                         |
| <b>Местные:</b>                    |                          |                             |
| дисфагия                           | 15                       | 13,9                        |
| диспноэ                            | 4                        | 3,7                         |
| дисфония                           | 2                        | 1,9                         |
| дискомфорт в горле                 | 1                        | 0,9                         |
| объемное образование               | 1                        | 0,9                         |

Клиника сосудистой патологии отмечена лишь в двух случаях: головокружение при повороте головы (симптом «лучника») [238] и острое развитие общемозговой симптоматики (головная боль, головокружение, тошнота, рвота) и нарушение походки, вызванное очагом ишемии в мозжечке [231]. В обоих случаях причиной жалоб послужила окклюзия артерии остеохондромой.

Медиана диагностической паузы достаточно продолжительна и составляет 7 (3 - 24) месяцев.

Всем пациентам выполнялись КТ и МРТ с целью визуализации топографических особенностей образования. В 59 (54,6%) наблюдениях имелось поражение от 2 до 5 смежных позвонков. С учетом сегментарного строения а. vertebralis новообразования локализовались на уровне V1 сегмента в 12 случаях, на уровне V2 — в 42 и на уровне V3 — в 54.

Биопсия как первый этап инвазивных вмешательств выполнена в 64 случаях, в 44 — совмещена с основным этапом операции. Наиболее часто встречались хордома — 56 (51,9%) и остеобластома — 13 (12,0%). Результаты гистологического исследования операционного материала подтвердили злокачественной характер опухоли в 74 (68,5%) случаях (рисунок 4).

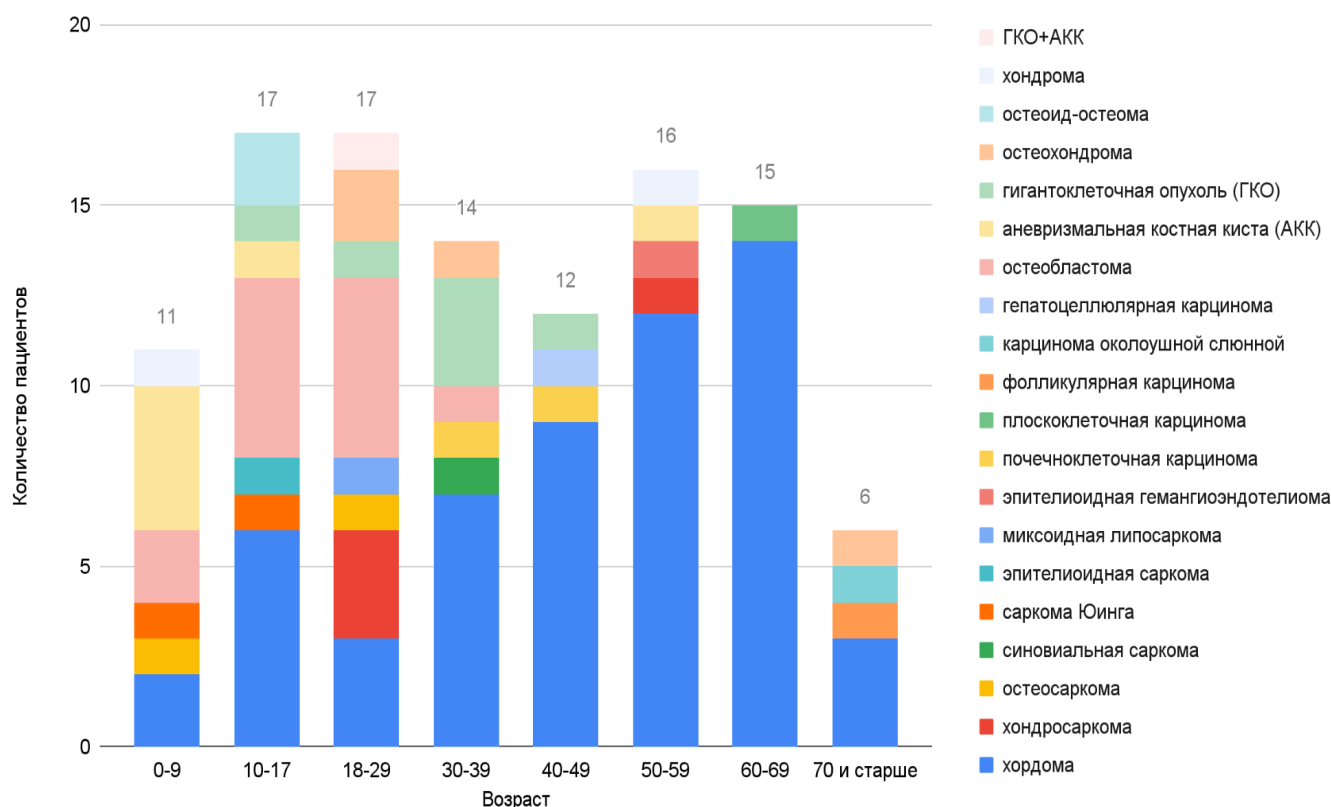


Рисунок 4 — Возрастное распределение гистологических типов опухолей шейного отдела позвоночника с вовлечением позвоночной артерии по данным литературы

Объем хирургических вмешательств зависел от типа опухоли и ее взаимоотношений с окружающими анатомическими образованиями. Большинство авторов указывает на необходимость дополнительного обследования:

МР-ангиография — 21 публикация, КТ-ангиография — 36 и стандартная ангиография — 44. В 18 публикациях методы комбинировались.

Для оценки возможных последствий повреждения позвоночной артерии или ее утраты в ходе “en bloc” резекции в ряде публикаций отмечено проведение временного окклюзионного теста, выполненного 28 пациентам, при этом в 21 случае его проводил эндоваскулярный хирург [57, 89, 109–111, 114, 116, 187, 228, 232, 260, 263, 267, 274]. У одного больного развился гемипарез, что потребовало коррекции плана хирургического лечения [228]. Окончательная эмболизация артерии после теста выполнена 4 пациентам (в одном случае — с двух сторон) [111, 114, 260, 274], без теста — 7 [43, 56, 88, 117, 152, 186, 198]. В 7 случаях тест выполнялся во время основной операции путем наложения зажимов на 30 минут с нейрофизиологическим мониторингом моторных и сенсорных потенциалов [112, 115, 166, 177, 213, 229].

У большинства пациентов операция заключалась в удалении новообразования из комбинированного доступа с передней и задней стабилизацией. Структура вмешательств представлена в таблице 6.

Таблица 6 — Структура хирургических вмешательств при вовлечении в опухолевый процесс позвоночной артерии по данным литературы

| Вид хирургического лечения   | Абсолютное количество, n | Относительное количество, % |
|--|--------------------------|-----------------------------|
| Удаление опухоли из комбинированного доступа с передней и задней стабилизацией | 78                       | 72,2                        |
| Удаление опухоли из заднего доступа со стабилизацией                           | 3                        | 2,8                         |
| Удаление опухоли из заднего доступа со стабилизацией и вертебропластикой       | 2                        | 1,9                         |
| Удаление опухоли из переднего доступа со стабилизацией                         | 7                        | 6,5                         |
| Удаление опухоли   | 16                       | 14,8                        |
| Биопсия опухоли  | 1                        | 0,9                         |
| Вертебропластика   | 1                        | 0,9                         |

Корреляция между количеством пораженных секторов позвонка, оцененным по WBV, и объемом хирургического вмешательства показывает слабую взаимосвязь (коэффициент корреляции Кендалла:  $\tau = 0,2110$ ,  $p = 0,0312$ ). Распространение опухоли экстравертебрально (слой А) установлено в 71 случае, интраканально (слой D) — в 62, интрадурально (слой E) — в 3. Указание на вовлечение в опухолевый процесс слоя F (канал позвоночной артерии) имеется в 7 случаях [116, 117, 152, 168, 177].

Резекция “en bloc” выполнена у 37 из 108 пациентов. Интраоперационный нейрофизиологический мониторинг использовали в 33 случаях.

В ходе основной операции 27 вовлеченных артерий удалено вместе с опухолью [72, 89, 109, 110, 115, 116, 132, 166, 177, 189, 190, 192, 208, 213, 229, 232, 263, 265, 267]. В 17 случаях перевязка выполнялась без теста и мониторинга [43, 72, 88, 117, 132, 152, 186, 189, 190, 192, 198, 208, 263, 265], 3 пациентам после удаления артерии выполнена пластика венозным аутооттрансплантатом [160]. Интраоперационное повреждение артерии произошло в 7 случаях: в 2 — перевязана, в 2 — тампонирована, в 1 — коагулирована и в 1 — наложен сосудистый шов [83, 125, 183, 205, 259]. В одном случае повреждение артерии проявилось после операции судорогами и клинической картиной тетрапареза на фоне очага ишемии в головном мозге: наложен шунт между дистальной частью поврежденной позвоночной артерии и наружной сонной артерией венозным аутооттрансплантатом, что позволило купировать неврологическую симптоматику [160]. В одном наблюдении после перевязки артерии в послеоперационном периоде отмечен судорожный синдром [189]. Помимо позвоночной артерии в 31 случае перевязано от 1 до 4 спинномозговых корешков, в 5 — с двух сторон. При перевязке корешков C1-C3 не отмечено значимых неврологических осложнений; среди 14 случаев перевязки C4 у 3 пациентов отмечен парез диафрагмы, у 2 — пневмония. Перевязка корешков C5 и каудальнее проявлялась неврологическим дефицитом. Структура осложнений представлена в таблице 7.

Медиана послеоперационного наблюдения составила 20 (11 - 36) месяцев. У пациентов с ангиопластикой отмечалось сохранение кровотока в зоне



реконструкции [160]. 6 пациентов получали лучевую терапию по поводу остаточной опухоли (4 хордомы, 1 саркома Юинга, 1 ГКО) [76, 90, 126, 163, 208, 276]. У 10 пациентов имелся рецидив: 2 — с остеобластомой, 1 — с эпителиоидной гемангиоэндотелиомой (взяты на динамическое наблюдение) [83, 97, 259]; 7 — с хордомой (в 3 случаях проведена лучевая терапия [109, 117], в 2 — повторное удаление опухоли [160, 213], 2 пациента погибли на фоне прогрессирования заболевания [234], 3 погибли без локального рецидива опухоли в зоне вмешательства [160], 1 взят на динамическое наблюдение [198]).

Определенный интерес могут представить некоторые публикации, которые не включены в анализируемую выборку ввиду несоответствия их оцениваемым нами параметрам, но посвященных манипуляциям на позвоночной артерии у пациентов с опухолевыми процессами. Часть работ посвящена успешной превентивной эндоваскулярной эмболизации артерий [200, 218, 280], в других имеются упоминания об отсроченных (до 11 суток) ишемических нарушениях [194, 201]. Несмотря на это, все авторы рекомендуют эмболизацию позвоночной артерии как эффективную и достаточно безопасную процедуру.

В литературе представлены случаи повреждения позвоночной артерии при удалении опухолей в перечне общих осложнений с отсутствием неврологической симптоматики в послеоперационном периоде [49, 75, 92, 108, 123, 185]. В то же время Choi D. и соавт. в серии из 97 пациентов отмечают 1 случай, приведший к ишемическому инфаркту головного мозга [184]. Hoshino Y. с коллегами при односторонней перевязке недоминантных позвоночных артерий в одном случае после рецидива хордомы при окклюзионном тесте оставшейся артерии, также вовлеченной в опухолевый процесс, получили выпадение полей зрения с восстановлением после снятия окклюзии, в результате чего при повторной операции выполнили перевязку и удаление артерии с наложением шунта между ее дистальным фрагментом и наружной сонной артерией [39]. Приводится опыт использования хирургического микроскопа для выделения и сохранения

Таблица 7 — Структура послеоперационных осложнений после хирургии опухолей в области канала позвоночной артерии по данным литературы

| Вид осложнения                                 | Абсолютное количество, n | Относительное количество, % |
|--|--------------------------|-----------------------------|
| <b>Неврологические:</b>                        |                          |                             |
| радикулопатия                                  | 16                       | 14,8                        |
| ликворея                                       | 4                        | 3,7                         |
| парез диафрагмы                                | 3                        | 2,8                         |
| судороги                                       | 2                        | 1,9                         |
| тетрапарез                                     | 1                        | 0,9                         |
| синдром Горнера                                | 1                        | 0,9                         |
| плегия n. hypoglossus                          | 1                        | 0,9                         |
| менингоцеле                                    | 1                        | 0,9                         |
| дисфония                                       | 1                        | 0,9                         |
| болевой синдром                                | 1                        | 0,9                         |
| <b>Ортопедические:</b>                         |                          |                             |
| миграция металлоконструкции                    | 3                        | 2,8                         |
| тугоподвижность шеи                            | 2                        | 1,9                         |
| деформация                                     | 1                        | 0,9                         |
| <b>Раневые:</b>                                |                          |                             |
| раневой дефект                                 | 9                        | 8,3                         |
| инфекция                                       | 3                        | 2,8                         |
| гематома                                       | 1                        | 0,9                         |
| <b>Прочие:</b>                                 |                          |                             |
| дисфагия                                       | 6                        | 5,6                         |
| пневмония                                      | 4                        | 3,7                         |
| сепсис   | 1                        | 0,9                         |
| желудочно-кишечное кровотечение                | 1                        | 0,9                         |
| атрофия m. splenius capitis (по месту доступа) | 1                        | 0,9                         |

позвоночных артерий [202, 234, 235]. Mattei Т.А. и соавт. рекомендуют выполнять заднюю инструментальную фиксацию шейного отдела отдельным этапом до любых манипуляций с позвоночной артерией, обосновывая это возможным ее повреждением при проведении транспедикулярных винтов и сохранением кровотока в базилярной артерии при осложнениях [162]. И хотя ряд авторов, ссылаясь на малые выборки и возникновение отдаленных осложнений, ставит под сомнение эффективность временного окклюзионного теста для прогнозирования ишемических последствий [194, 280], его выполнение эндоваскулярным или открытым способом с использованием нейрофизиологического мониторинга может быть оправдано во избежание части возможных осложнений [39, 160, 174, 180, 184, 228].

Westbroek с соавт. на основании опыта лечения 67 пациентов с опухолями в области позвоночной артерии предлагают алгоритм, основанный на онкологических, механических и сосудистых критериях [272].

### **1.5. Сагиттальный баланс шейного отдела позвоночника**

С развитием понимания биомеханики позвоночника физиологические изгибы — шейный и поясничный лордозы, грудной кифоз — перестали рассматриваться как изолированные с анатомически обусловленными усредненными величинами. Понятие баланса появилось в теории о конусе экономии, представляющего собой объем пространства вокруг продольной оси тела человека, находясь в котором тело человека расслаблено и сохраняет вертикальную позу [105]. При выходе за пределы конуса тело вынуждено задействовать дополнительные мышцы для поддержания вертикального положения и предотвращения падения, тратя энергию. При этом Dubousset рассматривал позвоночник в связке с тазом, которому он дал условное название “тазового позвонка”, задающего профиль всего позвоночного столба.

Данная теория получила дальнейшее развитие, установлена связь между анатомическими параметрами таза и изгибами позвоночника. При этом

подавляющее большинство публикаций касается оценки параметров грудного, поясничного отделов позвоночника и позвоночно-тазовых взаимоотношений:

PI (pelvic incidence) — параметр таза, отражающий анатомические особенности конкретного человека, у взрослых не меняется в течение жизни [41, 220]. Изменить PI могут остеотомии таза [6];

PT (pelvic tilt, наклон таза) отражает наклон таза относительно оси вращения тазобедренных суставов. При патологии позвоночника таз компенсаторно меняет свое положение относительно тазобедренных суставов, участвуя в поддержании сагиттального баланса совместно со смежными отделами позвоночника [41, 220]. Патология тазобедренных суставов может влиять на ротацию таза и вынуждать позвоночник изменять свой профиль [12, 22];

SS (sacral slope, наклон крестца) также показывает наклон таза в пространстве и связан с остальными параметрами формулой  $SS = PI - PT$  [220];

LL (lumbar lordosis, поясничный лордоз) на уровне L1-S1 теоретически рассчитывается как  $0,54PI + 27,6^\circ$  [41, 220].  $\frac{2}{3}$  поясничного лордоза приходится на сегмент L4-S1 ( $L4S1 = 0,66LL$ ) [220]. Также предложена формула, учитывающая ротацию таза,  $LL = SS + 20^\circ$  [41];

TK (thoracic kyphosis, грудной кифоз) на уровне Th1-Th12 вычисляется по формуле  $TK = 0,75LL$  [220]. На сегмент Th1-Th4 приходится  $8^\circ-10^\circ$  от общей величины грудного кифоза [220]. Альтернативная формула для расчета грудного кифоза  $TK = 2(PT + LL - PI)$  [41].

Шейный отдел позвоночника является последним звеном в данной биомеханической цепи. Учитывая “удаленность” и наибольшую подвижность, сложно установить прямую взаимосвязь шейных параметров с параметрами таза как у нижележащих отделов, что подтверждается отсутствием на данный момент таких исследований. При этом шейный отдел позвоночника имеет ряд локальных показателей сагиттального баланса, используемых при оценке профиля:

угол C0 между линиями Франкфорта (Frankfort) и МакРея (McRae), относится к морфологическим параметрам черепа [70, 245];

угол Ос-С2 (O-C2, high cervical angle, верхний шейный угол) между линией МакГрегора (McGregor) [80, 246] или МакРея (McRae) [46, 70, 245] и нижней замыкательной пластинкой С2 позвонка. На данном уровне в норме всегда имеется лордоз [246];

угол С2-С7 (low cervical curvature, нижний шейный изгиб) между нижними замыкательными пластинками С2 и С7 позвонков [46, 70, 80, 240, 246, 275]. Изгиб шеи может характеризоваться лордозом (норма), быть нейтральным, сигмовидным или кифотическим [210]. Установлена его отрицательная обратная связь с углом Ос-С2: при увеличении одного происходит уменьшение другого и наоборот [79, 246], а распределение общего шейного лордоза формируется следующим образом: на уровень Ос-С2 приходится 77%, на С2-С7 – 23% [81, 245]. Для измерения данного угла существует 5 различных способов [46, 70, 81, 240, 275], причем общепринятый метод измерения по Cobb дает надежные результаты только при лордозированном профиле шейного отдела [210, 211, 275];

наклон С7 (C7 slope, C7S) — угол между горизонталью и верхней замыкательной пластинкой С7 позвонка. При наклоне более 20° шейный отдел имеет лордозированный профиль, при наклоне 20° и менее – нейтральный или кифозированный [46, 80, 246];

спино-краниальный угол (spino-cranial angle, SCA) между верхней замыкательной пластинкой С7 позвонка и линией, проведенной через центр турецкого седла и середину замыкательной пластинки С7 позвонка. Данный угол постоянен при отсутствии патологии и отражает смещение головы относительно шейно-грудного перехода [151, 246];

угол шейной инклинации (cervical inclination angle, CIA) между горизонталью, проведенной через середину верхней замыкательной пластинки грудного позвонка, и линией, проведенной через центр турецкого седла и середину верхней замыкательной пластинки соответствующего позвонка. Данный показатель может быть посчитан для всех грудных позвонков. Le Huec с коллегами установили, что CIA с Th1 по Th5 практически не изменяется и начинает расти с Th6 по Th12. При этом установлена корреляция CIA Th1-Th5 с

наклоном С7 позвонка (увеличение наклона С7 приводит к более горизонтальному положению Th1-Th5 и наоборот), что послужило основанием для вывода — верхнегрудной отдел позвоночника является базой для шейного отдела [246];

угол грудного “входа” (thoracic inlet angle, TIA) формируемый перпендикуляром к середине верхней замыкательной пластинки Th1 и линией, соединяющей эту же точку и вершину грудины [46, 70, 240, 245, 275]. Lee с соавт. выдвинули предположение, что TIA является постоянной анатомической величиной наподобие PI [245], но Janusz поставил под сомнение данную гипотезу, доказав, что TIA изменяет величину при сгибании-разгибании шеи [141];

наклон Th1 (Th1 slope, Th1S, T1S) — угол между горизонталью и верхней замыкательной пластинкой Th1 [70, 240, 245, 275];

*Так как Th1 сложно визуализировать из-за перекрытия плечевыми суставами, предложена формула, позволяющая ориентироваться на С7:  $T1S = 0.87C7S + 7^\circ$  [74].*

наклон шеи (neck tilt, NT) — угол между вертикалью из вершины грудины и линией между вершиной грудины и серединой верхней замыкательной пластинки Th1 [70, 240, 245, 275];

*Последние три параметра связаны формулой  $TIA = T1S + NT$  и подчиняются нормальному распределению. Более того, отмечена сильная корреляция: увеличение TIA приводит к увеличению T1S и соответственно к увеличению шейного лордоза [141, 245].*

Lee отметил, что большинство исследователей приводит сопоставимые величины NT. Предположив постоянство показателя, автор представил результаты корригирующих вертебротомий в шейном отделе и отметил статистически значимое изменение TIA и T1S до и после операции с сохранением значения NT на дооперационном уровне [153].

цервикальный наклон (cervical tilt, CeT) — угол между перпендикуляром к середине верхней замыкательной пластинки Th1 и линией, соединяющей эту же точку с вершиной зуба С2 [70, 245];

краниальный наклон (cranial tilt, CrT) — угол между вертикалью, проведенной из середины верхней замыкательной пластинки Th1 и линией, соединяющей эту же точку с вершиной зуба C2 [70, 245];

*Предложена формула, объединяющая 2 предыдущих параметра и наклон Th1: TIS = cervical tilt + cranial tilt, причем соотношение между слагаемыми 70% и 30% соответственно [245].*

вертикальное шейное смещение (vertical cervical offset, cervical sagittal vertical alignment, cSVA) — расстояние между линиями отвеса, построенными из центра тела C2 и заднего краниального угла тела C7, также характеризует смещение головы [70, 240, 246, 275]. Patwardhan et al. в своем исследовании на биологических моделях установил, что при увеличении cSVA за счет гиперкифоза C2-C7 и гиперлордоза C0-C2 происходит увеличение размеров корешковых отверстий, что может являться компенсаторным механизмом при радикулопатиях [79];

краниальное смещение (cranial offset, CO) — расстояние между линией отвеса C7 и линией, проведенной через теоретический центр масс черепа [245];

подбородочно-надбровный вертикальный угол (chin-brow vertical angle, CBVA) между вертикалью и линией, проведенной через вершину подбородка и надбровную дугу, отражает угол взора [70, 81, 240, 275].

Несмотря на такое обилие различных шейных параметров на данный момент установлено, что лишь 3 из них влияет на качество жизни пациентов. Статистически доказано, что cSVA более 40 мм и Th1/C7 slope более 40° коррелируют с плохим качеством жизни, измеренным по шкалам [275, 277]. Также авторы выделяют SCA как параметр с постоянной величиной в популяции, определяющий общий шейный лордоз [277]. Наиболее часто используемые параметры сагиттального баланса шейного отдела представлены на рисунке 5.

Помимо локальных параметров предложено 2 способа оценки глобального сагиттального баланса позвоночника, включающие в том числе шейный отдел:

глобальное сагиттальное смещение (C7 sagittal vertical alignment, C7 SVA), оценивающее горизонтальное расстояние между линией отвеса из C7 позвонка и

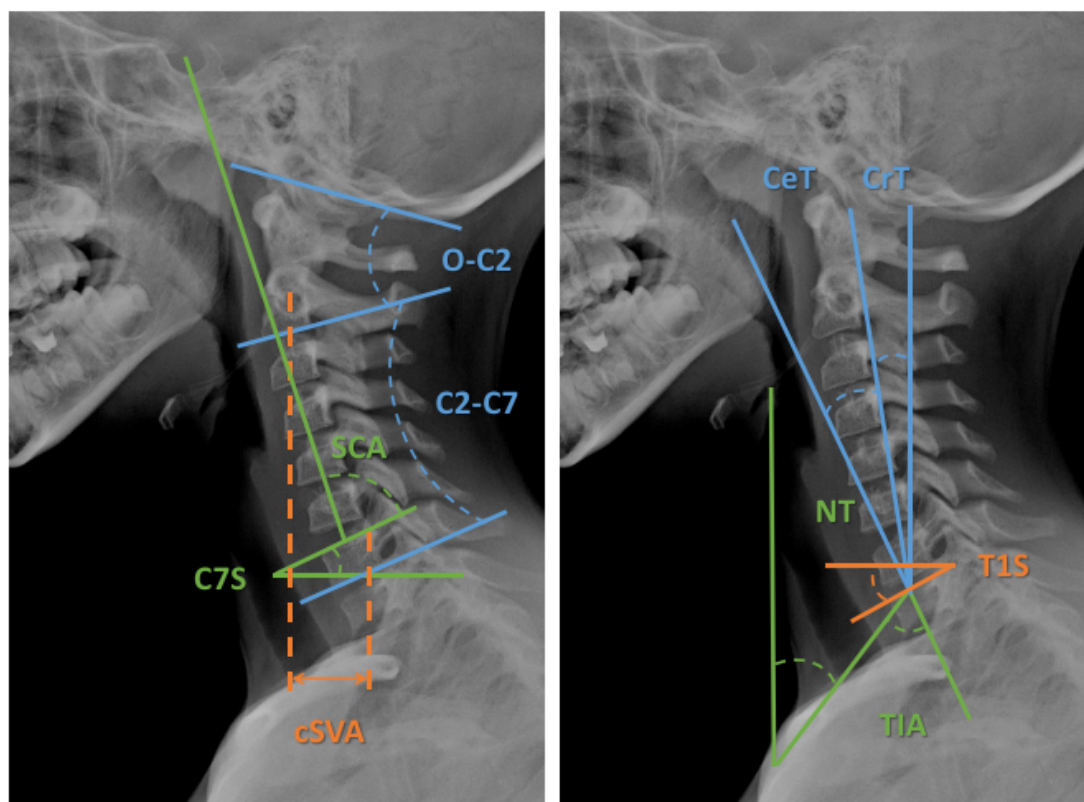


Рисунок 5 — Параметры сагиттального баланса шейного отдела позвоночника (подробное описание параметров представлено в тексте)

задним краем верхней замыкательной пластинки S1 [46, 47, 220]. Данное смещение с возрастом увеличивается, что отмечается у пожилых людей [47, 220];

угол OD-НА между вертикалью, проведенной через центр вращения тазобедренных суставов и линией, соединяющей эту же точку и вершину зубовидного отростка C2. Угол не зависит от возраста и является постоянным при отсутствии патологии [47, 220].

Представленные выше параметры измерены на бессимптомных добровольцах старше 19 лет, что ставит под сомнение возможность их применения по отношению к пациентам детского возраста (таблица 8).

Поиск публикаций, посвященных пациентам детского возраста, крайне затруднителен и предлагает единичные статьи с малыми выборками и разными методологиями.

Ряд исследований подтверждает постепенное увеличение у детей по мере роста параметров PI, PT, LL, TK [53, 80, 219, 242]. Mac-Thiong с соавт. пришли к выводу, что SS значимо не меняется с ростом детей [219], в то время как Lee



Таблица 8 — Величины параметров сагиттального баланса шейного отдела позвоночника у взрослых по данным литературы

| Параметр       | Средняя величина              |
|----------------|-------------------------------|
| C0             | $-9,3^\circ \pm 7,3^\circ$    |
| Угол Ос-C2     | $-15,81^\circ \pm 7,15^\circ$ |
| C1-C2          | $-26,7^\circ \pm 4,3^\circ$   |
| C2-C7          | $-9,9^\circ \pm 12,5^\circ$   |
| C7 slope       | $19,6^\circ \pm 8,8^\circ$    |
| SCA            | $83^\circ \pm 9^\circ$        |
| cSVA           | 4,7-21,3 мм                   |
| CIA Th1-Th5    | $74,9^\circ$ - $76,9^\circ$   |
| TIA            | $69,5^\circ \pm 8,6^\circ$    |
| Th1S           | $25,7^\circ \pm 6,4^\circ$    |
| NT             | $43,7^\circ \pm 6,1^\circ$    |
| Cervical tilt  | $18^\circ \pm 6,6^\circ$      |
| Cranial tilt   | $7,7^\circ \pm 5^\circ$       |
| Cranial offset | $20,9 \pm 11,7$ мм            |
| CBVA           | $-4,7^\circ$ - $17,7^\circ$   |
| C7 SVA         | $16,5 \pm 8,7$ мм             |
| OD-NA          | $-5^\circ$ - $2^\circ$        |

получил статистически значимое увеличение [53]. Глобальный сагиттальный баланс, оцененный как по SVA, так и по CEA, переходит из положительного (25,4 мм и 8,1 мм соответственно) в отрицательный ( $-8,6$  мм и  $-6,5$  мм соответственно) [80, 242].

Несмотря на то, что шейный лордоз начинает формироваться еще у плода, а после рождения при попытках держать голову и сидеть он лишь усиливается [62, 80, 130], не все дети имеют его: лордоз встречается у 40 - 71% детей, не имеющих жалоб, прямой профиль – у 16 - 23%, кифоз – у 5,8 - 44% [53, 62].

Веен не выявил значимых различий между общим шейным лордозом по возрастному и половому признаку. Автор указывает на возрастные анатомические

особенности (у детей более кифозированы тела позвонков, но более лордозированы диски) и половые особенности (у женского пола более выражен субокципитальный лордоз, а у мужского – субаксиальный) [62].

Abelin-Genevois отмечает сохранение величины глобального шейного лордоза C1-C7 по мере роста детей с более выраженным шейным лордозом у мальчиков и аналогичными половыми особенностями по распределению на субокципитальном и субаксиальном уровнях как и у Veep. Помимо этого указывается на значимое уменьшение субаксиального лордоза и наклона C7 позвонка после 10 лет, а также сильную корреляцию между наклоном C7 позвонка и величинами глобального шейного лордоза (C1-C7) и грудного кифоза (ТК) [80].

Kasai с соавт. оценил тропизм шейных позвонков у детей: суставная щель постепенно меняет плоскость из практически горизонтальной в более вертикальную и после 10 лет почти не меняется. Именно с горизонтальной ориентацией суставов связывают феномен псевдоподвывиха у детей младшего возраста. Также исследователи отметили постепенное уменьшение шейного лордоза на уровне C3-C7 до 9 лет с дальнейшим его увеличением [130]. По Lee, шейный лордоз увеличивается до 17 лет, а далее начинает уменьшаться [53].

Все упомянутые исследователи сталкиваются с общей этической проблемой — невозможностью рентгенологического обследования здоровых детей, а наличие жалоб ставит под сомнение возможность признания полученных параметров нормой. Все приведенные выше данные измерены на детях, проходивших обследования по поводу травм или подозрения на сколиоз, при этом исключались рентгенограммы с обнаруженной патологией. По всей видимости, данные ограничения, этнические особенности групп и малые выборки являются причиной полученных противоречивых данных.

## 1.6. Заключение

Анализ доступной литературы выявил явный дефицит публикаций, посвященных деструктивной патологии шейного отдела позвоночника у детей. Публикации даже от специализированных спинальных центров содержат в

основном описание единичных клинических случаев и малые серии. Недостаток материала затрудняет проведение исследований с высоким уровнем доказательности и разработку алгоритмов лечения такой патологии, часто заставляя хирургов перекладывать опыт лечения взрослых на детей.

Еще большие проблемы возникают на этапе диагностики и постановки диагноза при попадании пациентов к непрофильным специалистам, что удлиняет диагностическую паузу и задерживает начало лечения.

Также возникает необходимость одномоментной коррекции развившейся деформации шейного отдела позвоночника. Однако, на фоне большого числа публикаций, посвященных оценке сагиттального баланса у взрослых, вопросы шейного отдела обсуждаются крайне редко. Для детей же такие работы практически отсутствуют, а немногочисленные представленные опираются на рентгенограммы, выполненные по каким-либо жалобам, что ставит под сомнение показатели нормы.

Недостаток материала по деструкциям шейного отдела позвоночника у пациентов детского возраста диктует необходимость проведения комплексных исследований с целью обобщения имеющихся на данный момент времени знаний и выработку алгоритмов оказания помощи, улучшающих качество и продолжительность жизни.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование выполнено в двух клинических разделах.

Основной раздел по дизайну соответствует ретроспективно-проспективному моноцентровому когортному исследованию. Объектом исследования являются клинические, лучевые и лабораторные данные пациентов с деструктивной патологией позвоночника. Отбор пациентов проведен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к клинической когорте — сплошная выборка в рамках единства места и времени лечения в соответствии с критериями включения/исключения. Класс доказательности — III (Oxford CEBM, 2011).

Второй раздел посвящен анализу сагиттального профиля шейного отдела позвоночника у детей в норме. Объектом исследования явились рентгенограммы детей, не имеющих ортопедической патологии.

Материалом исследования являются данные пациентов с деструктивной патологией шейного отдела позвоночника, находившиеся на обследовании и лечении в клинике детской хирургии и ортопедии ФГБУ «СПб НИИФ» Минздрава России, а также рентгенограммы пациентов без ортопедической патологии, проходивших скрининговые рентгенологические исследования с захватом шейного отдела позвоночника в боковой проекции на базе СПб ГБУЗ ДГП №62.

**Включение** данных в исследование осуществлялось на основании следующих **критериев:**

***Группа “Патология”:***

- единое место проведения операций — клиника детской хирургии и ортопедии ФГБУ «СПб НИИФ» Минздрава России;
- период проведения операций — 2001-2021 г.г. с прослеженным катамнезом не менее 1 года после вмешательства;
- установленная этиология заболевания — спондилиты, включая специфические, опухоли позвонков;
- локализация — поражение шейных позвонков, включая Ос/С1 ÷ С7;

- возраст пациентов на момент хирургического лечения менее 18 лет.

***Группа “Норма”:***

- дети до 18 лет без ортопедической патологии, которым при профилактических осмотрах или по поводу состояний, не связанных с изменением вертикального положения тела, проводились рентгенологические исследования в боковой проекции (череп, грудная клетка) с захватом шеи.

**Критерии исключения:**

***Группа “Патология”:***

- выявление при комплексном обследовании ребенка любых врожденных пороков развития шейных позвонков или признаков их травматических повреждений;
- первичная нейрохирургическая патология — опухоли и врожденные пороки развития спинного мозга или основания черепа, в т.ч. любые варианты миелодисплазии.

***Группа “Норма”:***

- любая известная или выявленная при обследовании ортопедическая или неврологическая патология;
- обращение по поводу синдрома острой кривошеи.

Всего за 20-летний период с января 2001 г. по декабрь 2021 г. в Клинике детской хирургии и ортопедии ФГБУ “СПб НИИФ” Минздрава России пролечено 149 пациентов детского возраста с хирургической патологией шейного отдела позвоночника. Из них с учетом критериев включения/исключения для анализа отобраны данные 101 ребенка, в т.ч. в рамках ретроспективного набора материала – 70, проспективного (набран в период проведения исследования с непосредственным участием автора) – 31 случай (рисунок 6).

Динамика поступления в клинику пациентов детского возраста с деструктивной патологией шейного отдела позвоночника отражена на рисунке 7 и свидетельствует о нарастающем тренде.



Рисунок 6 — Схема отбора материала в исследование. Аббревиатуры: ШОП – шейный отдел позвоночника, ВПР – врожденные пороки развития, нейро – патология ЦНС, НФ I - нейрофиброматоз I типа, НБО – небактериальный спондилит (остеомиелит).

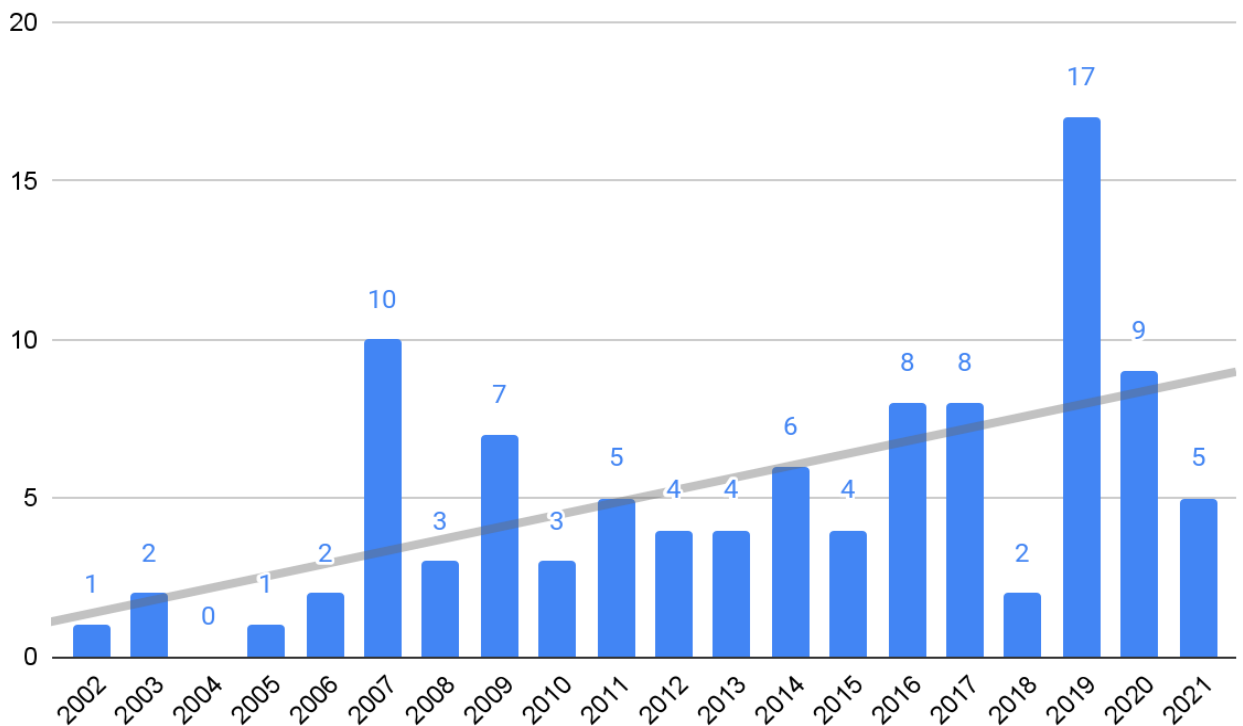


Рисунок 7 — Динамика поступления детей с деструктивными поражениями шейного отдела позвоночника в клинику детской хирургии и ортопедии

Анализ структуры деструктивной патологии является одной из задач данного исследования и более подробно разобрана в главе 3.

Для определения показателей сагиттального баланса шейного отдела позвоночника у детей в норме отобраны 73 рентгенограммы с захватом шеи в боковой проекции в положении стоя.

При выполнении работы использованы следующие методы исследования:

## 1. Клинический:

- a. сбор жалоб (боль в баллах по визуально-аналоговой шкале (ВАШ), гипертермия, нарушение функции, неврологические нарушения);
- b. анамнез, дебют заболевания (болевого синдром, деформация, неврологические нарушения);
- c. оценка ортопедического статуса до и после хирургического лечения (деформация, нарушение функции, ограничение амплитуды движений);
- d. оценка неврологического статуса до и после хирургического лечения.

## 2. Лучевые (для работы с лучевыми данными в формате DICOM использовалась лицензионная версия программы RadiAnt DICOM Viewer (версия 2021.2, Copyright © 2009-2022 Medixant)):

- a. Стандартные рентгенограммы шейного отдела позвоночника в двух проекциях (прямая, боковая) для первичной диагностики деструктивной патологии и контроля положения металлоконструкций.
- b. При оценке сагиттального баланса по рентгенограммам шейного отдела позвоночника в боковой проекции в положении стоя измерялись следующие параметры (группа “Норма” – однократно, группа “Патология” – до операции и через 3 месяца после хирургического лечения): измеренные в градусах углы  $Oc-C2$ ,  $C2-C7$ ,  $C7S$ ,  $Th1S$ ,  $TIA$ ,  $NT$ ,  $CeT$ ,  $CrT$ ,  $SCA$ , а также измеренное в мм расстояние  $cSVA$  (рисунок 5).

Показатели сагиттального баланса шейного отдела позвоночника у детей в норме определены по скрининговым рентгенограммам в боковой проекции в положении стоя с захватом данной локализации, выполненным пациентам без ортопедической патологии по другим причинам и полученным из лучевого архива (PACS-сервера). Ранжирование по группам выполнено в соответствии с возрастными периодами по Н.П. Гундобину — дошкольный возраст (3 - 6 лет), младший школьный возраст (7 - 12 лет), подростки (13 - 17 лет).

с. Компьютерная томография:

- i. оценка деструктивного поражения костной ткани (линейные размеры – мм, степень стеноза позвоночного канала – проценты;
- ii. предоперационное планирование (линейные размеры тел позвонков, линейные размеры боковых масс позвонков, диаметр дуг позвонков – мм);
- iii. формирование спондилодеза в послеоперационном периоде.

d. Магнитно-резонансная томография для оценки воспалительных изменений в области деструктивного процесса и окружающих мягких тканей, а также состояния спинного мозга и его корешков.

3. Радиоизотопный: остеосцинтиграфия для оценки активности метаболизма в области деструктивного процесса и диагностики сопутствующих отдаленных поражений костей (критерий исключения: возраст пациента до 5 лет).

4. Морфологические, молекулярно-генетические и микробиологические исследования являются критериями формирования нозологических групп:

- a. цитологическое, гистологическое и иммуногистохимическое исследования (верификация диагноза);
- b. бактериологические исследования, ПЦР (подтверждение инфекционной патологии).

5. Статистический анализ:

Материал исследования подвергнут статистической обработке с использованием методов параметрического и непараметрического анализа:

- a. Накопление, корректировка и систематизация исходной информации осуществлялась в электронных таблицах LibreOffice.Calc (версия 3.7.2, MPL v.2).
- b. Статистический анализ и визуализация полученных результатов проводились с использованием языка программирования R (версия 3.5.1, GNU GPL v.2) в программной среде разработки RStudio Desktop (версия 2022.02, GNU AGPL v.3).



- c. Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению, для этого использовался критерий Шапиро-Уилка и критерий Лиллиефорса (критерий Колмогорова-Смирнова с поправкой Лиллиефорса).
- d. В случае описания количественных показателей, имеющих нормальное распределение, проводился расчет средних арифметических величин и стандартных отклонений ( $M \pm SD$ ), границ 95% доверительного интервала (95% ДИ).
- e. Количественные показатели, распределение которых отличалось от нормального, описывались при помощи значений медианы и нижнего и верхнего квартилей ( $Me (Q1 - Q3)$ ).
- f. Номинальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей.
- g. Критический уровень значимости установлен как  $p < 0,05$ .
- h. При сравнении средних величин в нормально распределенных совокупностях количественных данных рассчитывался t-критерий Стьюдента.
- i. При сравнении более 2 выборок количественных данных, имеющих нормальное распределение, использовался многофакторный дисперсионный анализ (MANOVA). В случае обнаружения статистически значимых различий между группами, дополнительно проводилось сравнение совокупностей попарно при помощи апостериорного критерия Тьюки.
- j. При сравнении более 2 выборок количественных данных, имеющих распределение, отличное от нормального, использовался критерий Краскела-Уоллиса. В случае обнаружения статистически значимых различий между группами, дополнительно проводилось попарное сравнение совокупностей при помощи апостериорного критерия Данна.

- k. При числе ожидаемых наблюдений в любой из ячеек многопольной таблицы менее 5 для оценки уровня значимости различий использовался точный критерий Фишера.
- l. Для проверки различий непараметрических показателей между двумя сравниваемыми парными выборками применялся W-критерий Вилкоксона.
- m. В качестве показателя связи между количественными данными, имеющими нормальное распределение, использовался коэффициент корреляции Пирсона.
- n. С целью изучения связи между количественными данными, распределение которых отличалось от нормального и при упорядочивании имелись повторяющиеся ранги, использовался непараметрический коэффициент корреляции Кендалла.
- o. Качественная оценка коэффициентов корреляции осуществлялась по шкале Чеддока.
- p. Построение прогностической модели риска определенного исхода выполнялось при помощи метода бинарной логистической регрессии. Выбор метода обусловлен тем, что зависимая переменная является дихотомической, а независимые переменные характеризуются как категориальные, так и количественные признаки. Статистическая значимость полученной модели определялась с помощью критерия  $\chi^2$ .
- q. Оценка функции выживаемости пациентов проводилась по методу Каплана-Майера. График оценки функции выживаемости представляет из себя убывающую ступенчатую линию, значения функции выживаемости между точками наблюдений считаются константными. Метод Каплана-Майера позволяет выполнять анализ цензурированных данных, т.е. оценивать выживаемость с учетом того, что пациенты могут выбывать в ходе эксперимента или иметь разные сроки наблюдения.

### ГЛАВА 3. СТРУКТУРА И КЛИНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ДЕСТРУКТИВНОЙ ПАТОЛОГИИ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА У ПАЦИЕНТОВ ДЕТСКОГО ВОЗРАСТА

В соответствии с критериями включения/исключения в когорту включен 101 пациент со спондилитами и опухолями шейного отдела позвоночника. Медиана возраста на момент лечения в клинике составила 7 лет (min 11 мес., max 17 лет). Распределение пациентов по полу представлено следующим образом: 60 (59,4%) мальчиков, 41 (40,6%) девочка.

В момент поступления в клинику дети и/или их родители активно предъявляли жалобы, частота которых представлена в таблице 9.

Наиболее частыми жалобами являлись цервикалгия, деформация шеи и проявления неврологических расстройств в виде радикуло- и миелопатий различной степени выраженности:

*болевого* синдром, как самая частая проблема, при оценке по визуально-аналоговой шкале характеризовался на 5 (3,5 - 7) баллов из 10 возможных;

*неврологические* нарушения, соответствующие типу В (плегия) по шкале Frankel [250] отмечены у одного пациента, уровня С (глубокий парез) – у 2 и уровня D (легкий парез) – у 12. У всех остальных пациентов появления заключались в виде корешкового болевого синдрома и парестезий;

в связи с длительным течением заболевания (см. ниже) на момент госпитализации у пациентов не отмечено *гипертермии*, в то же время в анамнезе большинство родителей отмечало эпизоды подъема температуры тела, в т.ч. до фебрильной, что часто являлось причиной назначения эмпирической антибактериальной терапии по месту жительства.

Медиана продолжительности *диагностической паузы* в когорте составила 3 (2 - 8) месяца. Столь длительный период от момента появления первичной симптоматики до постановки диагноза полностью соответствует литературным

данным и, по нашему мнению, объясняется неспецифическими жалобами пациентов и отсутствием настороженности врачей первичного звена.

Таблица 9 — Клинические проявления деструктивной патологии шейного отдела позвоночника у детей

| Клинические симптомы              | Абсолютное количество, n | Относительное количество, % |
|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| <b>Общие:</b>                     |                          |                             |
| цервикалгия                       | 75                       | 74,3                        |
| краниалгия                        | 4                        | 4,0                         |
| дорсалгия                         | 2                        | 2,0                         |
| <b>Ортопедические:</b>            |                          |                             |
| тугоподвижность                   | 25                       | 24,8                        |
| кривошея                          | 13                       | 12,9                        |
| кифоз                             | 13                       | 12,9                        |
| <b>Неврологические:</b>           |                          |                             |
| радикулопатия                     | 21                       | 20,8                        |
| миелопатия                        | 14                       | 13,9                        |
| синдром Горнера                   | 3                        | 3,0                         |
| нарушение функции тазовых органов | 1                        | 1,0                         |
| головокружение                    | 1                        | 1,0                         |
| <b>Местные изменения:</b>         |                          |                             |
| дисфагия                          | 3                        | 3,0                         |
| объемное образование              | 2                        | 2,0                         |
| отек                              | 1                        | 1,0                         |
| свищ                              | 1                        | 1,0                         |

В большинстве случаев дети наблюдались по месту жительства с диагнозами “шейный миозит”, “ротационный подвывих C1/C2” и получали длительное

консервативное лечение, в т.ч. физиотерапевтическое при неисключенном диагнозе новообразования. Нельзя не отметить, что Губин А.В. указывает на то, что при классическом синдроме острой кривошеи боли в шее и вынужденное положение головы разрешаются в сроки до 10 дней [8].

После комплексного лучевого обследования (рисунок 8) для установления диагноза пациентам выполнялась биопсия как отдельный этап хирургического лечения, так и в ходе лечебно-диагностической операции. Полученный материал вне зависимости от предполагаемого диагноза отправлялся на цитологическое, гистологическое, молекулярно-генетическое и бактериологическое исследования.

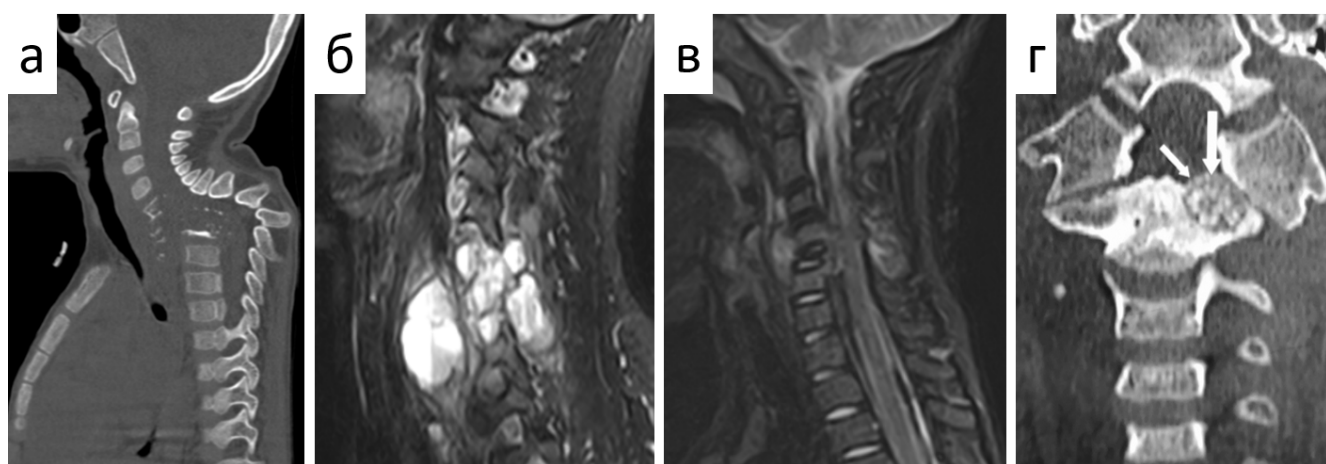


Рисунок 8 — Лучевые изменения при деструктивных процессах шейного отдела позвоночника (а – сагиттальный срез КТ пациента с туберкулезным спондилитом C5-Th4 позвонков, б – сагиттальный срез МРТ пациентки с АКК C5-C6 позвонков, в – сагиттальный срез МРТ пациента с гистиоцитозом из клеток Лангерганса C5 позвонка, г – фронтальный срез КТ пациента с остеобластомой C2 позвонка)

При получении из лаборатории ФГБУ “СПб НИИФ” Минздрава России заключения о доброкачественной или злокачественной опухоли материал (парафиновые блоки и стекла) отправлялся на пересмотр в один из референсных центров по костной онкологии (ФГБУ “НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева” Минздрава России, ФГБУ “НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова” Минздрава России, ФГБУ “НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина” Минздрава России).

Гистологическая структура деструктивной патологии представлена в таблице 10, в т.ч. с возрастным ранжированием на рисунке 9. Отмечается преобладание пациентов дошкольного, младшего и старшего школьного возраста.

Таблица 10 — Структура деструктивной патологии шейного отдела позвоночника у детей

| Патология   | Абсолютное количество, n | Относительное количество, % |
|---|--------------------------|-----------------------------|
| Туберкулезный спондилит                                       | 27                       | 26,7                        |
| Неспецифический спондилит                                     | 30                       | 29,7                        |
| Микотический спондилит  | 3                        | 3,0                         |
| Небактериальный спондилит                                     | 4                        | 4,0                         |
| Доброкачественные новообразования и опухолеподобные состояния | 19                       | 18,8                        |
| Новообразования злокачественные и неопределенного характера   | 18                       | 17,8                        |

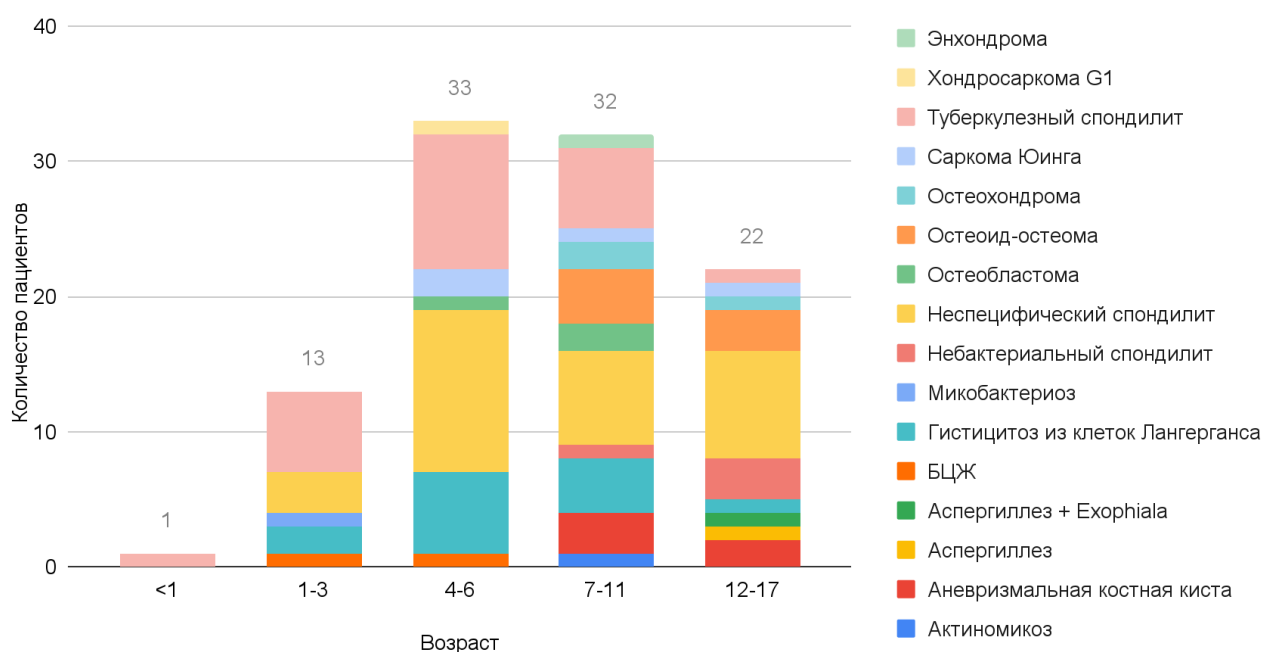


Рисунок 9 — Распределение верифицированных диагнозов по возрастам

Инфекционный возбудитель верифицирован в 19 (31,7%) из 60 случаев, расцененных как инфекционные (таблица 11). Относительно низкий процент бактериологического подтверждения при характерной морфологической картине

хронического неспецифического воспаления мы связываем с назначаемой по месту жительства длительной эмпирической антибактериальной терапией.

Таблица 11 — Верифицированные инфекционные возбудители

| Возбудитель   | Абсолютное количество, n | Относительное количество, % |
|---|--------------------------|-----------------------------|
| Mycobacterium tuberculosis complex,<br>в т.ч. Mycobacterium bovis BCG | 10<br>1                  | 16,7<br>1,7                 |
| Mycobacterium chelonae / abscessus / immunogenum complex              | 1                        | 1,7                         |
| Actinomyces   | 1                        | 1,7                         |
| Aspergillus fumigatus   | 1                        | 1,7                         |
| Aspergillus spp. + Exophiala dermatitidis                             | 1                        | 1,7                         |
| Staphylococcus aureus   | 2                        | 3,3                         |
| Staphylococcus aureus + Enterococcus spp.                             | 1                        | 1,7                         |
| Streptococcus spp.  | 2                        | 3,3                         |

Среди 27 пациентов с туберкулезным поражением возбудитель подтвержден молекулярно-генетическим способом (ПЦР) и/или культурально (ВАСТЕС, посев на среду Финн-П) в 10 (37,0%) случаях, в остальных — диагноз установлен гистологически (ретроспективный материал).

Пациенты с подтвержденной атипичной флорой обследованы на первичные иммунодефициты. У детей с микотическими поражениями впоследствии выявлены генетические аномалии, характерные для хронической гранулематозной болезни, — пациенты направлены к иммунологу на специализированное лечение. Ребенок с микобактериозом также обследован на первичный иммунодефицит, но диагноз не доказан.

С учетом детского возраста новообразования представлены первичными опухолями, метастатические поражения в изучаемой когорте отсутствовали.

После установления характера деструктивного процесса пациенты в обязательном порядке получали медикаментозную терапию в соответствии с принятыми на момент лечения протоколами, включающую: для инфекционных процессов — антибактериальную, в т.ч. специфическую, или антимикотическую терапию, для злокачественных опухолей — нео- и адъювантную полихимиотерапию.

Медиана количества пораженных позвонков в когорте составила 1 (1 - 3). При этом оценка нозологических групп по распространенности поражения при помощи критерия Краскела-Уоллиса показала наличие статистически значимых межгрупповых различий ( $\chi^2 = 39,9427$ ,  $p = 4,4e-08$ ) (рисунок 10).

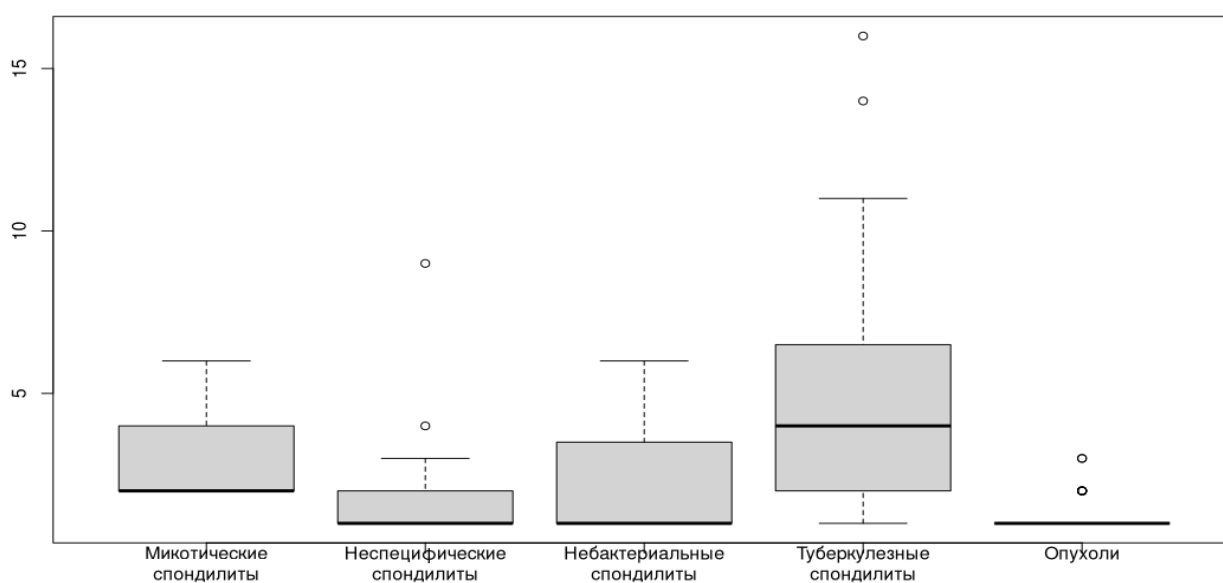


Рисунок 10 — Количество пораженных позвонков в зависимости от нозологии (критерий Краскела-Уоллиса,  $p = 4,4e-08$ )

Для оценки межгрупповых различий выполнено попарное сравнение групп с использованием апостериорного критерия Данна с поправкой критического уровня значимости на множественные сравнения методом Холмса (таблица 12).

При туберкулезном спондилите поражалось статистически значимо больше позвонков (4 (2 - 6,5)) в сравнении с неспецифическим спондилитом (1 (1 - 1,75)) и опухолями (1 (1 - 1)) ( $p < 0,05$ ). В то же время количество пораженных позвонков не коррелирует с длительностью диагностической паузы (коэффициент корреляции Кендалла:  $\tau = 0,0935$ ,  $p = 0,2982$ ).



Таблица 12 — Значимость различий по количеству пораженных позвонков между нозологическими группами (критерий Данна с поправкой Холмса,  $p < 0,025$ )

| Нозологические группы      | Спондилиты                |                           |                                  | Опухоли                         |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
|                            | небактериальные           | микотические              | неспецифические                  |                                 |
| Туберкулезные спондилиты   | Z = -2,2723<br>p = 0,0923 | Z = -0,1255<br>p = 0,4501 | Z = -5,0266<br><b>p = 0,0000</b> | Z = 5,6621<br><b>p = 0,0000</b> |
| Опухоли                    | Z = 0,4098<br>p = 1,0000  | Z = 2,2602<br>p = 0,0833  | Z = 0,4058<br>p = 1,0000         | —                               |
| Неспецифические спондилиты | Z = -0,2179<br>p = 0,8275 | Z = 2,0760<br>p = 0,1137  | —                                | —                               |
| Микотические спондилиты    | Z = 1,4940<br>p = 0,3379  | —                         | —                                | —                               |

Частота поражения различных уровней шейного отдела позвоночника в зависимости от нозологии представлена в таблице 13.

Таблица 13 — Сопряженность нозологических групп и пораженных уровней шейного отдела позвоночника (точный критерий Фишера,  $p = 0,0096$ )

| Уровень                        | Спондилиты      |                   |                 |                   | Опухоли           | Всего             |
|--------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                                | микотические    | неспецифические   | небактериальные | туберкулезные     |                   |                   |
| Субокципитальный (C0-C2)       | n = 1<br>(1,0%) | n = 10<br>(9,9%)  | n = 1<br>(1,0%) | n = 3<br>(3,0%)   | n = 7<br>(6,9%)   | n = 22<br>(21,8%) |
| Субаксиальный (C3-C6)          | n = 1<br>(1,0%) | n = 20<br>(19,8%) | n = 2<br>(2,0%) | n = 18<br>(17,8%) | n = 29<br>(28,7%) | n = 70<br>(69,3%) |
| Шейно-грудной переход (C7-Th1) | n = 2<br>(2,0%) | n = 7<br>(6,9%)   | n = 2<br>(2,0%) | n = 16<br>(15,8%) | n = 4<br>(4,0%)   | n = 31<br>(30,7%) |

Так как в ряде случаев процесс являлся распространенным, суммарное количество вовлеченных уровней превышает количество пациентов в когорте. В связи с частотой менее 5 в 8 (53,3%) полях таблицы для установления

статистически значимых различий между признаками использован точный критерий Фишера ( $p = 0,0096$ ). В то же время сила взаимосвязи между номинальными показателями оценена как слабая (критерий Крамера  $V = 0,2663$ ).

В 20 (19,8%) случаях пациентам помимо стандартных лучевых методов исследования выполнена трехфазная остеосцинтиграфия с использованием радиофармпрепарата, содержащего  $Tc^{99}$ . Принимая во внимание небольшое количество данного исследования, статистически значимых различий гиперфиксации радиофармпрепарата в пораженных позвонках в зависимости от установленной патологии не выявлено (критерий Краскела-Уоллиса:  $\chi^2 = 7,1977$ ,  $p = 0,0659$ ) (рисунок 11).

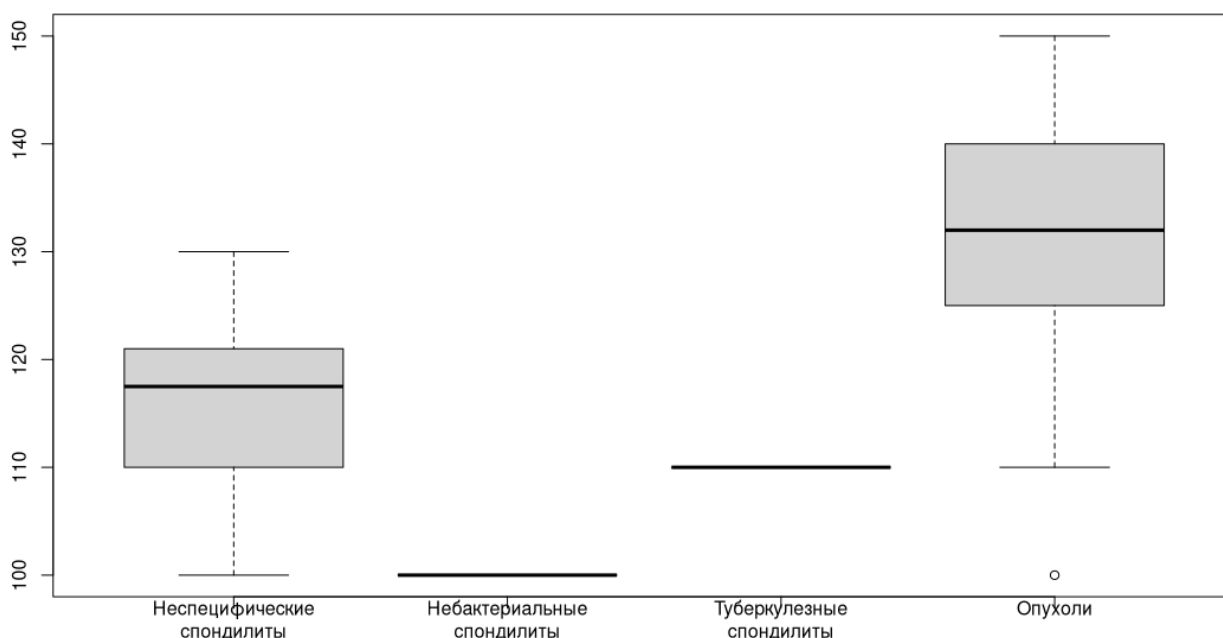


Рисунок 11 — Процент фиксации радиофармпрепарата ( $Tc^{99}$ ) в патологическом очаге (критерий Краскела-Уоллиса,  $p = 0,0659$ )

Таким образом, анализ структуры деструктивных поражений шейного отдела позвоночника среди пациентов детского возраста в рамках моноцентровой когорты позволяет сделать следующие заключения:

1. Частота неспецифических и специфических инфекционных, а также опухолевых процессов при деструктивных поражениях шейных позвонков у детей колеблется от 27% до 37% при некотором преобладании опухолей, во всех случаях носящих первичный характер. При этом доброкачественные

опухоли и опухоли злокачественного и неопределенного характера встречаются с одинаковой частотой (около 18%), а на долю микотических и небактериальных спондилитов суммарно приходится менее 10% случаев.

2. Установлено, что туберкулезный процесс поражал статистически значимо большее число позвонков ( $Me = 4$ ) в сравнении с неспецифическими ( $Me = 1$ ) и опухолевыми ( $Me = 1$ ), что может являться одним из лучевых критериев их дифференцирования.
3. Распространенность деструктивного процесса не коррелирует с длительностью диагностической паузы.
4. Несмотря на то, что при субокципитальных поражениях деструктивный процесс чаще имеет неспецифическую, при субаксиальных — опухолевую, а при шейно-грудных — туберкулезную этиологию, отмечена слабая взаимосвязь между уровнями поражения шейного отдела позвоночника и этиологией процесса.

## ГЛАВА 4. ОЦЕНКА САГИТТАЛЬНОГО БАЛАНСА ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА У ДЕТЕЙ В НОРМЕ

Для определения нормальных параметров сагиттального баланса шейного отдела позвоночника у детей из лучевого архива (PACS-сервера) СПб ГБУЗ ДГП №62 отобраны рентгенограммы в формате DICOM, выполненные с захватом шейного отдела позвоночника по показаниям, не связанным с травматолого-ортопедической патологией, и оцененные врачами-рентгенологами как вариант нормы.

В конечном итоге сформирована выборка, состоящая из 73 рентгенограмм: 44 девочки, 29 мальчиков возрастом от 4 до 17 лет (рисунок 12).

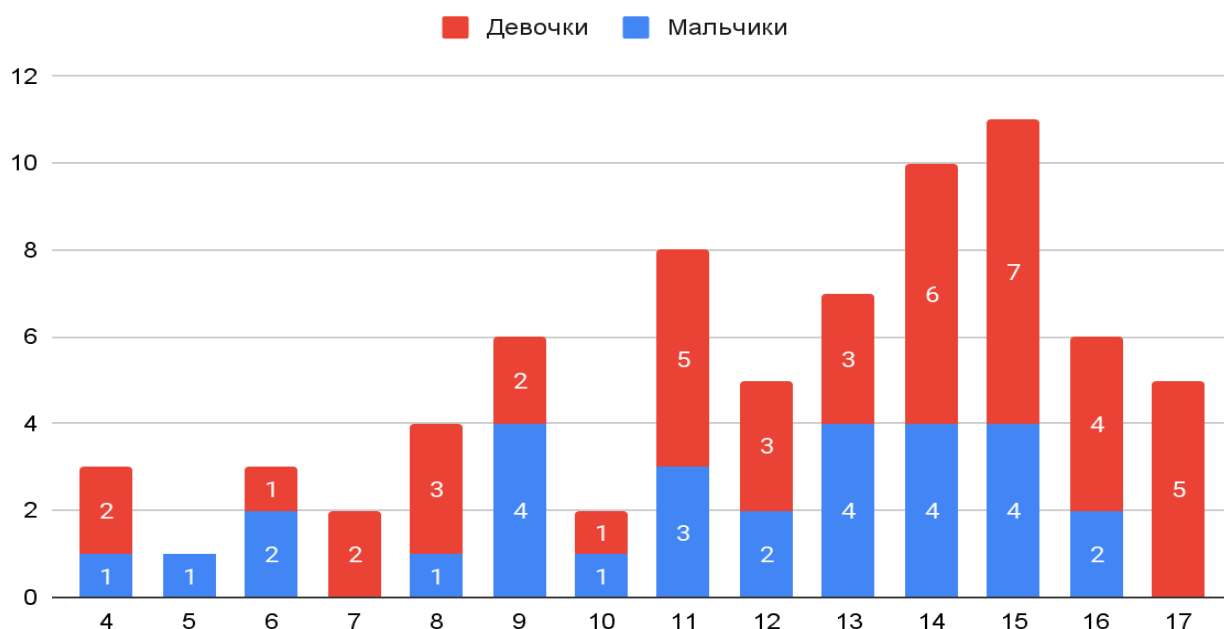


Рисунок 12 — Распределение детей по полу и возрасту

Перед дальнейшей работой с лучевыми данными выполнено обезличивание информации о пациентах с сохранением пола и возраста.

На рентгенограммах оценивались 10 наиболее распространенных показателей сагиттального баланса шейного отдела позвоночника, представленные в публикациях, посвященных взрослым пациентам, в число которых вошли: измеренные в градусах углы  $Oc-C2$ ,  $C2-C7$ ,  $C7S$ ,  $Th1S$ ,  $TIA$ ,  $NT$ ,  $CeT$ ,  $CrT$ ,  $SCA$ , а также измеренное в мм расстояние  $sSVA$  (рисунок 5). В литературе представлены различные способы измерения нескольких углов. В

данной работе угол Ос-С2 измерялся между линией McRae и нижней замыкательной пластинкой С2 позвонка, а угол С2-С7 измерялся по методу Cobb, как наиболее распространенному в вертебрологии.

Для исключения потенциально возможных погрешностей измерения, вносимых различными программами для работы с DICOM-файлами, все измерения параметров выполнялись в лицензионной версии программы RadiAnt DICOM Viewer (версия 2021.2, Copyright © 2009-2022 Medixant).

Оценка согласованности между специалистами по измерению перечисленных выше параметров с учетом их количественного типа выполнялась путем расчета среднего коэффициента вариации  $V$  по каждому из параметров для случайно отобранных из общей выборки 15 рентгенограмм (таблица 14). Измерения осуществлялись независимо 3 специалистами, работающими с пациентами детского возраста: травматологом-ортопедом со стажем до 5 лет, травматологом-ортопедом со стажем от 15 лет, рентгенологом со стажем от 5 лет.

Таблица 14 — Коэффициенты вариации величин при измерении параметров 3 специалистами

| Параметр | Ос-С2 | С2-С7 | cSVA  | С7S   | Th1S  | TIA   | NT    | CeT   | CrT   | SCA   |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $V$      | 0,237 | 0,349 | 0,166 | 0,103 | 0,123 | 0,117 | 0,127 | 0,311 | 0,334 | 0,053 |

Примечание — менее 0,2 – хорошая согласованность, от 0,2 до 0,3 – удовлетворительная, более 0,3 – неудовлетворительная.

У большей части параметров отмечена хорошая и удовлетворительная согласованность специалистов. Неудовлетворительная согласованность по 3 параметрам, возможно, связана с отсутствием оссификации у детей младшего возраста зон роста (замыкательные пластинки и вершина зубовидного отростка), что вызывает трудности при определении ориентиров для измерения углов.

Перед статистической обработкой полученных данных выполнялась оценка характера распределения измеренных величин с использованием графического метода путем построения гистограмм и кривых плотностей распределения, квантильных графиков для визуального сравнения фактического распределения с

нормальным, а также вычислялись критерии проверки на нормальность Шапиро-Уилка и Лиллиефорса. Полученные результаты представлены на рисунках 13-16. При имеющихся незначительных отклонениях форм графических характеристик распределения вычисленные критерии проверки не позволяют отклонить нулевую гипотезу о том, что распределения соответствуют нормальному ( $p > 0,05$ ). Лишь параметр ТГА имеет более выраженные графические отклонения от нормального распределения и согласно критерию Лиллиефорса имеются основания для отклонения нулевой гипотезы ( $p = 0,03$ ), в то время как по критерию Шапиро-Уилка таких оснований нет ( $p = 0,17$ ).

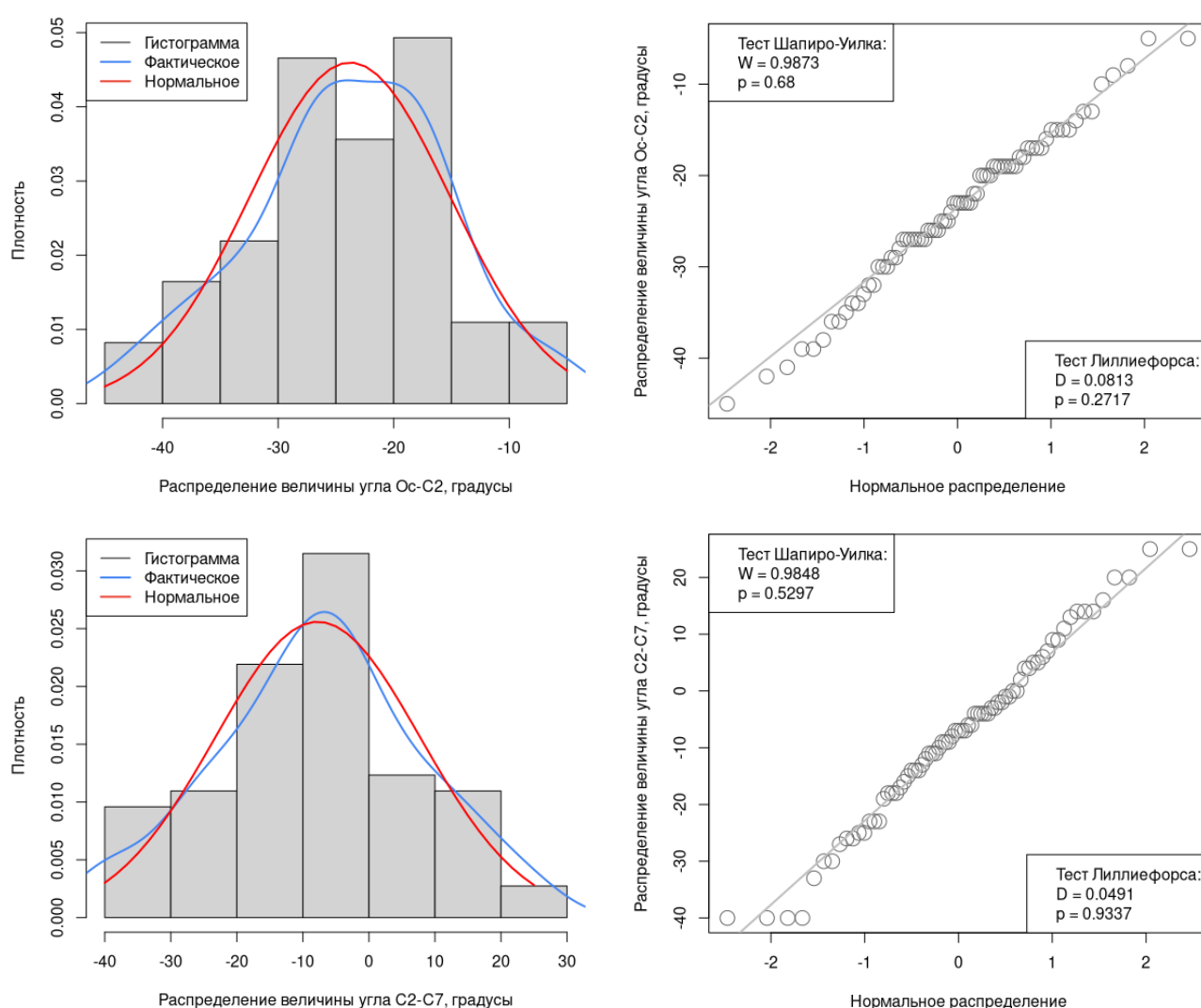


Рисунок 13 — Характеристика распределений величин параметров Ос-С2 и С2-С7 у детей: слева гистограммы и кривые плотностей фактического и нормального распределений величин; справа квантильные графики данных величин с критериями проверки на нормальность

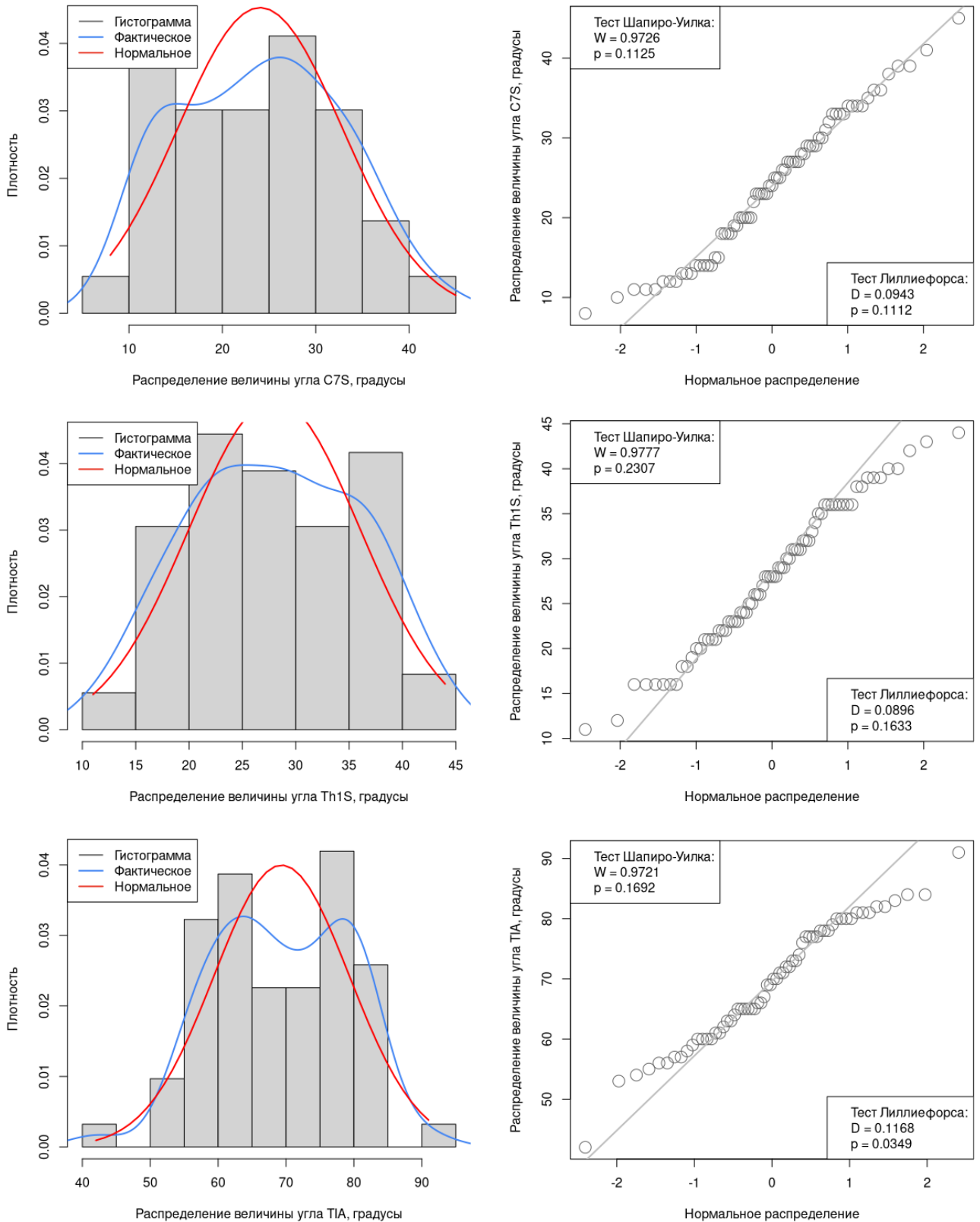


Рисунок 14 — Характеристика распределений величин параметров C7S, Th1S и T1A у детей: слева гистограммы и кривые плотностей фактического и нормального распределений величин; справа квантильные графики данных величин с критериями проверки на нормальность

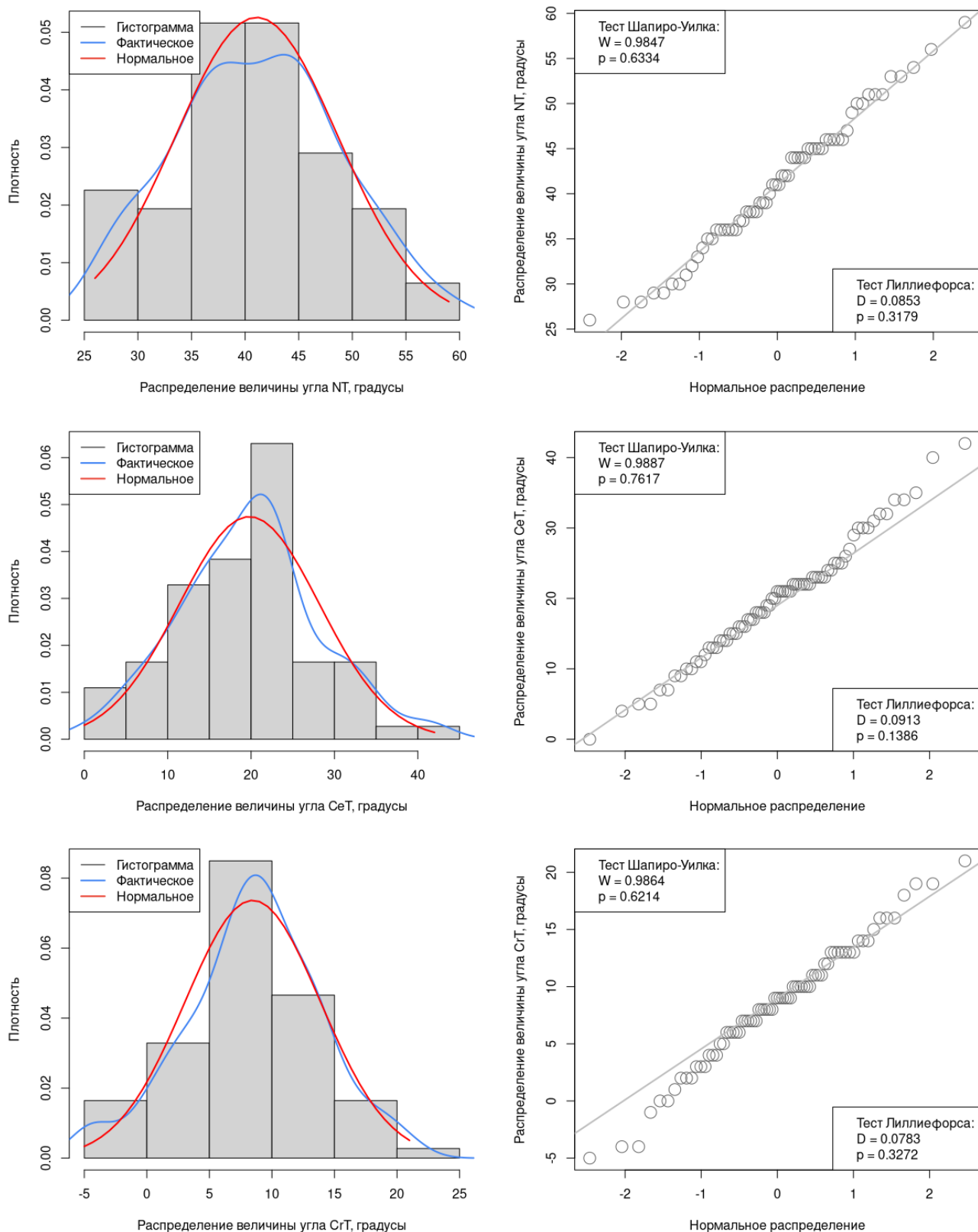


Рисунок 15 — Характеристика распределений величин параметров NT, CeT и CrT у детей: слева гистограммы и кривые плотностей фактического и нормального распределений величин; справа квантильные графики данных величин с критериями проверки на нормальность



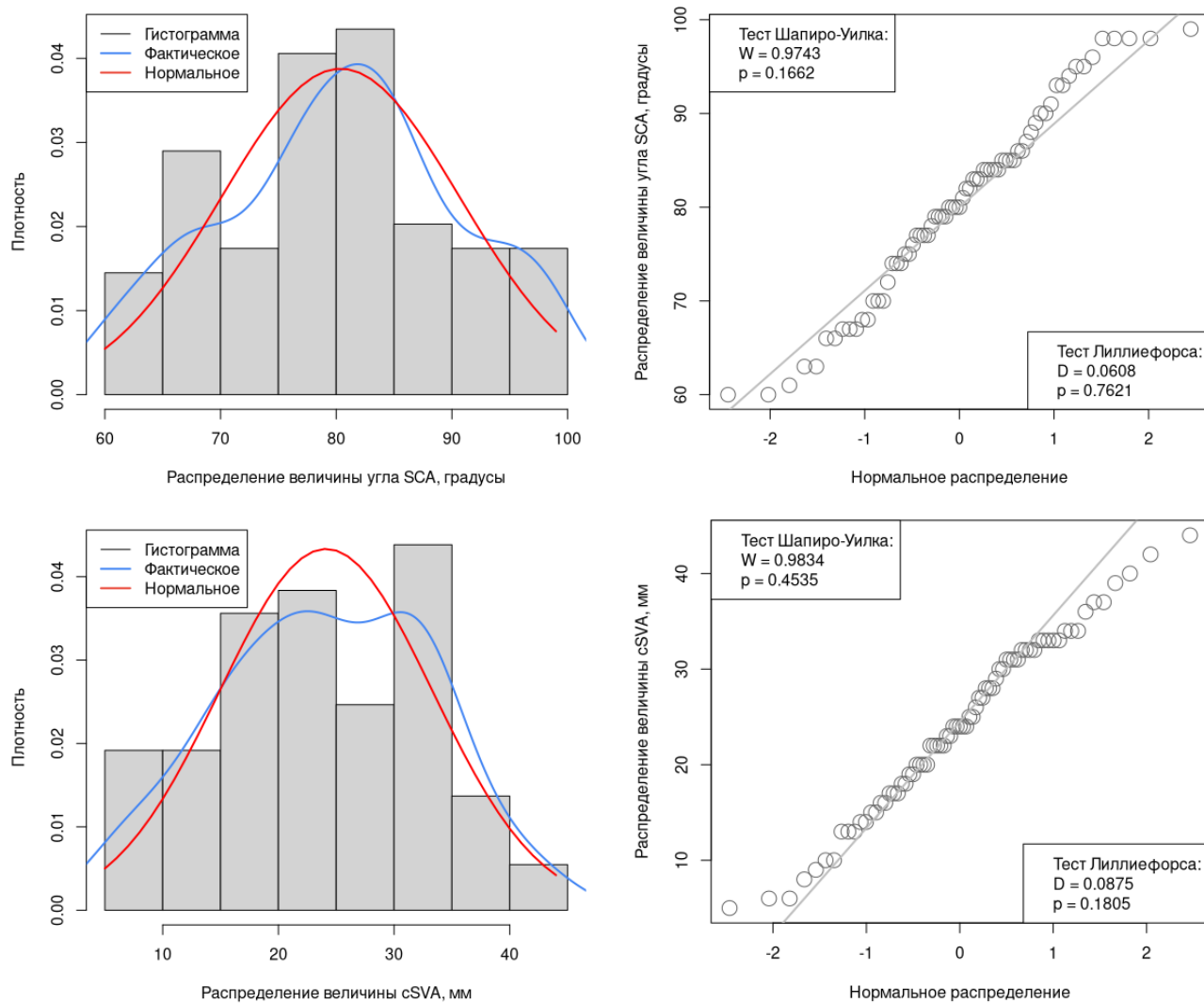


Рисунок 16 — Характеристика распределений величин параметров SCA и cSVA у детей: слева гистограммы и кривые плотностей фактического и нормального распределений величин; справа квантильные графики данных величин с критериями проверки на нормальность

В соответствии с распределениями близкими к нормальному величины параметров сагиттального баланса у пациентов детского возраста представлены в виде средних значений с указанием доверительных интервалов (таблица 15).

Оценка линейной зависимости параметров сагиттального баланса от возраста детей выполнена путем расчета коэффициента корреляции Кендалла в связи с тем, что возраст детей в когорте не подчиняется нормальному распределению (критерий Шапиро-Уилка:  $W = 0,9336$ ,  $p = 0,0008$ ) и при упорядочивании имеет повторяющиеся ранги.

Таблица 15 — Величины параметров сагиттального баланса шейного отдела позвоночника у детей

| Параметр | Средняя величина            | 95% доверительный интервал   | 99% доверительный интервал   |
|----------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Ос-С2    | $-23,8^\circ \pm 8,7^\circ$ | $(-25,8^\circ; -21,8^\circ)$ | $(-26,5^\circ; -21,1^\circ)$ |
| С2-С7    | $-7,8^\circ \pm 15,6^\circ$ | $(-11,4^\circ; -4,1^\circ)$  | $(-12,6^\circ; -2,9^\circ)$  |
| С7S      | $24,0^\circ \pm 8,8^\circ$  | $(22,0^\circ; 26,1^\circ)$   | $(21,3^\circ; 26,8^\circ)$   |
| Th1S     | $28,0^\circ \pm 8,0^\circ$  | $(26,1^\circ; 29,9^\circ)$   | $(25,5^\circ; 30,5^\circ)$   |
| TIA      | $69,4^\circ \pm 10,0^\circ$ | $(66,8^\circ; 71,9^\circ)$   | $(66,0^\circ; 72,7^\circ)$   |
| NT       | $41,1^\circ \pm 7,6^\circ$  | $(39,2^\circ; 43,0^\circ)$   | $(38,5^\circ; 43,6^\circ)$   |
| CeT      | $19,8^\circ \pm 8,4^\circ$  | $(17,8^\circ; 21,8^\circ)$   | $(17,2^\circ; 22,4^\circ)$   |
| CrT      | $8,5^\circ \pm 8,4^\circ$   | $(7,2^\circ; 9,7^\circ)$     | $(6,8^\circ; 10,1^\circ)$    |
| SCA      | $80,4^\circ \pm 10,3^\circ$ | $(77,9^\circ; 82,9^\circ)$   | $(77,1^\circ; 83,7^\circ)$   |
| cSVA     | $24,1 \pm 9,2$ мм           | $(22,0; 26,3)$               | $(21,3; 27,0)$               |

Статистически значимая корреляция получена лишь для угла Ос-С2 и расстояния cSVA — слабая отрицательная ( $p = 0,0459$ ) и умеренная положительная ( $p = 1e-04$ ) соответственно (рисунки 17 - 19).

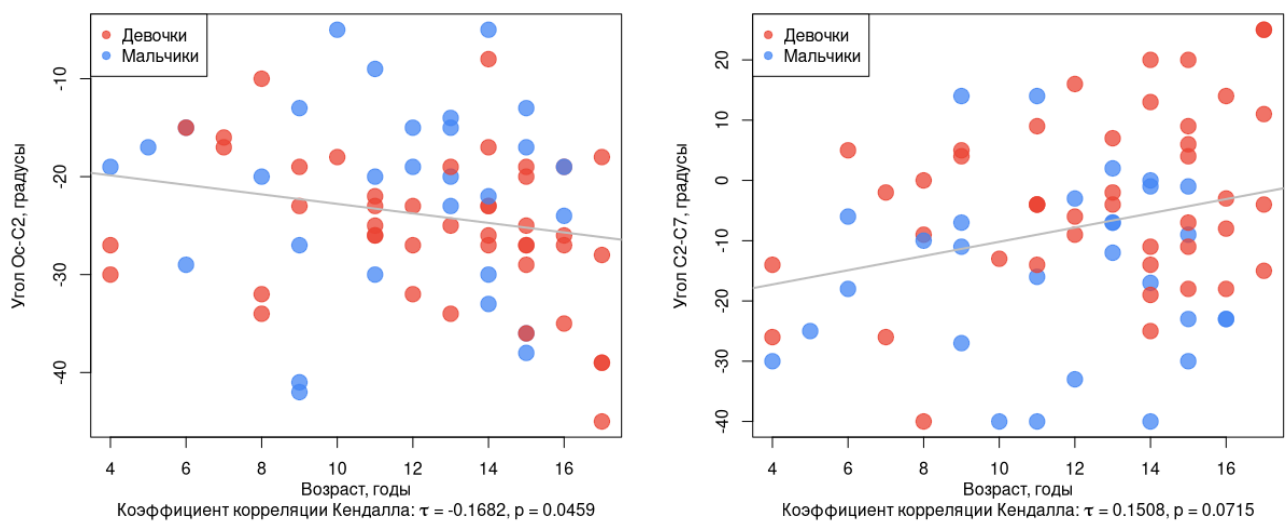


Рисунок 17 — Диаграммы рассеивания величин параметров Ос-С2 и С2-С7 в зависимости от возраста с коэффициентами корреляции Кендалла

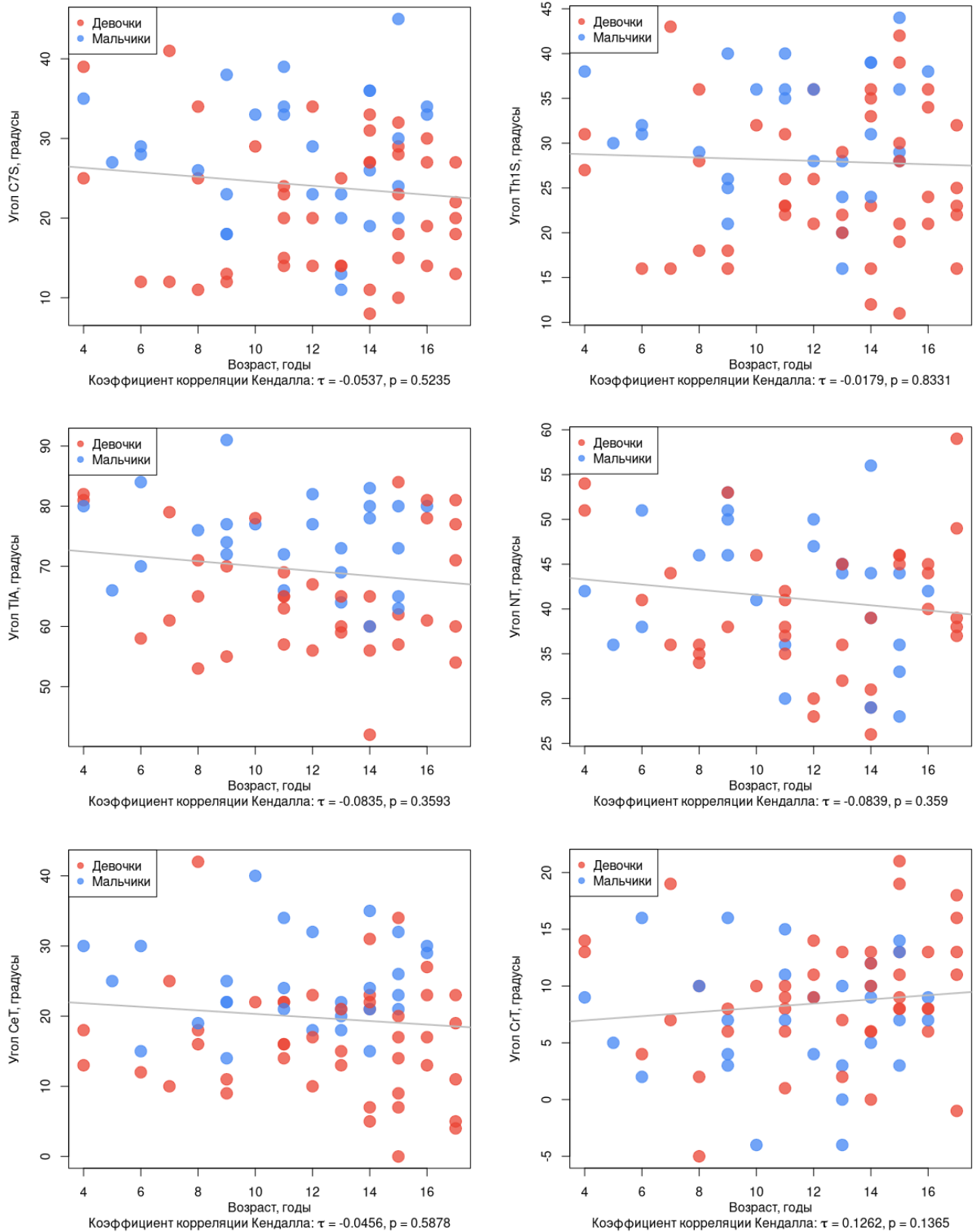


Рисунок 18 — Диаграммы рассеивания величин параметров C7S, Th1S, T1A, NT, CeT и CrT в зависимости от возраста с коэффициентами корреляции Кендалла

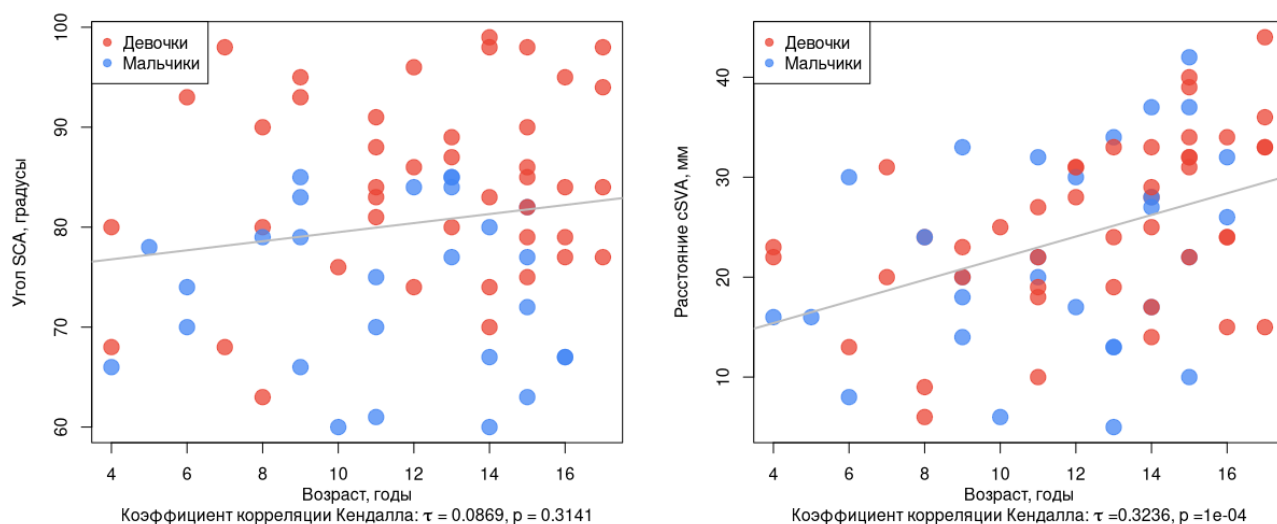


Рисунок 19 — Диаграммы рассеивания величин параметров SCA и cSVA в зависимости от возраста с коэффициентами корреляции Кендалла

Вся выборка разделена на 3 возрастные группы (4 - 6, 7 - 12 и 13 - 17 лет) и на 2 половые группы (мальчики и девочки). В каждой группе по каждому параметру дополнительно выполнена проверка распределения на нормальность при помощи критерия Шапиро-Уилка — во всех случаях достаточных оснований для отклонения нулевой гипотезы не обнаружено ( $p > 0,05$ ).

С помощью многофакторного дисперсионного анализа наличие статистически значимого различия между возрастными группами выявлено лишь для параметра cSVA, в то же время половые различия отмечены у 6 из 10 параметров (таблица 16).

Для оценки различий между конкретными возрастными группами выполнено попарное сравнение с использованием апостериорного критерия Тьюки (таблица 17). Статистически значимое различие величины параметра cSVA зафиксировано у детей старшего школьного возраста (13-17 лет) в сравнении с более младшими группами ( $p < 0,05$ ).

Средние величины параметров для мальчиков и девочек с оценкой межполовых различий путем расчета критерия Стьюдента представлены в таблице 18. Межполовые различия незначимы для 4 из 10 параметров: Oc-C2, NT, CrT, cSVA.

Таблица 16 — Результаты многофакторного дисперсионного анализа влияния возраста и пола на параметры баланса

| Параметр | Критерий Левена |        | Влияющие факторы |               |        |                 |
|----------|-----------------|--------|------------------|---------------|--------|-----------------|
|          |                 |        | Возраст          |               | Пол    |                 |
|          | F               | p      | F                | p             | F      | p               |
| Ос-С2    | 0,1872          | 0,8297 | 0,633            | 0,5340        | 2,398  | 0,1260          |
| С2-С7    | 0,2357          | 0,7909 | 2,144            | 0,1250        | 9,922  | <b>0,0024</b>   |
| С7S      | 0,4802          | 0,6207 | 0,907            | 0,4085        | 8,224  | <b>0,0055</b>   |
| Th1S     | 1,4328          | 0,2456 | 0,131            | 0,8778        | 8,490  | <b>0,0048</b>   |
| TIA      | 0,7158          | 0,4930 | 1,295            | 0,2817        | 12,171 | <b>0,0009</b>   |
| NT       | 0,0243          | 0,9760 | 1,059            | 0,3530        | 1,053  | 0,3090          |
| CeT      | 0,0529          | 0,9485 | 0,553            | 0,5780        | 17,30  | <b>9,04e-05</b> |
| CrT      | 0,0924          | 0,9118 | 0,772            | 0,4660        | 2,190  | 0,1430          |
| SCA      | 0,2759          | 0,7598 | 1,568            | 0,2160        | 21,041 | <b>2,11e-05</b> |
| cSVA     | 1,2597          | 0,2902 | 6,581            | <b>0,0024</b> | 1,151  | 0,2870          |

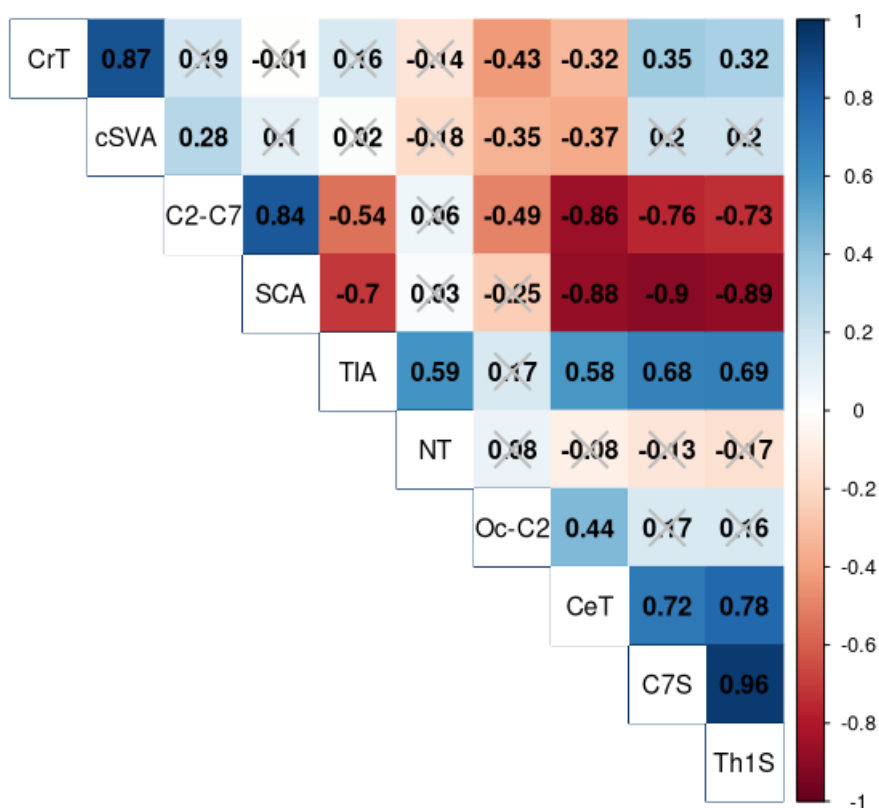
Таблица 17 — Расстояние cSVA для разных возрастных групп и статистическая значимость различий, рассчитанная по критерию Тьюки

| Параметр | Среднее значение |          |           | Возраст  | 7-12 лет   | 13-18 лет         |
|----------|------------------|----------|-----------|----------|------------|-------------------|
|          | 4-6 лет          | 7-12 лет | 13-18 лет |          |            |                   |
|          |                  |          |           | 4-6 лет  | p = 0,8726 | <b>p = 0,0376</b> |
| cSVA     | 18,3 мм          | 20,1 мм  | 27,0 мм   | 7-12 лет | –          | <b>p = 0,0080</b> |

Анализ линейной взаимосвязи параметров сагиттального баланса шейного отдела позвоночника между собой осуществлен путем построения матрицы корреляций, состоящей из коэффициентов корреляции Пирсона и представленной в виде диаграммы (рисунок 20).

Таблица 18 — Различие величин параметров сагиттального баланса по полу

| Параметр | Среднее значение |         | t-критерий<br>Стьюдента | Статистическая<br>значимость, p |
|----------|------------------|---------|-------------------------|---------------------------------|
|          | Мальчики         | Девочки |                         |                                 |
| Ос-С2    | -21,7°           | -25,1°  | 1,5758                  | 0,1215                          |
| С2-С7    | -14,8°           | -3,1°   | -3,3258                 | <b>0,0015</b>                   |
| С7S      | 27,7°            | 21,6°   | 3,0578                  | <b>0,0033</b>                   |
| Th1S     | 31,4°            | 25,9°   | 3,0943                  | <b>0,0029</b>                   |
| TIA      | 74,3°            | 65,8°   | 3,8168                  | <b>0,0003</b>                   |
| NT       | 42,4°            | 40,1°   | 1,1552                  | 0,2531                          |
| CeT      | 24,4°            | 16,8°   | 4,4490                  | <b>3,24e-05</b>                 |
| CrT      | 7,3°             | 9,2°    | -1,5004                 | 0,1387                          |
| SCA      | 73,9°            | 84,5°   | -4,9171                 | <b>7,22e-06</b>                 |
| cSVA     | 22,4 мм          | 25,3 мм | -1,2812                 | 0,2056                          |

Рисунок 20 — Диаграмма корреляций параметров сагиттального баланса шейного отдела позвоночника между собой, рассчитанных по методу Пирсона (перечеркнуты статистически незначимые коэффициенты корреляции,  $p > 0,05$ )

Очень сильная корреляция установлена между параметрами C7S и Th1S, что соотносится со смежным положением позвонков. Оба этих параметра, представляющие наклон основания шейного отдела позвоночника, сильно коррелируют с CeT, параметром отражающим общий наклон шеи, сильно отрицательно коррелируют с C2-C7, характеризующим конфигурацию нижнего шейного отдела позвоночника, и SCA, соответствующего общему положению головы относительно C7 позвонка, при этом корреляция с другим показателем положения головы, CrT, слабая.

Среди других параметров CeT сильно отрицательно коррелирует с C2-C7 и SCA, которые сильно положительно коррелируют между собой, TIA имеет сильную отрицательную корреляцию с SCA и среднюю положительную с NT, CeT, C7S и Th1S, а cSVA и CrT сильно коррелируют только между собой. Остальные параметры имеют слабую или очень слабую статистически незначимую корреляцию.

Сравнение величин параметров сагиттального баланса, полученных на основе собранной нами детской выборки, с параметрами взрослой популяции, представленными в научных публикациях, выявило статистически значимые различия в 6 из 10 параметров при наличии, на первый взгляд, достаточно малой абсолютной разницы (таблица 19).

Таким образом, при анализе параметров сагиттального баланса шейного отдела позвоночника у детей выявлены половые различия между мальчиками и девочками у более чем половины параметров.

Значимые изменения в разные периоды детства зафиксированы лишь у параметра cSVA, в то время как 6 из 10 параметров в детском возрасте значимо отличаются от таковых во взрослом.

Между рядом параметров установлена достаточно сильная линейная зависимость, которая может участвовать в компенсаторных механизмах по поддержанию вертикального положения головы.

Таблица 19 — Сравнение величин параметров сагиттального баланса шейного отдела позвоночника у детей и взрослых

| Параметр | Средняя величина у детей      | Средняя величина у взрослых (по данным литературы) | t-критерий Стьюдента | Статистическая значимость, p |
|----------|-------------------------------|--|----------------------|------------------------------|
| Ос-С2    | $-23,78^\circ \pm 8,68^\circ$ | $-15,81^\circ \pm 7,15^\circ$                      | -7,8588              | <b>2,8e-11</b>               |
| С2-С7    | $-7,75^\circ \pm 15,58^\circ$ | $-9,9^\circ \pm 12,5^\circ$                        | 1,1769               | 0,2431                       |
| С7S      | $24,04^\circ \pm 8,8^\circ$   | $19,6^\circ \pm 8,8^\circ$                         | 4,3099               | <b>5,1e-05</b>               |
| Th1S     | $28,01^\circ \pm 8,04^\circ$  | $25,7^\circ \pm 6,4^\circ$                         | 2,4406               | <b>0,0172</b>                |
| TIA      | $69,35^\circ \pm 9,98^\circ$  | $69,5^\circ \pm 8,6^\circ$                         | -0,1145              | 0,9092                       |
| NT       | $41,08^\circ \pm 7,59^\circ$  | $43,7^\circ \pm 6,1^\circ$                         | -2,7187              | <b>0,0085</b>                |
| CeT      | $19,79^\circ \pm 8,41^\circ$  | $18^\circ \pm 6,6^\circ$                           | 1,8228               | 0,0725                       |
| CrT      | $8,47^\circ \pm 8,41^\circ$   | $7,7^\circ \pm 5^\circ$                            | 1,2080               | 0,2310                       |
| SCA      | $80,38^\circ \pm 10,29^\circ$ | $83^\circ \pm 9^\circ$                             | -2,1179              | <b>0,0379</b>                |
| cSVA     | $24,12 \pm 9,21$ мм           | 4,7-21,3 мм  | 2,6203               | <b>0,0107</b>                |

Отмеченные особенности сагиттального профиля шейного отдела позвоночника требуют дальнейшего изучения возрастных отличий параметров для лучшего понимания биомеханики этой сложной и очень подвижной анатомической зоны пациентов детского возраста.



## **ГЛАВА 5. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ ДЕТСКОГО ВОЗРАСТА С ДЕСТРУКТИВНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА**

### **5.1. Общая характеристика хирургического лечения деструктивной патологии шейного отдела позвоночника у детей**

В рассматриваемой когорте 94 детям из 101 после уточнения диагноза и определения тактики лечения выполнено радикальное хирургическое лечение по поводу деструктивного процесса шейного отдела позвоночника. У оставшихся 7 детей имелось множественное поражение скелета, диагноз установлен путем биопсии более доступных очагов с дальнейшим назначением медикаментозной терапии в соответствии с установленным гистологическим диагнозом — 2 генерализованных туберкулеза, 2 неспецифических мультиочаговых остеомиелита, 2 мультиочаговых гистиоцитоза, 1 генерализованный аспергиллез. При этом деструкция позвонков не приводила к развитию нестабильности и появлению локальных жалоб. Данные пациенты исключены из дальнейшего анализа.

В связи со значительными деформациями и стенозом позвоночного канала в 12 (12,8%) случаях использован гало-аппарат. В 5 случаях гало-аппарат применялся для предоперационной фиксации с целью стабилизации и попытки этапной коррекции имеющейся деформации (рисунок 21). Гало-аппарат накладывался во время выполнения трепан-биопсии, далее после пробуждения выполнялась этапная коррекция деформации с оценкой неврологического статуса. В 7 случаях гало-аппарат использовался для интраоперационной стабилизации при протяженной резекции позвоночника. Количество пораженных позвонков, при котором использовалась гало-фиксация, составило 4,5 (1 - 9). В большинстве случаев отмечено вовлечение переходных зон позвоночника: в 6 случаях — шейно-грудной переход, в 4 — краниовертебральный.

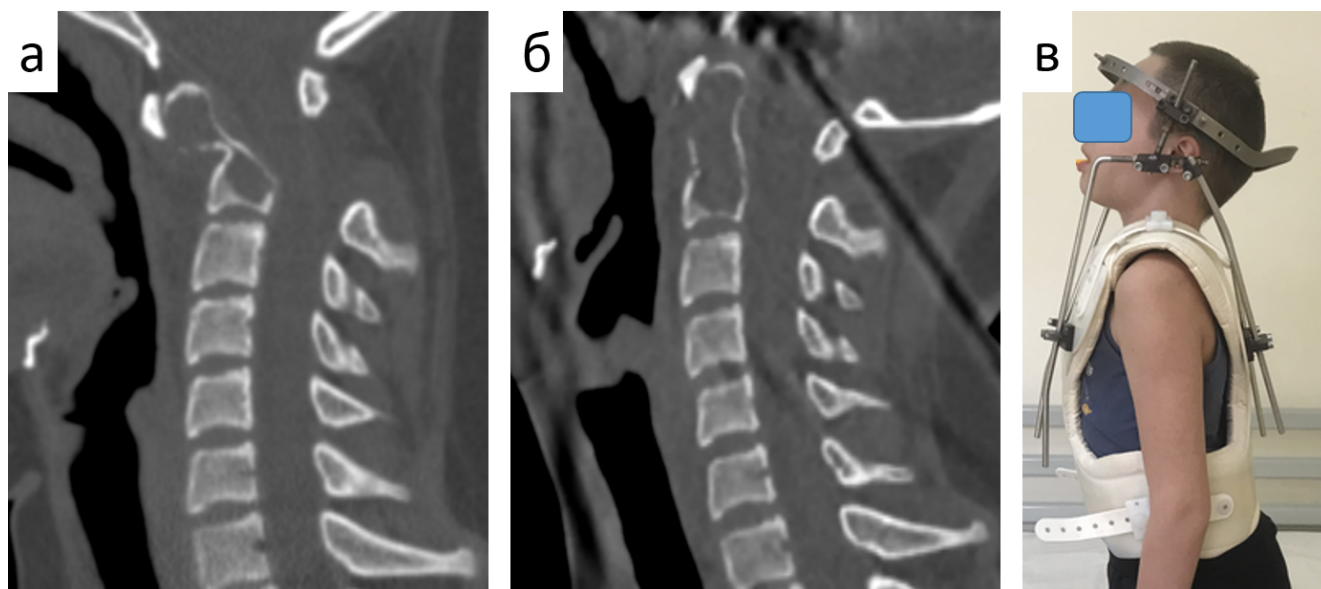


Рисунок 21 — Предоперационная коррекция деформации позвоночника в гало-аппарате (а – сагиттальный срез КТ: патологический перелом зубовидного отростка С2 позвонка на фоне АКК, б – сагиттальный срез КТ: коррекция деформации в гало-аппарате, в – внешний вид ребенка в гало-аппарате)

Хирургическое лечение деструктивных процессов шейного отдела позвоночника вне зависимости от нозологической формы выполнялось в соответствии с синдромным подходом. Разница состояла лишь в способах резекции патологических очагов: при подтвержденной злокачественной опухоли соблюдался принцип абластичности, который достаточно трудно достичь в связи со сложностью анатомической зоны и обилием тесно расположенных жизненно важных образований, во всех остальных случаях выполнялась внутриочаговая или краевая резекция.

Доступ к пораженным позвонкам выбирался в соответствии с локализацией деструктивного процесса и/или необходимостью задней инструментальной фиксации (таблица 20, рисунок 22).

Из 34 резекций, потребовавших комбинированного доступа, — 30 выполнено в одну хирургическую сессию и лишь в 4 случаях — этапно.

Медиана длительности хирургического этапа лечения составила 162,5 (123,8 - 215) минут. При этом объем кровопотери в когорте составил 100 (50 - 200) мл.

Таблица 20 — Использованные доступы к шейному отделу позвоночника

| Доступ                                     | Абсолютное количество, n | Относительное количество, % |
|--|--------------------------|-----------------------------|
| Переднебоковой                             | 29                       | 30,8                        |
| Трансоральный                              | 9                        | 9,6                         |
| Задний                                     | 22                       | 23,4                        |
| Комбинированный,<br>в т.ч. с трансоральным | 34<br>3                  | 36,2<br>3,2                 |

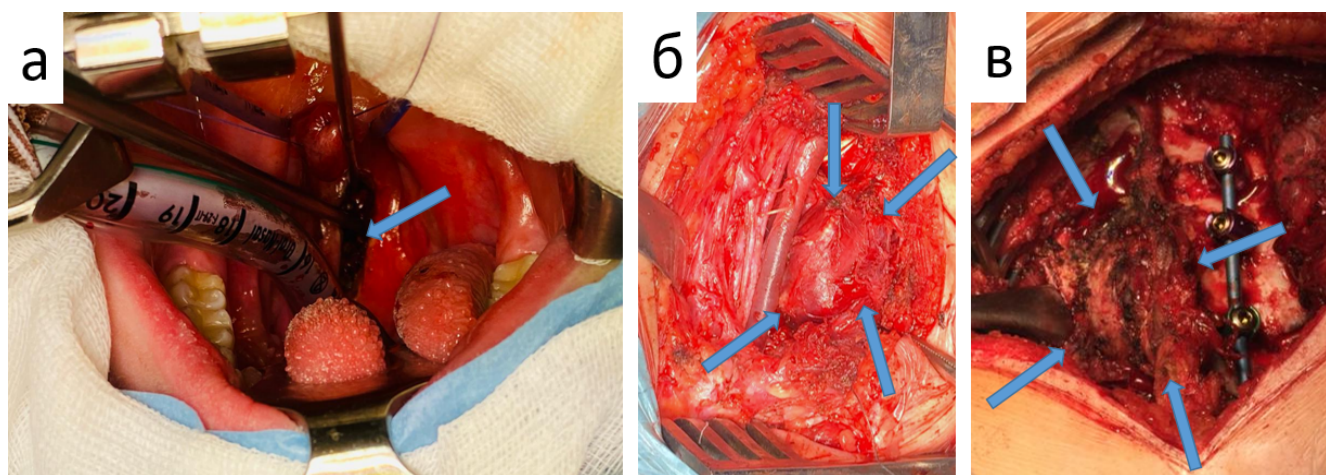


Рисунок 22 — Хирургические доступы к позвоночнику (а – трансоральный доступ: стрелкой обозначен видимый в рану титановый имплант после резекции АКК С2 позвонка; б – переднебоковой доступ, стрелками обозначены границы саркомы Юинга С3 позвонка; в – задний доступ, стрелками обозначены границы АКК С5-С6 позвонков, превентивная задняя фиксация в боковые массы)

Статистически значимой разницы между нозологиями в кровопотере не выявлено (критерий Краскела-Уоллиса:  $\chi^2 = 5,1836$ ,  $p = 0,2690$ ) (рисунок 23).

Реконструкция передней колонны позвоночника после резекции патологических тканей в связи с развившейся или инициальной нестабильностью потребовалась в 59 (62,8%) случаях. Наиболее часто для этих целей использовался титановый имплант, наполненный аутотрансплантатом (таблица 21).

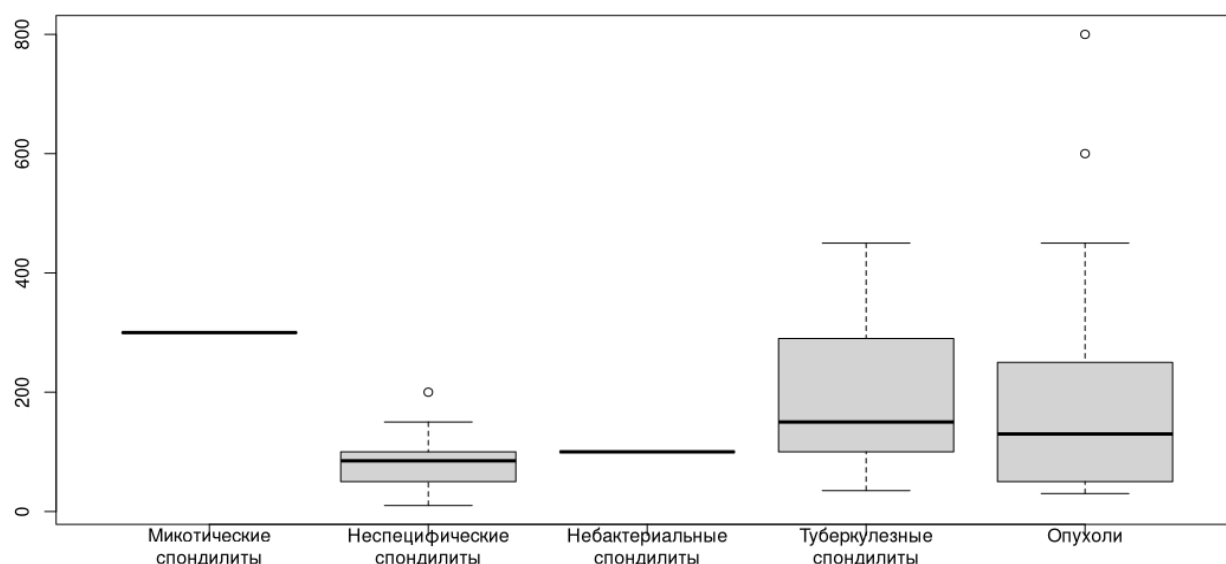


Рисунок 23 — Кровопотеря в мл во время основного хирургического этапа при разных нозологиях (критерий Краскела-Уоллиса,  $p = 0,2690$ )

Таблица 21 — Реконструкция передней колонны шейного отдела позвоночника у детей после резекции зоны деструкции

| Способ реконструкции                              | Абсолютное количество, n | Относительное количество, % |
|---|--------------------------|-----------------------------|
| Титановая блок-решетка (меш) с аутотрансплантатом | 30                       | 50,8                        |
| Аллотрансплантат                                  | 16                       | 27,1                        |
| Аутотрансплантат                                  | 9                        | 15,3                        |
| Ауто+аллотрансплантат                             | 4                        | 6,8                         |

Показаниями для задней инструментальной фиксации являлись деформация позвоночника на фоне деструкций, переходная зона (C0-C2 и C7-Th1), резекция более двух позвоночно-двигательных сегментов и инициальный неврологический дефицит. В итоге задняя инструментальная фиксация выполнена 40 (42,6%) пациентам, при этом в 5 (5,3%) случаях инструментация включала затылочную кость. В связи с малыми анатомическими элементами позвонков у детей большинство опорных элементов устанавливалось ламинарно (крючки), в боковые массы позвонков и трансламинарно (винты) (рисунок 24).

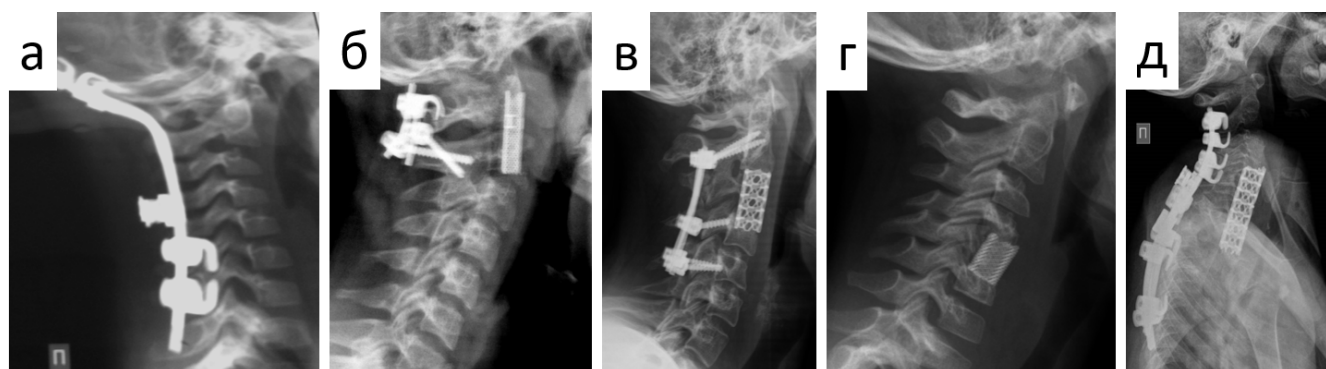


Рисунок 24 — Боковые рентгенограммы шейного отдела позвоночника с вариантами реконструкции (а – передний окципитоспондилодез C0-C2 аллотрансплантатом, ЗИФ C0-C7; б – передний спондилодез C1-C2 блок-решеткой из пористого титана с аутогрансплантатом, ЗИФ C1-C2; в – передний спондилодез C2-C4 блок-решеткой с аутогрансплантатом, ЗИФ C2-C5; г – передний спондилодез C4-C6 блок-решеткой из пористого титана с ауто-грансплантатом; д – передний спондилодез C4-Th3 блок-решеткой с аутогрансплантатом, ЗИФ C2-Th6). Аббревиатура: ЗИФ – задняя инструментальная фиксация

Как указано в главе 3, наиболее частыми жалобами пациентов на момент поступления являлись болевой синдром, неврологические нарушения различной степени выраженности и деформация позвоночника. Оценка первых двух жалоб представлена в таблице 22.

Таблица 22 — Оценка клинических результатов лечения деструктивных поражений шейного отдела позвоночника у детей

| Показатель                                 | До операции              | После операции  | Оценка   |
|--|--------------------------|---|--|
| Болевой синдром (выраженность по ВАШ)      | 5 (3,5 - 7)              | 0 (0 - 0)   | <b>p = 0,0002</b>                                      |
| Неврологические нарушения (тип по Frankel) | B – 1<br>C – 2<br>D – 12 | B → D – 1<br>C → D – 1<br>C → B – 1<br>D → E – 2<br>D → C – 1 | улучшение – 4,<br>без изменений – 9,<br>ухудшение – 2. |

Локальный болевой синдром, как самая частая жалоба, купирован во всех случаях (критерий Вилкоксона:  $V = 171$ ,  $p = 0,0002$ ). Среди пациентов с неврологическими нарушениями у 4 отмечено улучшение неврологического

статуса на 1 уровень и более по шкале Frankel, у 2 – ухудшение на 1 уровень. В 9 случаях значимого изменения неврологической картины не наблюдалось. При этом статистически значимой разницы между послеоперационными неврологическими исходами при разной длительности диагностической паузы (до 3 мес., от 3 до 6 мес. и более 6 мес.) не выявлено (точный критерий Фишера,  $p = 0,4675$ ), что может быть объяснено как длительностью сдавления невралных структур в когорте (min 1 мес.), так и различной степенью компрессии.

Алгоритм оказания хирургической помощи пациентам с деструктивными поражениями шейного отдела позвоночника представлен на рисунке 25.



Рисунок 25 — Алгоритм оказания хирургической помощи пациентам с деструктивными поражениями шейного отдела позвоночника (НН – неврологические нарушения, ЗНО – злокачественное новообразование)

## 5.2. Хирургия деструктивных поражений шейного отдела позвоночника с вовлечением канала позвоночной артерии

В ходе предоперационного обследования когорты вовлечение в патологический процесс канала позвоночной артерии выявлено у 14 (13,9%) пациентов. При этом клинической симптоматики, связанной с нарушением кровотока по одной из артерий, не отмечено. Обследование пациентов дополнено ангиоконтрастными лучевыми методами: КТ-ангиография – 7 случаев, МРТ-ангиография – 1 и стандартная ангиография – 2. В 4 случаях (ретроспективная группа) оценка позвоночных артерий выполнена по МРТ без контрастного усиления.

Обследования выявили, что опухоль полностью окружала позвоночную артерию у 5 пациентов, из них в 2 случаях с вовлечением контрлатерального сосуда, частично окружала (более  $\frac{1}{2}$  окружности) — у 3 и прилежала к артерии менее чем на  $\frac{1}{2}$  окружности — у 4 (рисунок 26). В 2 случаях позвоночная артерия была окружена грануляционной тканью и секвестрами при туберкулезном процессе.

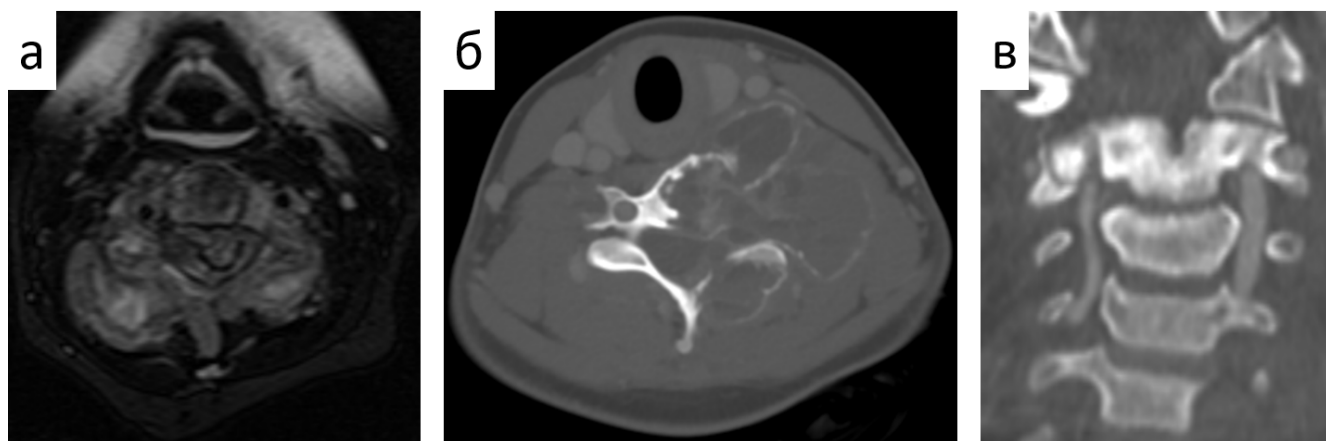


Рисунок 26 — Лучевые данные пациентов с вовлечением позвоночной артерии (а – аксиальный срез МРТ пациентки с саркомой Юинга С3 позвонка с двухсторонним вовлечением позвоночных артерий, б – аксиальный срез КТ-ангиографии пациентки с АКК С5 позвонка с вовлечением левой артерии, в – фронтальный срез КТ-ангиографии пациента с остеоид-остеомой С2 позвонка, прилежащей и компрессирующей правую артерию)

В 4 наблюдениях вовлеченная позвоночная артерия являлась недоминантной (диаметр в 2 и более раза меньше контрлатеральной), в 1 – доминантной (диаметр

в 2 и более раза больше контрлатеральной), в 7 – носила характер ко-доминантной (равные диаметры артерий). В 2 случаях ретроспективно оценить характер позвоночной артерии не представляется возможным.

Гистологическая структура верифицированных патологических процессов в области позвоночной артерии представлена в таблице 23.

Таблица 23 — Деструктивные процессы, вовлекающие позвоночную артерию

| Патология                         | Абсолютное количество, n | Относительное количество, % |
|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Аневризмальная костная киста      | 3                        | 3,0                         |
| Остеоид-остеома                   | 3                        | 3,0                         |
| Саркома Юинга                     | 2                        | 2,0                         |
| Туберкулезный спондилит           | 2                        | 2,0                         |
| Хондросаркома grade 1             | 1                        | 1,0                         |
| Гистиоцитоз из клеток Лангерганса | 1                        | 1,0                         |
| Остеобластома                     | 1                        | 1,0                         |
| Остеохондрома                     | 1                        | 1,0                         |

С учетом локализации и распространенности опухоли в одном из наблюдений план предстоящей операции подразумевал неизбежное выключение вовлеченной позвоночной артерии, в связи с чем первым этапом при ангиографии под местной анестезией выполнен 30-минутный баллонный окклюзионный тест позвоночной артерии, а после исключения неврологических нарушений позвоночная артерия окончательно эмболизирована (рисунок 27). При последующей операции артерия резецирована в пределах опухоли.



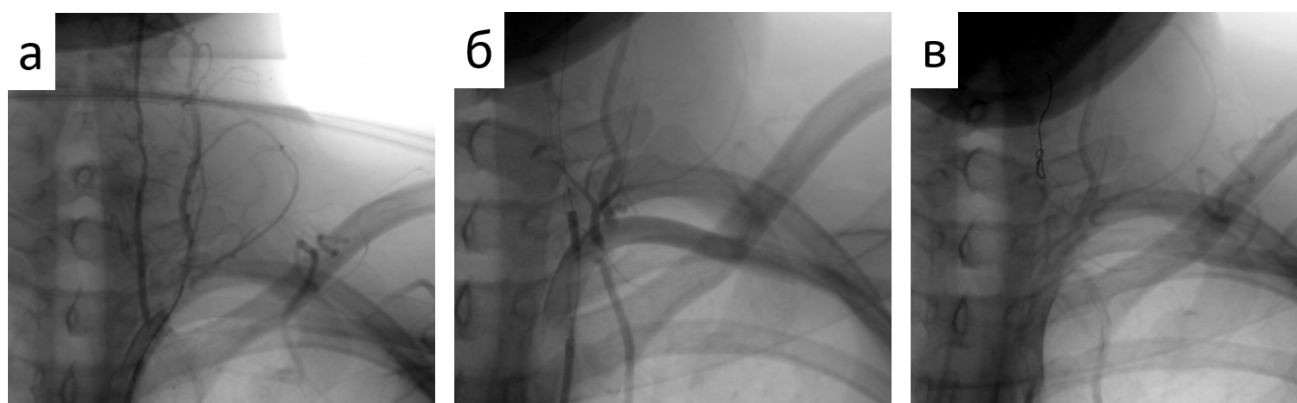


Рисунок 27 — Процесс рентгенэндоваскулярной эмболизации левой позвоночной артерии (а – селективная ангиография, б – 30-минутный баллонный окклюзионный тест, в – окончательная эмболизация позвоночной артерии спиралью)

У двух других пациентов для достижения аластичности во время операции выполнена перевязка и удаление вовлеченной позвоночной артерии вместе со злокачественным новообразованием, в 1 случае вместе со спинномозговым корешком С3. В случаях повреждения позвоночной артерии при выделении опухоли кровотечение полностью остановлено тампонадой гемостатической губкой и хирургическим воском. Перечень всех взаимодействий с артерией представлен в таблице 24.

Таблица 24 — Манипуляции с позвоночной артерией, вовлеченной в деструктивный патологический процесс

| Манипуляции на артерии   | Абсолютное количество, n | Относительное количество, % |
|--|--------------------------|-----------------------------|
| Выделение и сохранение   | 6                        | 6,4                         |
| Перевязка и удаление вместе с опухолью                         | 2                        | 2,1                         |
| Повреждение и тампонада  | 2                        | 2,1                         |
| Предоперационный окклюзионный тест и окончательная эмболизация | 1                        | 1,1                         |
| Интактна, без радикального хирургического лечения              | 3                        | 3,2                         |

В трех случаях вовлеченная артерия осталась интактна:

1. Пациентка с саркомой Юинга С3 позвонка и двухсторонним вовлечением позвоночных артерий после открытой биопсии прошла химиотерапию по схеме VIDE протокола Euro-EWING-2008 с последующей лучевой терапией в качестве локального контроля с выходом в ремиссию.
2. Пациенту с аневризмальной костной кистой С4 позвонка и также двухсторонним вовлечением артерий выполнена склеротерапия путем введения в полость кисты 72% раствора этилового спирта с гемостатическим средством Surgiflo.
3. Третья пациентка с аневризмальной костной кистой С4 позвонка перенесла субтотальную резекцию новообразования с сохранением остаточной опухоли в области канала позвоночной артерии.

Данные пациенты находятся под динамическим наблюдением без субъективных жалоб и признаков продолженного роста опухоли.

В остальных случаях констатировано полное купирование жалоб без локального рецидива процесса по данным лучевого контроля. Очаговой неврологической симптоматики, связанной с воздействием на позвоночную артерию, в послеоперационном периоде не выявлено ни у одного пациента.

Обобщая опыт клиники и данные литературы, представленные в подглаве 1.4, считаем возможным предложить алгоритм взаимодействия с позвоночной артерией, направленный на радикальное удаление новообразования, повышающее шансы на выживание пациентов, а также на предотвращение инвалидизирующих неврологических осложнений (рисунок 28). Алгоритм требует дальнейшего проспективного мультицентрового изучения на большей группе пациентов.



Рисунок 28 — Алгоритм взаимодействия с позвоночной артерией при ее вовлечении в опухолевый процесс (НН – неврологические нарушения)

### 5.3. Осложнения и отдаленные последствия хирургического лечения

Интра- и послеоперационные осложнения, связанные с хирургическим вмешательством, отмечены в 25 (26,6%) случаях (таблица 25). Для классификации осложнений использованы наиболее распространенные системы: для интраоперационных — Satava [222], для послеоперационных — Clavien-Dindo [100].

Среди представленных послеоперационных осложнений 5, классифицированных как IIIВ по Clavien-Dindo, потребовали повторного хирургического вмешательства в раннем (2) и позднем (3) послеоперационном периоде. Остальные осложнения требовали местного или системного медикаментозного лечения.

Таблица 25 — Структура интра- и послеоперационных осложнений после хирургии деструктивных процессов в шейном отделе позвоночника у детей

| Осложнения                                      | Абсолютное количество, n | Относительное количество, % | Класс |
|---|--------------------------|-----------------------------|-------|
| <b>Интраоперационные:</b>                       |                          |                             |       |
| повреждение v. jugularis interna                | 1                        | 1,1                         | II    |
| ликворея  | 1                        | 1,1                         | II    |
| <b>Ранние послеоперационные:</b>                |                          |                             |       |
| нестабильность металлоконструкции               | 2                        | 2,1                         | IIIВ  |
| радикулопатия                                   | 4                        | 4,3                         | II    |
| миелопатия                                      | 2                        | 2,1                         | II    |
| синдром Горнера                                 | 9                        | 9,6                         | II    |
| нейропатия n. laryngeus recurrens               | 3                        | 3,2                         | II    |
| нейропатия n. facialis                          | 3                        | 3,2                         | II    |
| нейропатия n. hypoglossus                       | 1                        | 1,1                         | II    |
| пищеводный свищ                                 | 1                        | 1,1                         | II    |
| расхождение краев раны                          | 1                        | 1,1                         | I     |
| раневой свищевой процесс                        | 1                        | 1,1                         | I     |
| <b>Поздние послеоперационные:</b>               |                          |                             |       |
| вывих трансплантата                             | 1                        | 1,1                         | IIIВ  |
| нестабильность проксимального смежного сегмента | 1                        | 1,1                         | IIIВ  |
| периимплантная инфекция                         | 1                        | 1,1                         | IIIВ  |

Все значимые события, возникшие у пациентов после оперативного лечения деструктивной патологии шейного отдела позвоночника, помимо осложнений, потребовавших хирургии, отражены на кривой Каплана-Майера (рисунок 29).

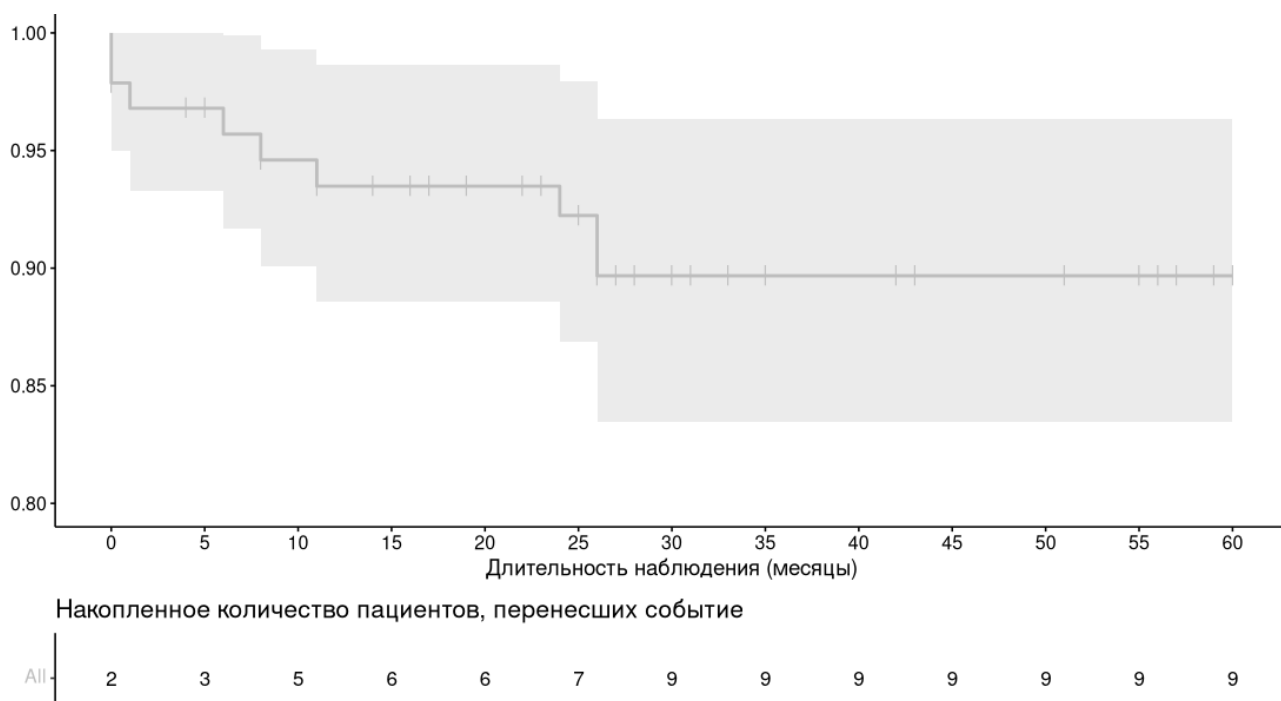


Рисунок 29 — Общее бессобытийное течение послеоперационного периода в когорте

Три пациента из когорты обратились по поводу отдаленных последствий заболевания на сроках от 18 до 25 месяцев после первичной операции. Изначально всем пациентам выполнено хирургическое лечение туберкулезного спондилита шейно-грудного перехода в возрасте 5 - 7 лет в виде резекции пораженных позвонков и переднего спондилодеза аллотрансплантатом, что привело на фоне продолженного роста детей к развитию кифотической деформации зоны реконструкции и, как следствие, нарушению угла зрения. Данным детям выполнены этапные корригирующие вертебротомии с изменением положения головы.

У 3 пациентов со злокачественными опухолями в разные сроки зафиксирован летальный исход: 1 – в течение месяца после хирургического лечения от локальной прогрессии саркомы Юинга на фоне адъювантной химиотерапии, 1 – через 11 месяцев от отдаленных множественных метастазов саркомы Юинга без признаков локального рецидива после лучевой терапии на фоне противорецидивной химиотерапии, 1 – через 2,5 года после лечения хондросаркомы grade 1 от респираторных осложнений.

Для оценки факторов, оказывающих влияние на исход хирургического лечения, построена множественная логистическая регрессионная модель, учитывающая возраст на момент операции, этиологию, уровень и протяженность поражения, а также тип передней реконструкции и наличие задней инструментальной фиксации. Результаты представлены в таблице 26.

Таблица 26 — Влияние различных факторов на исход хирургического лечения деструктивных поражений шейного отдела позвоночника у детей

| Фактор                       | Оценка   | z-значение | p             |
|------------------------------|----------|------------|---------------|
| Возраст (< 7 лет, ≥ 7 лет)   | -0,1703  | -0,096     | 0,9237        |
| Неспецифический спондилит    | -14,9517 | 0,000      | 0,9996        |
| Небактериальный спондилит    | -32,9192 | -0,001     | 0,9993        |
| Туберкулезный спондилит      | -23,2909 | -0,001     | 0,9994        |
| Микотический спондилит       | -30,9552 | -0,001     | 0,9992        |
| Опухоли                      | -18,7339 | -0,001     | 0,9995        |
| Уровень (переходная зона)    | -8,5394  | -0,868     | 0,3853        |
| Протяженность деструкции     | 3,0032   | 2,173      | <b>0,0298</b> |
| Реконструкция блок-решеткой  | 40,5755  | 0,007      | 0,9942        |
| Реконструкция трансплантатом | 6,6644   | 0,001      | 0,9993        |
| Наличие задней фиксации      | 2,5010   | 1,027      | 0,3044        |

Построенная модель выявила, что среди перечисленных факторов значимое влияние на исход хирургического лечения оказывает лишь протяженность деструкции ( $p = 0,0298$ ). При этом статистически значимое влияние сохраняется при деструкции 3 и более позвонков.

Все остальные факторы, по данным нашей когорты, на результаты хирургического лечения существенно не влияют ( $p > 0,05$ ).

#### 5.4. Влияние деструктивных изменений и хирургической коррекции на параметры сагиттального баланса шейного отдела позвоночника

Полученные и представленные в главе 4 нормальные величины параметров сагиттального баланса у детей открыли возможность оценивать любые патологические изменения, происходящие в шейном отделе позвоночника, в т.ч. в результате деструктивных процессов.

Для анализа патологических изменений баланса в нашей когорте при основных деструктивных процессах из лучевого архива клиники отобрана 81 рентгенограмма шейного отдела позвоночника в боковой проекции до и после хирургического лечения.

На отобранных рентгенограммах измерены представленные ранее 10 параметров. В первую очередь все параметры разделены на группы по этиологическому фактору и отношению к хирургическому лечению (до/после) без учета уровня поражения. По причине малочисленности получившихся групп для статистической обработки использованы непараметрические методы. Результаты представлены на рисунках 30 - 33.

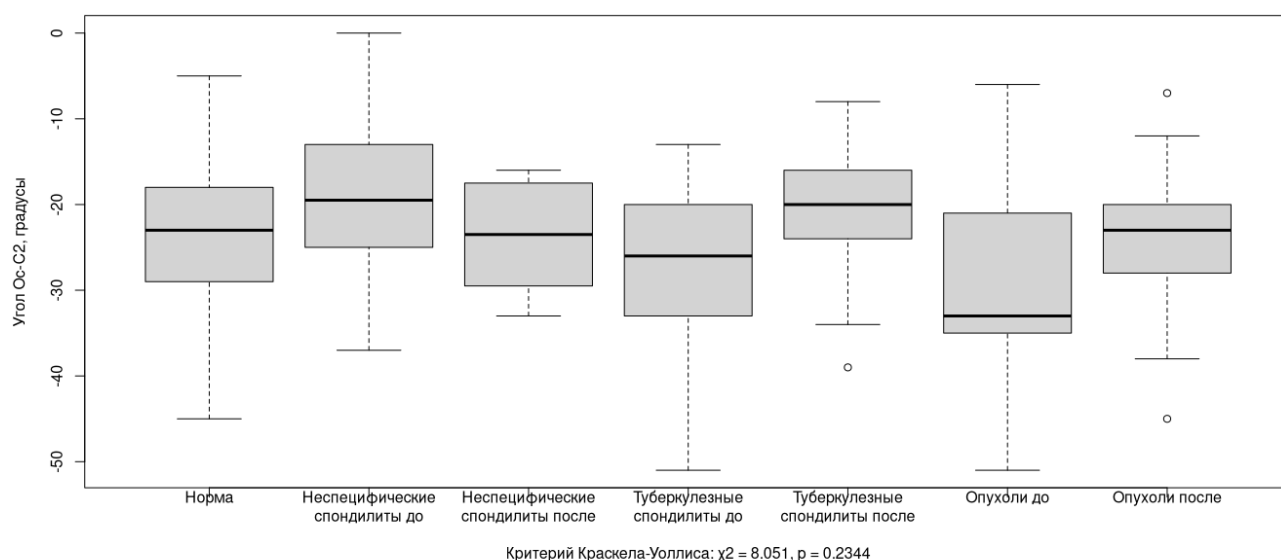


Рисунок 30 — Изменение параметра Ос-С2 при патологии и после хирургической коррекции

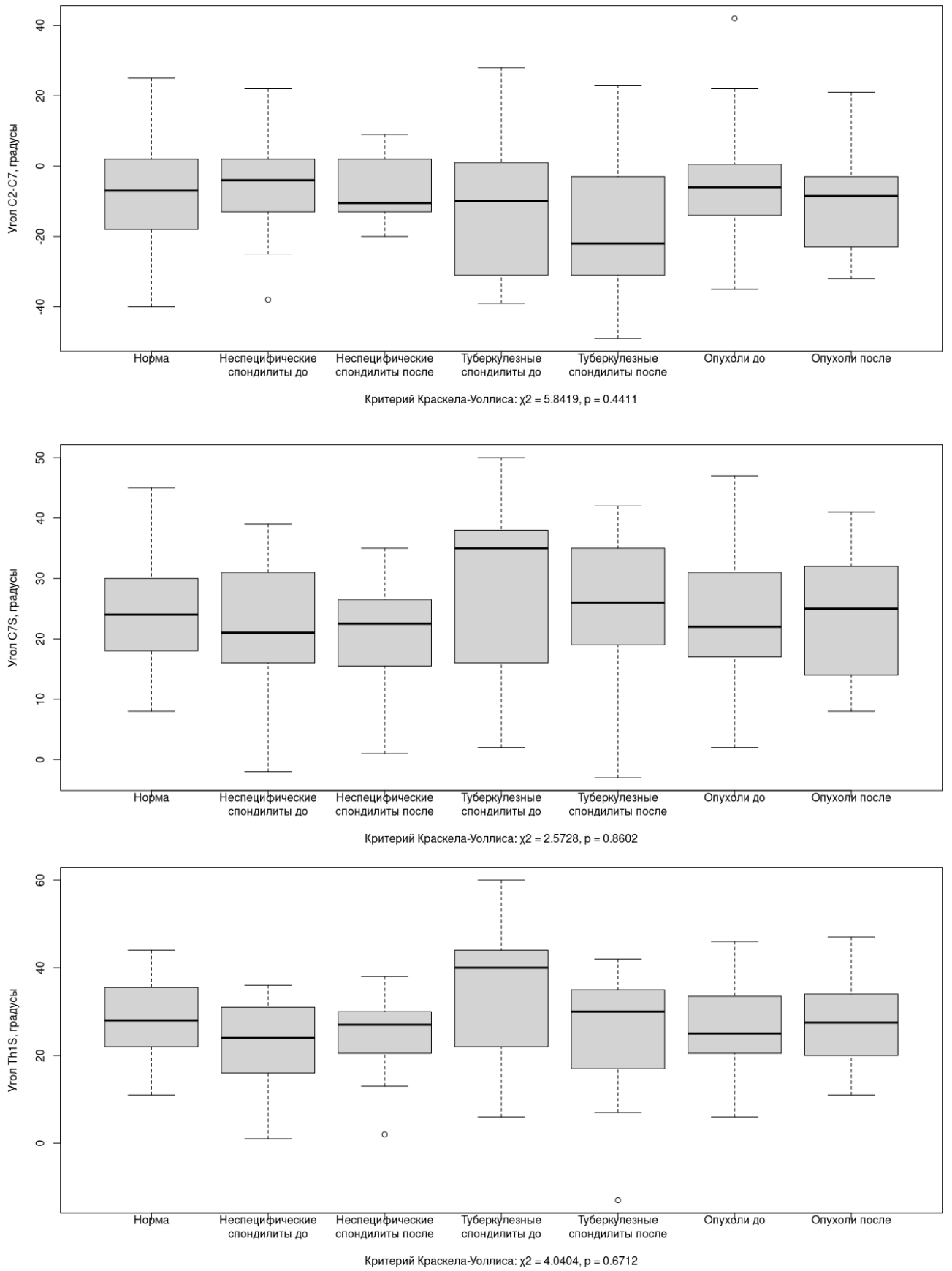


Рисунок 31 — Изменение параметров C2-C7, C7S и Th1S при патологии и после хирургической коррекции



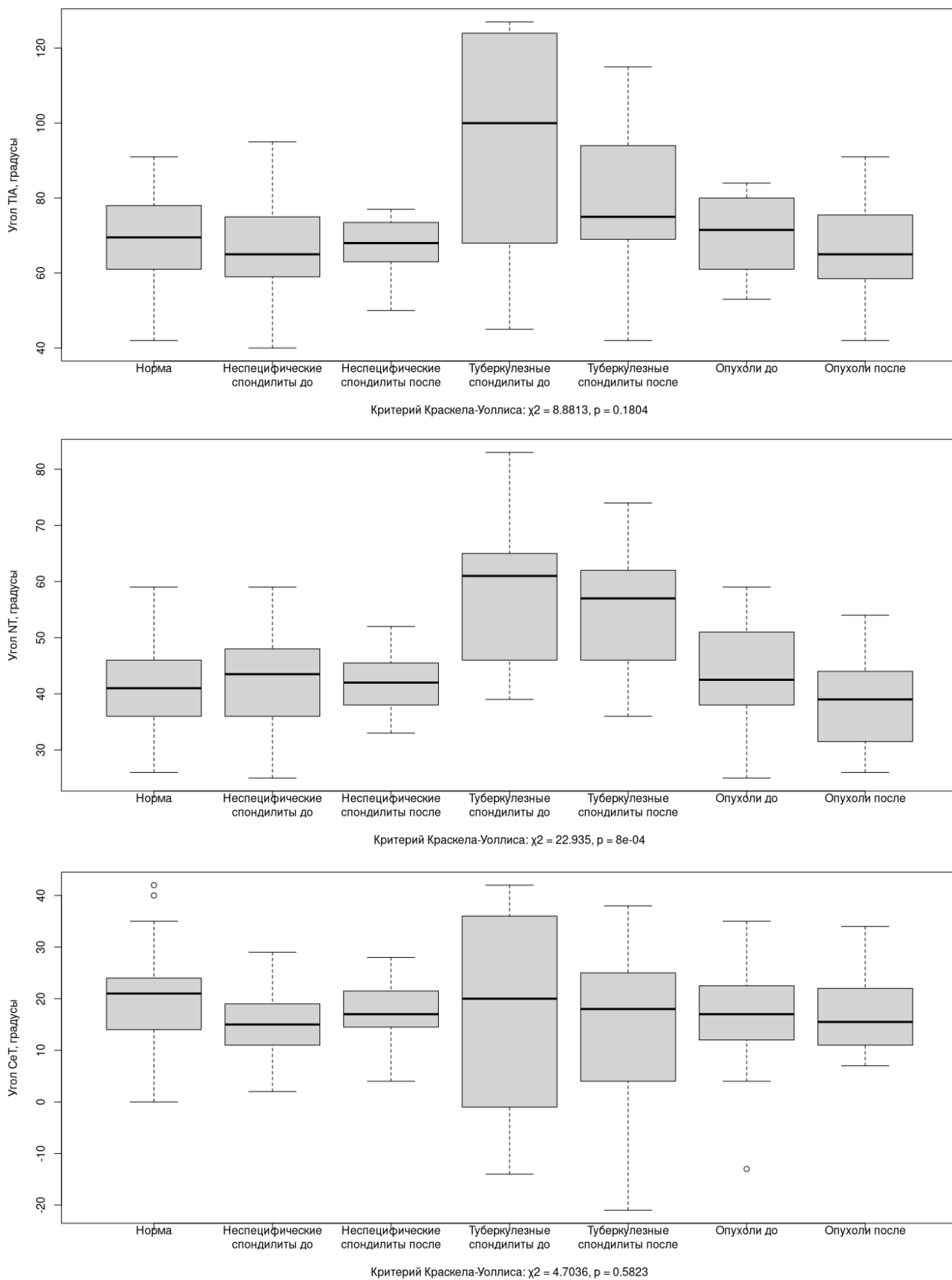


Рисунок 32 — Изменение параметров TIA, NT и CeT при патологии и после хирургической коррекции

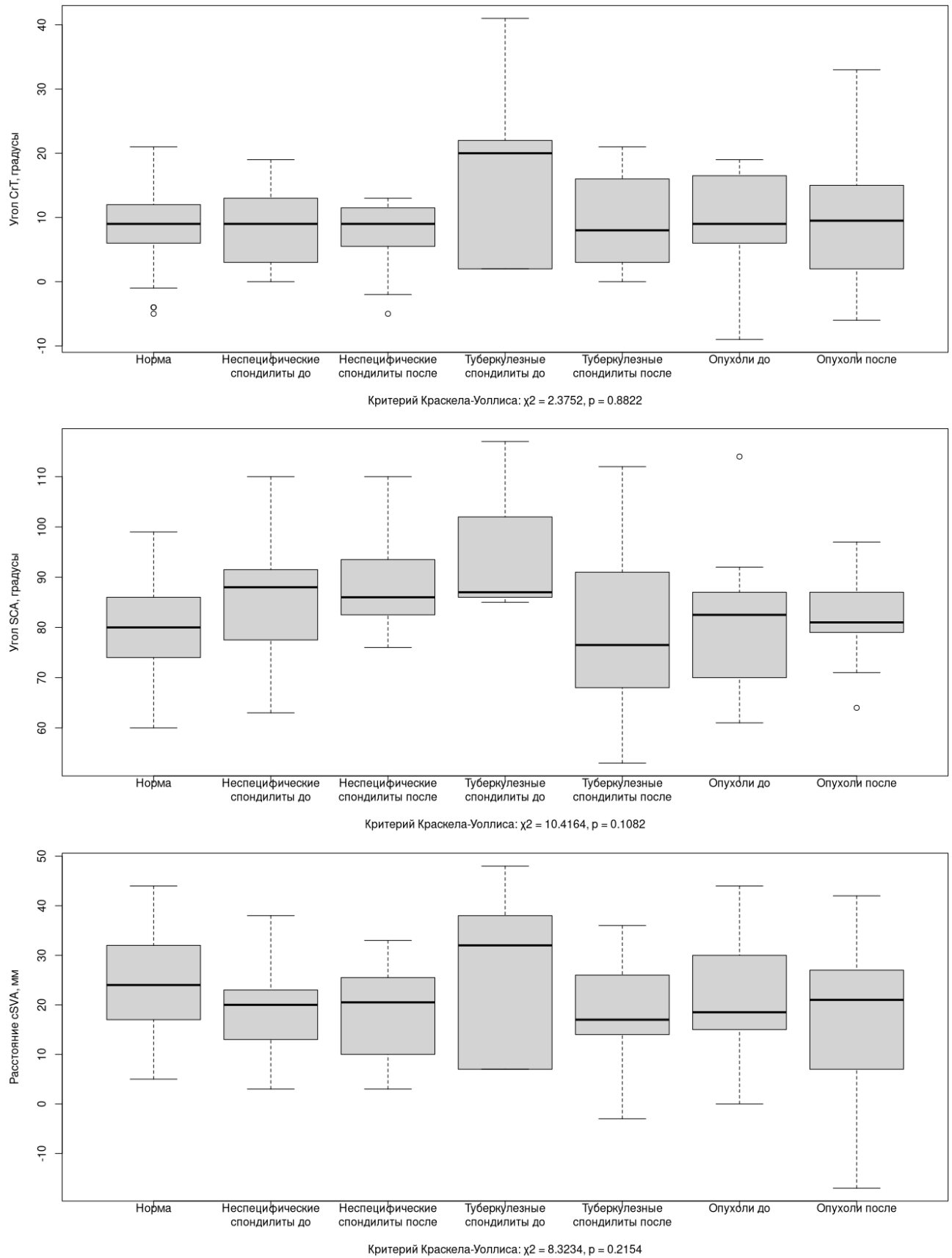


Рисунок 33 — Изменение параметров CrT, SCA и cSVA при патологии и после хирургической коррекции

Согласно полученным результатам, наибольшие изменения параметров, особенно TIA, NT, CeT, SCA и cSVA, отмечены при туберкулезном спондилите, что отражено в девиации медианы и широком межквартильном размахе. Эти данные соответствуют большей протяженности поражения и наиболее частого вовлечения в патологический процесс шейно-грудного перехода (основания шеи) при данной этиологии.

В то же время статистически значимые отличия зафиксированы лишь для параметра NT (критерий Краскела-Уоллиса:  $\chi^2 = 22,935$ ,  $p = 8e-04$ ). Для оценки межгрупповых различий выполнено попарное сравнение групп с использованием апостериорного критерия Данна с поправкой критического уровня значимости на множественные сравнения методом Холмса (таблица 27).

Таблица 27 — Значимость различий параметра NT между деструктивными процессами различной этиологии до и после хирургического лечения (критерий Данна с поправкой Холмса,  $p < 0,025$ )

| Нозологические группы            | Норма                            | Спондилиты                |                           |                          |                                 | Опухоли до               |
|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|
|                                  |                                  | неспецифические до        | неспецифические после     | туберкулезные до         | туберкулезные после             |                          |
| Опухоли после                    | Z = 0,8593<br>p = 1,0000         | Z = 1,2589<br>p = 1,0000  | Z = 0,8870<br>p = 1,0000  | Z = 2,8066<br>p = 0,0476 | Z = 3,7803<br><b>p = 0,0016</b> | Z = 1,4308<br>p = 0,8387 |
| Опухоли до                       | Z = -0,9362<br>p = 1,0000        | Z = -0,0866<br>p = 0,9310 | Z = -0,3767<br>p = 1,0000 | Z = 1,8720<br>p = 0,3673 | Z = 2,5275<br>p = 0,0919        | —                        |
| Туберкулезные спондилиты после   | Z = -3,8375<br><b>p = 0,0013</b> | Z = -2,4686<br>p = 0,1017 | Z = -2,5975<br>p = 0,0845 | Z = 0,0501<br>p = 0,4800 | —                               | —                        |
| Туберкулезные спондилиты до      | Z = -2,5747<br>p = 0,0853        | Z = -1,8757<br>p = 0,3945 | Z = -2,0219<br>p = 0,3023 | —                        | —                               | —                        |
| Неспецифические спондилиты после | Z = -0,3255<br>p = 1,0000        | Z = 0,2812<br>p = 1,0000  | —                         | —                        | —                               | —                        |
| Неспецифические спондилиты до    | Z = -0,7428<br>p = 1,0000        | —                         | —                         | —                        | —                               | —                        |

Апостериорный тест выявил различия между послеоперационными группами туберкулезных спондилитов и опухолей ( $p = 0,0016$ ), а также между группой туберкулезных спондилитов после операции и группой нормы ( $p = 0,0013$ ).

Выполненный анализ показал, что от нормальных показателей отличается только параметр NT у прооперированных пациентов с туберкулезным спондилитом, что, возможно, связано с протяженной реконструкцией в области шейно-грудного перехода.

Для оценки изменений сагиттального баланса в зависимости от уровня поражения параметры вне зависимости от этиологии процесса разделены на группы субокципитальный (Ос-С2), субаксиальный (С3-С6) и шейно-грудной переход (С7-Th1), а также по отношению к хирургическому лечению (до/после) (рисунки 34 - 37).

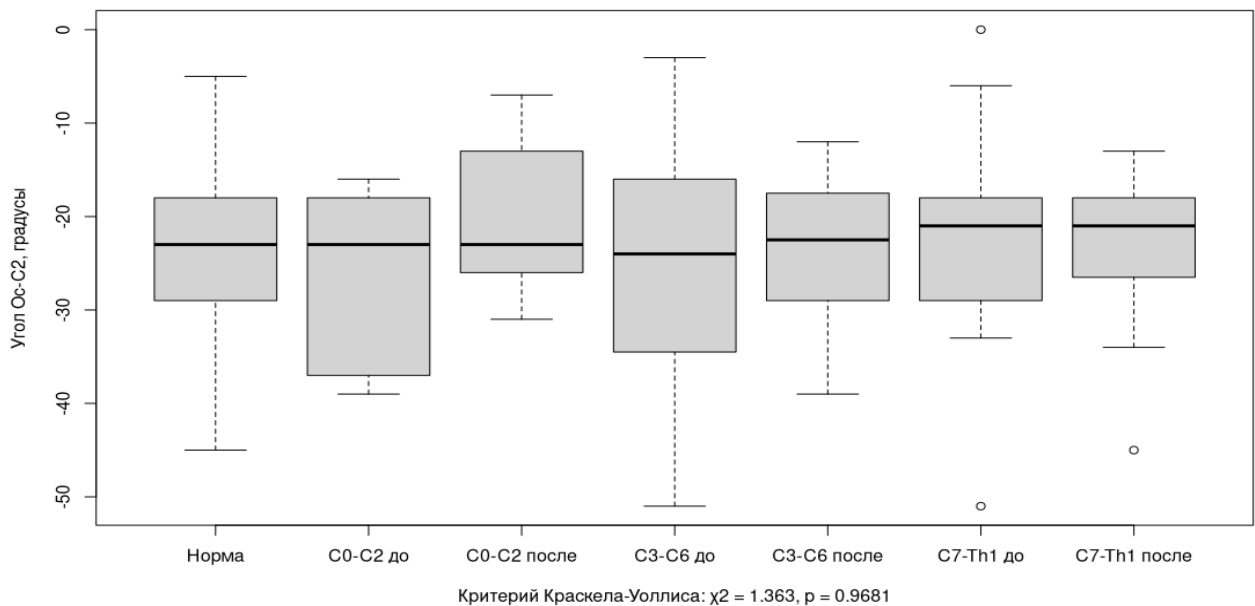


Рисунок 34 — Изменение параметра Ос-С2 в зависимости от уровня поражения и после хирургической коррекции

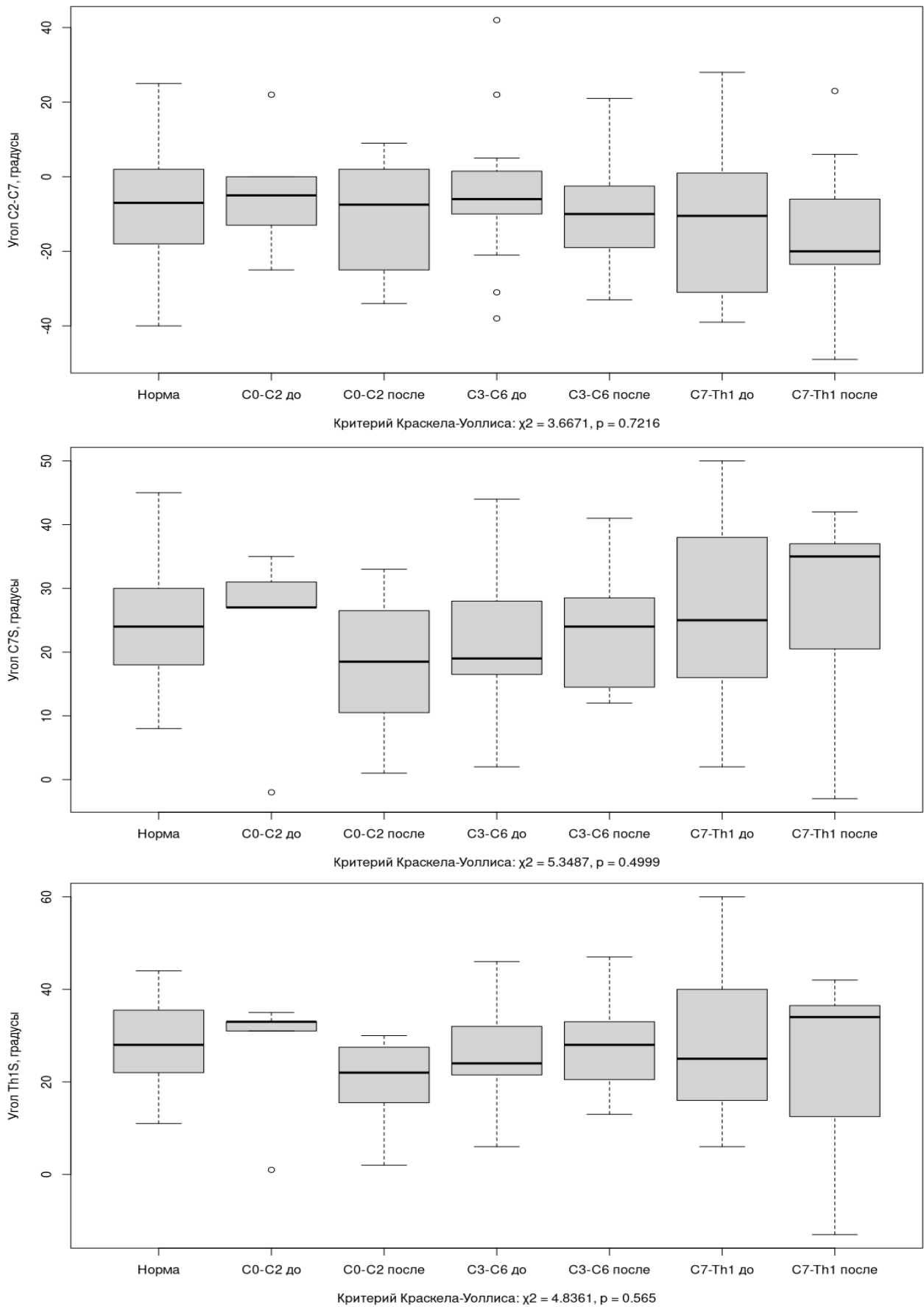


Рисунок 35 — Изменение параметров C2-C7, C7S и Th1S в зависимости от уровня поражения и после хирургической коррекции

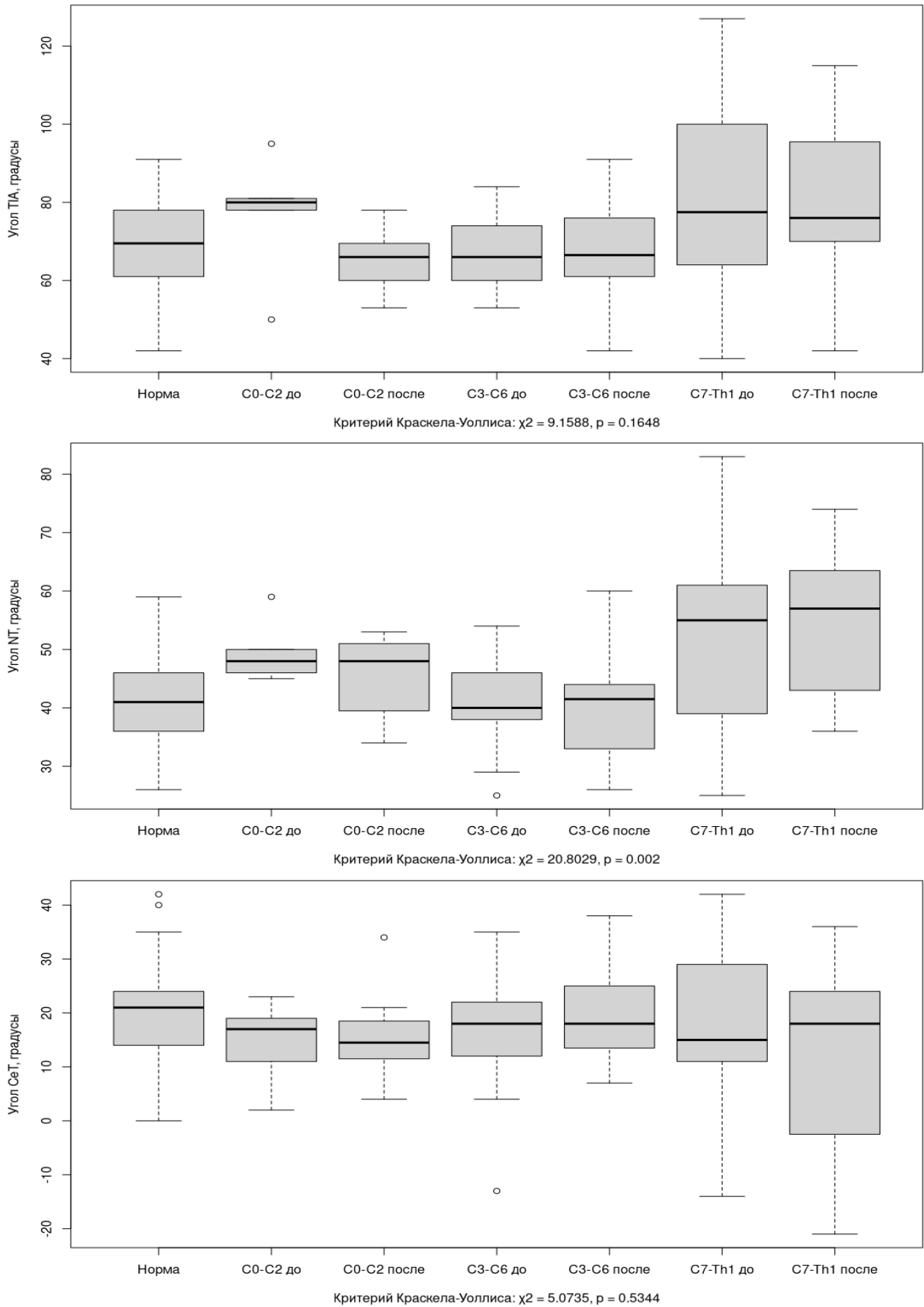


Рисунок 36 — Изменение параметров TIA, NT и SeT в зависимости от уровня поражения и после хирургической коррекции

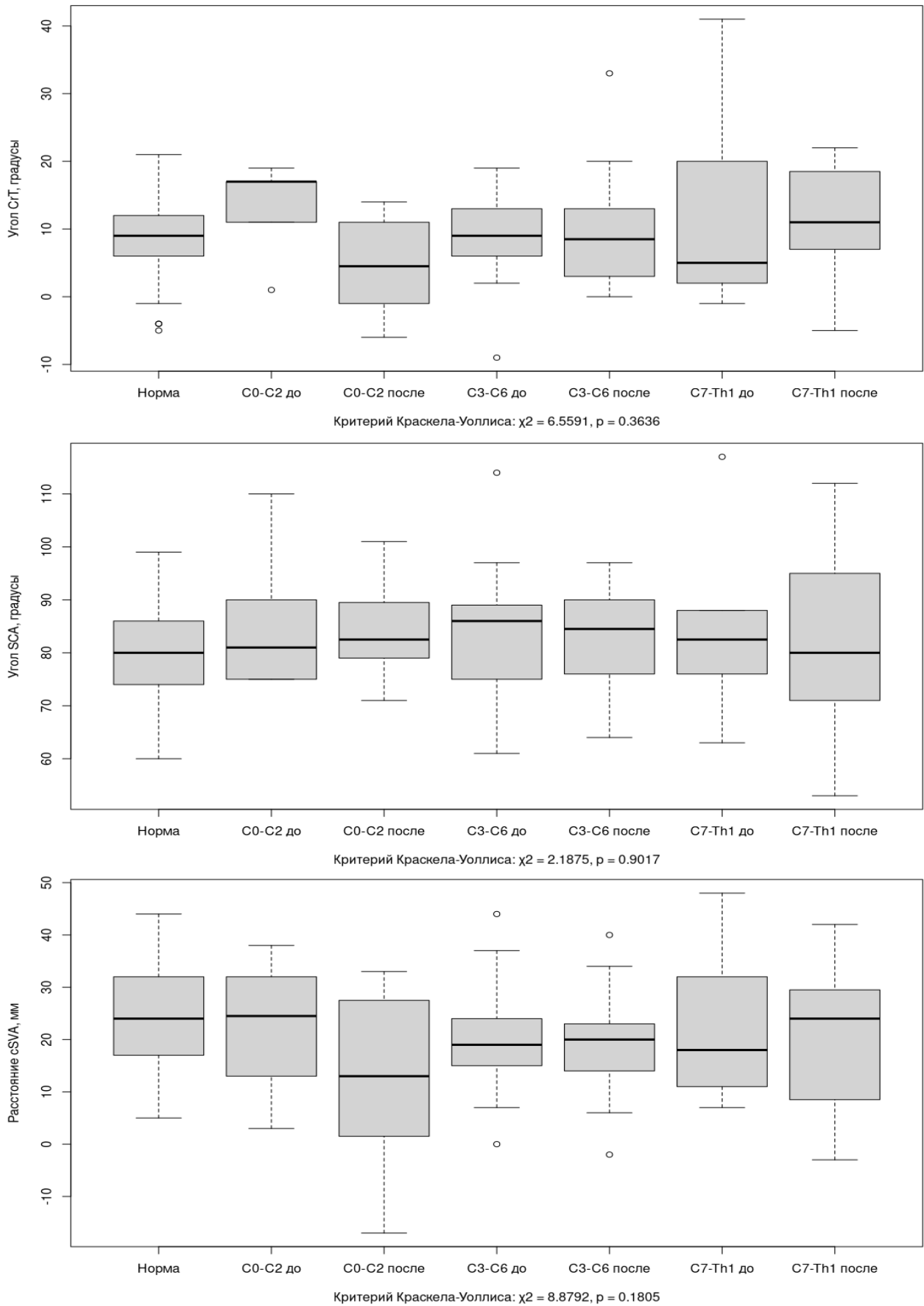


Рисунок 37 — Изменение параметров CrT, SCA и cSVA в зависимости от уровня поражения и после хирургической коррекции

При субокципитальном поражении наиболее значительные изменения претерпевали параметры Ос-С2 и СrТ, при субаксиальном — Ос-С2, С2-С7, а при поражении шейно-грудного перехода — С2-С7, С7S, Th1S, TIA, NT, СеТ, CrТ.

При этом статистически значимая разница между группами также отмечена только для параметра NT (критерий Краскела-Уоллиса:  $\chi^2 = 20,8029$ ,  $p = 0,0020$ ). При помощи критерия Данна с поправкой методом Холмса выявлена разница между нормальными показателями и группой шейно-грудных переходов после операции ( $p = 0,0190$ ) (таблица 28).

Таблица 28 — Значимость различий параметра NT между уровнями поражения до и после хирургического лечения (критерий Данна с поправкой Холмса,  $p < 0,025$ )

| Уровни       | Норма                                  | Ос-С2 до                     | Ос-С2 после                   | С2-С6 до                      | С2-С6 после                   | С7-Th1 до                     |
|--------------|--|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| С7-Th1 после | $Z = -3,1192$<br>$p = \mathbf{0,0190}$ | $Z = 0,0092$<br>$p = 0,4963$ | $Z = -1,1567$<br>$p = 1,0000$ | $Z = -2,7781$<br>$p = 0,0519$ | $Z = -2,9999$<br>$p = 0,0270$ | $Z = -0,3755$<br>$p = 1,0000$ |
| С7-Th1 до    | $Z = -2,5132$<br>$p = 0,1077$          | $Z = 0,3086$<br>$p = 1,0000$ | $Z = -0,8020$<br>$p = 1,0000$ | $Z = -2,2597$<br>$p = 0,1907$ | $Z = -2,4745$<br>$p = 0,1134$ | —                             |
| С2-С6 после  | $Z = 0,3517$<br>$p = 1,0000$           | $Z = 2,2460$<br>$p = 0,1853$ | $Z = 1,2640$<br>$p = 1,0000$  | $Z = 0,2717$<br>$p = 1,0000$  | —                             | —                             |
| С2-С6 до     | $Z = 0,0217$<br>$p = 0,9827$           | $Z = 2,0807$<br>$p = 0,2435$ | $Z = 1,0753$<br>$p = 1,0000$  | —                             | —                             | —                             |
| Ос-С2 после  | $Z = -1,1568$<br>$p = 1,0000$          | $Z = 0,9636$<br>$p = 1,0000$ | —                             | —                             | —                             | —                             |
| Ос-С2 до     | $Z = -2,2058$<br>$p = 0,1918$          | —                            | —                             | —                             | —                             | —                             |

Полученные результаты могут быть объяснены как относительно малым количеством наблюдений в каждой группе и соответственно невозможностью уловить патологические отклонения от нормы, так и широкими возможностями адаптации самого мобильного отдела позвоночника, компенсирующими данные отклонения.

В любом случае, требуется дальнейшее изучение вопросов биомеханики позвоночника в патологических условиях, которое позволит лучше понимать



происходящие изменения и предлагать эффективные способы коррекции и восстановления нормальной анатомии сегмента.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обзор научной литературы в информационных базах данных eLibrary.ru, Pubmed, Cochrane Library позволил выявить практически полное отсутствие аналитических публикаций, посвященных деструктивной патологии шейного отдела позвоночника у детей:

1. Из отобранных 70 статей, затрагивающих тему исследования, только 7 содержали информацию о 5 и более пациентах в возрасте до 18 лет, остальные рассматривали единичные клинические случаи. Редкость патологии затрудняет набор больших клинических групп и проведение исследований с высоким уровнем доказательности, в связи с чем анализ доступной для статистической обработки большой моноцентральной когорты сам по себе представляет научный интерес.
2. Особое внимание вызывает вероятность вовлечения в патологический процесс позвоночной артерии, которая заключена в поперечные отростки позвонков и не может быть оттеснена ростом новообразования даже при отсутствии инвазии. Поиск публикаций, посвященных данной категории пациентов, также выявил отсутствие каких-либо общих подходов к тактике лечения, в том числе и для взрослых — большая часть работ отражает единичный опыт авторов без возможности проведения анализа.
3. В последнее время теория сагиттального баланса активно используется и постоянно совершенствуется для оценки биомеханики позвоночника. При этом сложности для шейного отдела позвоночника вызывают и отдаленность от таза, который условно принят за основу, и наличие свойств самого подвижного отдела. Все имеющиеся наработки по балансу основаны на анализе рентгенограмм пациентов старше 19 лет, что ставит под сомнение возможность использовать показатели по отношению к растущим детям, а проведение подобных исследований на “добровольцах” невозможно в этической точки зрения.

Анализ литературы позволил сформулировать цель исследования: улучшение результатов хирургического лечения деструктивной патологии шейного отдела позвоночника у детей на основе систематизации данных об их этиологии, уровне локализации и клинико-лучевом анализе патологии.

Для достижения поставленной цели последовательно решены следующие **задачи:**

1. Оценена нозологическая, уровневая и возрастная структура деструктивной хирургической патологии шейного отдела позвоночника у детей.
2. Изучены клинико-лучевые особенности деструктивной патологии шейного отдела позвоночника у детей с учетом нозологии и уровня поражения – субокципитальный (Ос-С2), субаксиальный (С3-С6), шейно-грудной (С7-Th1).
3. Изучены параметры сагиттального баланса шейного отдела позвоночника у детей в норме и при деструктивной патологии.
4. Систематизированы показания к хирургическому лечению деструктивной патологии шейного отдела позвоночника у детей, оценены его ближайшие и отдаленные результаты.

В ходе исследования выполнен анализ структуры, клинических проявлений и результатов хирургического лечения 101 пациента в возрасте от 11 месяцев до 17 лет с деструктивной патологией шейного отдела позвоночника инфекционно-воспалительной и опухолевой этиологии, представляющих собой моноцентровую когорту клиники детской хирургии и ортопедии ФГБУ “СПб НИИФ” Минздрава России за 20 лет (2001 - 2021 г.г.).

Установлено, что наиболее частыми жалобами при деструктивных процессах являются боли в шее, деформации и неврологические нарушения, которые отмечены в 34,7% случаев, но в основном (31,7%) соответствуют легкой степени — уровень D по Frankel или корешковый болевой синдром. Характерно, что при длительных активных клинических жалобах (Me = 3 (2 - 8) мес.) практически во всех случаях выполнялось лечение с назначением неспецифической консервативной терапии по месту жительства.

На основе бактериологического, молекулярно-генетического и морфологического методов исследования в 93% случаев процесс этиологически верифицирован как туберкулезный спондилит (26,7%), неспецифический спондилит (29,7%) и опухоль (36,6%). В то же время при инфекционных процессах идентификация возбудителя получена лишь в 31,7% случаев, что может быть связано с длительным анамнезом и получением на этапах, предшествовавших инвазивной диагностике, эмпирической антибактериальной терапии. Характерно, что среди 4 пациентов с верифицированной атипичной флорой (микотические поражения, микобактериоз) у 3 подтвержден первичный иммунодефицит.

При анализе клинических и лучевых данных установлено вовлечение значимо большего числа позвонков при туберкулезном спондилите, чем при других процессах ( $Me = 4 (2 - 6,5)$ ,  $p = 4,4e-08$ ). Субокципитальный отдел (Ос - С2) чаще поражался неспецифической флорой и опухолями, субаксиальный (С3 - С6) – незначительно чаще опухолями, чем туберкулезом или неспецифической флорой, а шейно-грудной переход (С7 - Th1) – туберкулезом ( $p = 0,0096$ ), при этом взаимосвязь между уровнем поражения и нозологией слабая (критерий Крамера  $V = 0,2663$ ).

Из общей когорты 94 пролеченных хирургически детей гало-аппарат в качестве этапного лечения, предшествовавшего основному вмешательству, использован в 12,8% случаев. Основными показаниями для его применения являлись вовлечение переходных зон и протяженная деструкция, а также выраженная деформация шейного отдела позвоночника с неврологическими нарушениями.

Реконструкция передней колонны в связи с нестабильностью выполнена в 62,8% случаев, среди данных пациентов у 50,8% применен комбинированный передний спондилодез титановой блок-решеткой с костным трансплантатом. Задняя инструментальная фиксация потребовалась в 42,6% случаев на фоне протяженной резекции, деформации, вовлечения переходной зоны и наличия неврологических нарушений.

В результате хирургического лечения у всех пациентов достигнуто купирование болевого синдрома ( $p = 0,0002$ ). Среди 15 пациентов с неврологической симптоматикой ее регресс отмечен в 4 случаях, в 9 – без значимой динамики, а в 2 отмечено ухудшение. При этом значимого влияния длительности диагностической паузы на неврологическую картину и ее послеоперационную динамику не установлено ( $p = 0,4675$ ).

Анализ собственного материала и его сопоставление с данными литературы позволили предложить алгоритм взаимодействия с позвоночной артерией при ее вовлечении опухолью, позволяющий, на наш взгляд, снизить риски ишемических неврологических нарушений и локального рецидива новообразования.

В 26,6% случаев выявлены периоперационные нежелательные события или осложнения, как правило, не повлиявшие на особенности лечения пациентов (классы I и II по Satava и Clavien-Dindo). Лишь в 5 (6%) случаях из-за их возникновения потребовалось дополнительное хирургическое вмешательство. У 3 пациентов ортопедические последствия, требующие хирургической коррекции, развились в поздние сроки от 18 до 25 месяцев после лечения. При анализе факторов риска установлено значимое неблагоприятное влияние поражения 3 и более позвонков ( $p = 0,0298$ ), что отмечено при туберкулезных спондилитах. В целом в когорте течение послеоперационного периода не имело значимых неблагоприятных событий у 90,4% пациентов.

В ходе исследования впервые определены величины 10 параметров сагиттального баланса шейного отдела позвоночника у детей в норме, а также выявлены их отличия от соответствующих параметров у взрослых.

При анализе изменений этих параметров при деструктивных процессах выявлена уровневая зависимость: при субокципитальном поражении больше изменялись параметры Oc-C2 и CrT, при субаксиальном — Oc-C2, C2-C7, а при поражении шейно-грудного перехода — C2-C7, C7S, Th1S, T1A, NT, CeT, CrT. Кроме этого выявлена зависимость изменения указанных параметров от числа пораженных позвонков, наибольшее значение которого имелось при туберкулезном спондилите ( $Me = 4 (1 - 8)$ ).

## ВЫВОДЫ

1. В структуре деструктивных поражений шейных позвонков у детей доля неспецифических, туберкулезных и опухолевых процессов колеблется в диапазоне от 26% до 36% с сопоставимой частотой; на долю микотических и небактериальных спондилитов суммарно приходится менее 10% поражений.
2. Для туберкулезных спондилитов у детей характерно значимо большее число разрушенных шейных позвонков в сравнении с неспецифическими и опухолевыми деструкциями (Me: 4, 1 и 1 соответственно) ( $p = 4,4e-08$ ), локализация в шейно-грудном переходе и формирование кифотической деформации, сопровождающиеся наиболее выраженными патологическими изменениями параметров сагиттального баланса.
3. У детей в возрасте старше четырех лет в норме показатели сагиттального баланса Os-C2, C7S, Th1S, NT, SCA и cSVA имеют значимые ( $p < 0,05$ ) отличия от показателей взрослых; C2-C7, C7S, Th1S, TIA, CeT и SCA — значимые половые различия ( $p < 0,05$ ), при этом только cSVA значимо меняется по мере роста ребенка после 13 лет ( $p < 0,05$ ).
4. Базирующееся на синдромном подходе лечение инфекционно-воспалительных и опухолевых поражений шейного отдела позвоночника у детей обеспечивает купирование болей и неврологической симптоматики, а также коррекцию деформации при частоте серьезных периоперационных нежелательных явлений менее 10%. Значимым фактором их возникновения является вовлечение 3 и более позвонков ( $p = 0,0298$ ), а факторами риска отдаленных (более 1,5 лет после вмешательств) ортопедических последствий — шейно-грудные поражения и дошкольный возраст детей на момент операции.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При лечении инфекционно-воспалительных и опухолевых поражений шейного отдела позвоночника у детей в качестве целевых параметров эффективности следует определять не только купирование болевой и неврологической симптоматики, но и ликвидацию локальной деформации позвоночника и восстановление сагиттального баланса шеи.
2. Невозможность выполнения полноценной реконструкции шейного отдела позвоночника и наличие механической или неврологической нестабильности во время ожидания результатов биопсии при подозрении на злокачественный процесс являются показаниями для выполнения гало-фиксации в качестве подготовительного этапа к основной операции.
3. Стабилизация позвоночника 360° обязательна при поражении 3 и более шейных позвонков ввиду повышенных рисков развития послеоперационных осложнений.
4. При вовлечении в патологический процесс позвоночной артерии применение предложенного тактического алгоритма с включением ангиографии и окклюзионного теста позволит избежать непредвиденных периоперационных осложнений, связанных с особенностями кровотока по магистральным сосудам головы в области шеи.
5. Полученные в норме показатели сагиттального баланса шейного отдела позвоночника у детей целесообразно использовать в качестве референтных ввиду отсутствия в медицинской литературе подобных сведений.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ**

По мере накопления материала по деструктивным поражениям шейного отдела позвоночника у детей возможно проведение дальнейших исследований по следующим направлениям:

1. Тактика оказания неотложной помощи и маршрутизация изучаемой категории пациентов.
2. Анализ факторов, влияющих на неврологический исход при лечении деструктивных процессов данной локализации.
3. Изучение результатов и оптимизация лечения отдельных нозологических групп, в том числе спондилитов и опухолей.
4. Оценка параметров глобального сагиттального баланса при деструктивной патологии шейного отдела позвоночника и его изменений по мере роста детей при формировании протяженного спондилодеза.



**СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ**

1. АКК — аневризмальная костная киста.
2. БЦЖ — Бацилла Кальметта - Герена.
3. ВПР — врожденные пороки развития.
4. ГКО — гигантоклеточная опухоль.
5. ДНК — дезоксирибонуклеиновая кислота.
6. ЗИФ — задняя инструментальная фиксация.
7. ЗНО — злокачественное новообразование
8. КТ — компьютерная томография.
9. МРТ — магнитно-резонансная томография.
- 10.НБО — небактериальный спондилит (остеомиелит).
- 11.НН — неврологические нарушения.
- 12.НФ I — нейрофиброматоз I типа.
- 13.ПЦР — полимеразная цепная реакция.
- 14.ШОП — шейный отдел позвоночника.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. «3ДТ»-концепт как модель интеграции травматолого-ортопедической службы в приоритетные направления развития и национальные проекты Российской Федерации / А. В. Губин, Н. В. Хан, С. О. Рябых [и др.] // Гений Ортопедии. – 2021. – Т. 27. – № 2. – С. 146-152.
2. Алгоритм хирургического лечения больных с опухолями позвоночника / Д. А. Пташников, В. Д. Усиков, Л. И. Корытова [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2010. – Т. 56. – № 2. – С. 132-135.
3. Алейник, А. Я. Транспедикулярная фиксация в шейном отделе позвоночника: обзор литературы и клинические данные / А. Я. Алейник, С. Г. Млявых, А. Е. Боков // Хирургия позвоночника. – 2017. – Т. 14. – № 3. – С. 47-53.
4. Анализ применения 3D шаблонов - направителей транспедикулярных винтов в хирургическом лечении детей с врожденной деформацией позвоночника / М. С. Асадулаев, С. В. Виссарионов, Д. Н. Кокушин, К. А. Картавенко // Forcipe. – 2019. – Т. 2. – № S3. – С. 8-9.
5. Бурцев, А. В. Задняя фиксация субаксиальных повреждений с использованием полиаксиальных винтов / А. В. Бурцев, А. В. Губин // Гений ортопедии. – 2015. – № 2. – С. 47-52.
6. Влияние тройной остеотомии таза на позвоночно-тазовые соотношения у детей с диспластическим подвывихом бедра / П. И. Бортулёв, С. В. Виссарионов, В. Е. Басков [и др.] // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2019. – Т. 7. – № 2. – С. 5-16.
7. Глухов, Д. А. Особенности хирургии опухолей шейного отдела позвоночника в области позвоночной артерии: обзор литературы / Д. А. Глухов, В. И. Зорин, А. Ю. Мушкин // Хирургия позвоночника. – 2020. – Т. 17. – № 3. – С. 91-99.
8. Губин, А. В. Современная концепция лечения детей с патологией шейного отдела позвоночника / А. В. Губин, Э. В. Ульрих // Педиатр. – 2010. – Т. 1. – № 1. – С. 54-62.

9. Задняя инструментальная фиксация шейного отдела позвоночника у детей: обзор литературы / О. М. Павлова, А. В. Бурцев, А. В. Губин, С. О. Рябых // Хирургия позвоночника. – 2017. – Т. 14. – № 3. – С. 32-39.
10. Задняя инструментальная фиксация шейного отдела позвоночника у детей: опыт лечения / О. М. Павлова, А. В. Бурцев, А. В. Губин, С. О. Рябых // Хирургия позвоночника. – 2017. – Т. 14. – № 4. – С. 27-31.
11. Использование навигационной системы у больных опухолевым поражением шейного отдела позвоночника / А. К. Валиев, К. А. Борзов, С. А. Щипахин [и др.] // Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи. – 2014. – № 2. – С. 3-8.
12. Клинико-рентгенологические показатели позвоночно-тазовых соотношений у детей с диспластическим подвывихом бедра / П. И. Бортулёв, С. В. Виссарионов, В. Е. Басков [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2018. – Т. 24. – № 3. – С. 74-82.
13. Компьютерное 3D-моделирование с изготовлением индивидуальных лекал для навигирования введения винтов в шейном отделе позвоночника / А. В. Бурцев, О. М. Павлова, С. О. Рябых, А. В. Губин // Хирургия позвоночника. – 2018. – Т. 15. – № 2. – С. 33-38.
14. Магомедов, Ш. Ш. Транспедикулярная фиксация шейного отдела позвоночника в субаксиальной зоне по методике free-hand / Ш. Ш. Магомедов, М. Ю. Докиш, А. П. Татаринцев // Хирургия позвоночника. – 2018. – Т. 15. – № 3. – С. 13-22.
15. Неотложная вертебрология: шейный отдел позвоночника у детей / А. В. Губин, Э. В. Ульрих, А. Ю. Мушкин [и др.] // Хирургия позвоночника. – 2013. – № 3. – С. 081-091.
16. Нехлопочин, А. С. Система оценки конструктивных параметров и функциональных возможностей металлических телозамещающих эндопротезов для переднего межтелового спондилодеза / А. С. Нехлопочин, С. Н. Нехлопочин, А. И. Швец // Хирургия позвоночника. – 2016. – Т. 13. – № 1. – С. 13-19.
17. Нехлопочин, С. Н. Классификация имплантатов для реконструкции передней и средней опорных колонн позвоночника / С. Н. Нехлопочин, А. С.

Нехлопочин, А. И. Швец // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. – 2018. – Т. 82. – № 3. – С. 97-102.

18. Оперативные доступы к шейному, грудному и поясничному отделам позвоночника и позвоночного канала (вариант классификации) / Г. Г. Булыщенко, М. Н. Кравцов, Д. В. Свистов [и др.] // Вестник Российской военно-медицинской академии. – 2016. – Т. 56. – № 4. – С. 186-190.

19. Осложнения транспедикулярной фиксации в шейном отделе позвоночника (обзор) / О. А. Борисова, К. С. Сергеев, Р. В. Паськов, Д. П. Воробьев // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2019. – Т. 15. – № 3. – С. 627-632.

20. Особенности структуры нетравматической хирургической патологии шейного отдела позвоночника у детей (анализ моноцентровой когорты и данных литературы) / А. Ю. Мушкин, М. М. Щелкунов, В. П. Сницук, В. А. Евсеев // Медицинский Альянс. – 2018. – № 1. – С. 60-67.

21. Остеобластома боковой массы С3 у ребенка: клинический случай и обзор литературы / О. М. Павлова, Н. С. Мигалкин, С. О. Рябых, А. В. Губин // Хирургия позвоночника. – 2017. – Т. 14. – № 2. – С. 76-81.

22. Оценка состояния позвоночно-тазовых соотношений у детей с двусторонним высоким стоянием большого вертела / П. И. Бортулёв, С. В. Виссарионов, В. Е. Басков [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 1. – С. 66.

23. Применение индивидуальных 3D моделей в хирургии позвоночника - обзор литературы и первый опыт использования / Р. А. Коваленко, Д. А. Пташников, В. Ю. Черebilло [и др.] // Российский нейрохирургический журнал им. профессора А.Л. Поленова. – 2018. – Т. 10. – № 3-4. – С. 43-48.

24. Применение навигационного шаблона для прохождения ножки позвонка при транспедикулярной фиксации / А. В. Косулин, Д. В. Елякин, К. Д. Лебедева [и др.] // Педиатр. – 2019. – Т. 10. – № 3. – С. 45-50.

25. Применение навигационной системы при операциях на шейном отделе позвоночника / К. А. Борзов, А. К. Валиев, А. С. Неред [и др.] // Опухоли головы и шеи. – 2011. – № 3. – С. 47-51.

26. Пункционная вертебропластика в лечении агрессивных гемангиом шейного отдела позвоночника / В. Б. Арсениевич, С. В. Лихачев, С. В. Степухович, С. А. Мизюров // Классика и инновации в травматологии и ортопедии. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 75-летию профессора А.П. Барабаша. Всероссийская научно-практическая конференция «Классика и инновации в травматологии и ортопедии». – Саратов, 2016. – С. 24-28.
27. Результаты дифференцированного хирургического лечения агрессивных гемангиом позвонков / В. С. Климов, М. А. Косимшоев, А. В. Евсюков [и др.] // Хирургия позвоночника. – 2018. – Т. 15. – № 1. – С. 79-90.
28. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021667190 Российская Федерация. Программное обеспечение для определения продолжительности жизни больных с метастатическим поражением позвоночника после хирургического лечения: № 2021666406: заявл. 18.10.2021: опубл. 26.10.2021 / А. К. Валиев, Алиев Мамед Багир Джавад Оглы, Мусаев Эльмар Расим Оглы [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Министерства здравоохранения Российской Федерации.
29. Спондилит шейного отдела позвоночника как осложнение инородного тела пищевода у ребенка (клиническое наблюдение) / В. И. Зорин, А. С. Малетин, А. П. Иванов, А. Ю. Мушкин // Медицинский альянс. – 2018. – № 1. – С. 68-73.
30. Сравнительная характеристика технологий передней и задней стабилизации при оперативных вмешательствах на шейном отделе позвоночника / А. В. Бурцев, А. В. Губин, С. О. Рябых [и др.] // Хирургия позвоночника. – 2020. – Т. 17. – № 3. – С. 108-116.
31. Хирургическое лечение кист кости ската черепа и аксиса / А. Н. Шкарубо, А. А. Кулешов, Л. А. Семенова [и др.] // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. – 2016. – Т. 80. – № 1. – С. 88-97.
32. Хирургическое лечение опухолей шейного отдела позвоночника в области позвоночной артерии у детей: анализ малой клинической серии / А. Ю. Мушкин,

- Д. А. Глухов, В. И. Зорин [и др.] // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. – 2021. – № 11. – С. 56-65.
33. 360-degree cervical spinal arthrodesis for treatment of pediatric cervical spinal tuberculosis with kyphosis / H. Zeng, X. Shen, C. Luo [et al.] // BMC Musculoskeletal Disorders. – 2016. – Vol. 17. – № 1. – P. 175.
34. A case of cervical Pott's disease revealed by parapharyngeal abscess / E. S. Diom, C. Ndiaye, A. B. Djafarou [et al.] // European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases. – 2011. – Vol. 128. – № 3. – P. 151-153.
35. A large tuberculosis abscess causing spinal cord compression of the cervico-thoracic region in a young child / S. R. Manoharan, J. Leitao, P. Emberton, N. A. Quraishi // European Spine Journal. – 2013. – Vol. 22. – № 7. – P. 1459-1463.
36. A neurosurgical view of anatomical evaluation of anterior C1-C2 for safer transoral odontoidectomy / K. Tun, E. Kaptanoglu, B. Cemil [et al.] // European Spine Journal. – 2008. – Vol. 17. – № 6. – P. 853-856.
37. A novel classification system for spinal instability in neoplastic disease: an evidence-based approach and expert consensus from the Spine Oncology Study Group / C. G. Fisher, C. P. DiPaola, T. C. Ryken [et al.] // Spine. – 2010. – Vol. 35. – № 22. – P. e1221-e1229.
38. A primary extradural malignant rhabdoid tumor at the craniovertebral junction in a 3-year-old boy / T. Nishimoto, S. Nomura, R. Fukano [et al.] // Child's Nervous System. – 2018. – Vol. 34. – № 2. – P. 367-371.
39. A report on the safety of unilateral vertebral artery ligation during cervical spine surgery / Y. Hoshino, T. Kurokawa, K. Nakamura [et al.] // Spine. – 1996. – Vol. 21. – № 12. – P. 1454-1457.
40. A revised scoring system for preoperative evaluation of metastatic spine tumor prognosis / Y. Tokuhashi, H. Matsuzaki, H. Oda [et al.] // Spine. – 2005. – Vol. 30. – № 19. – P. 2186-2191.
41. Abelin-Genevois, K. Sagittal balance of the spine / K. Abelin-Genevois // Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research. – 2021. – Vol. 107. – № 1. – P. 102769.

42. Agabegi, S. S. Spinal orthoses / S. S. Agabegi, F. A. Asghar, H. N. Herkowitz // The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. – 2010. – Vol. 18. – № 11. – P. 657-667.
43. Aggressive osteoblastoma of the cervical spine involving the canal and vertebral artery: a case report / K. Ando, S. Imagama, K. Kobayashi [et al.] // European Spine Journal. – 2017. – Vol. 26. – № S1. – P. 111-116.
44. AJCC Cancer Staging Manual / M. B. Amin, S. B. Edge, F. L. Greene, [et al.] eds. – 8th ed. – Cham : Springer International Publishing, 2017. – 1049 p.
45. Alawad, A. A. M. A rare cause of retropharyngeal abscess: cervical Pott's disease / A. A. M. Alawad, A. F. M. Khalifa // The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene. – 2015. – Vol. 92. – № 5. – P. 884-884.
46. Alijani, B. The Sagittal Balance of the Cervical Spine: Radiographic Analysis of Interdependence between the Occipitocervical and Spinopelvic Alignment / B. Alijani, J. Rasoulian // Asian Spine Journal. – 2020. – Vol. 14. – № 3. – P. 287-297.
47. Amabile, C. Invariance of head-pelvis alignment and compensatory mechanisms for asymptomatic adults older than 49 years / C. Amabile, J.-C. Le Huec, W. Skalli // European Spine Journal. – 2018. – Vol. 27. – № 2. – P. 458-466.
48. Amirjamshidi, A. Osteoblastoma of the third cervical vertebra in a 16-year-old boy: case report and review of the literature / A. Amirjamshidi, K. Abbassioun // Pediatric Neurosurgery. – 2010. – Vol. 46. – № 5. – P. 396-401.
49. An approach to primary tumors of the upper cervical spine with spondylectomy using a combined approach: our experience with 19 cases / F. Wei, Z. Liu, X. Liu [et al.] // Spine. – 2018. – Vol. 43. – № 2. – P. 81-88.
50. An Independent Validation of the Brighton Spondylodiscitis Score and a Proposal to Modify the Score / J. Urrutia, P. Besa, A. Meissner-Haecker, B. Delgado // The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. – 2020. – Vol. 28. – № 17. – P. 701-706.
51. An inter- and intra-rater agreement assessment of a novel classification of pyogenic spinal infections / G. Camino-Willhuber, B. Delgado, N. Astur [et al.] // European Spine Journal. – 2022. – Vol. 31. – № 2. – P. 448-453.

52. An RCT study on the feasibility of anterior transpedicular screw fixation in the cervicothoracic junction / L. Zhao, J. Hong, M. E. Wandtke [et al.] // *European Spine Journal*. – 2016. – Vol. 25. – № 6. – P. 1716-1723.
53. Analysis of sagittal spinal alignment in 181 asymptomatic children / C. S. Lee, H. Noh, D.-H. Lee [et al.] // *Journal of Spinal Disorders & Techniques*. – 2012. – Vol. 25. – № 8. – P. e259-e263.
54. Aneurysmal bone cyst and osteoblastoma: an extremely rare combination in the pediatric spine / F. A. Lazaro, R. G. Remondino, L. Piantoni [et al.] // *Spine Deformity*. – 2021. – Vol. 9. – № 2. – P. 615-620.
55. Aneurysmal bone cyst in the cervical spine / N. Jayakumar, H. M. B. Ismail, S. Mulay, N. Ashwood // *BMJ Case Reports*. – 2019. – Vol. 12. – № 10. – P. e231870.
56. Aneurysmal bone cyst of C2 treated with novel anterior reconstruction and stabilization / S. Rajasekaran, S. N. Aiyer, A. P. Shetty [et al.] // *European Spine Journal*. – 2019. – Vol. 28. – № 2. – P. 270-278.
57. Aneurysmal bone cyst of the cervical spine in a child: case report and review of the surgical role / I. M. Khalil, A. M. Alaraj, Z. K. Otrrock [et al.] // *Surgical Neurology*. – 2006. – Vol. 65. – № 3. – P. 298-303.
58. Aneurysmal bone cyst of the cervical spine in children / E. N. Novais, P. S. Rose, M. J. Yaszemski, F. H. Sim // *The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume*. – 2011. – Vol. 93. – № 16. – P. 1534-1543.
59. Aneurysmal bone cyst of the cervical spine in children: a review and a focus on available treatment options / A. Sebaaly, B. Ghostine, G. Kreichati [et al.] // *J Pediatr Orthop*. – 2015. – Vol. 35. – № 7. – P. 10.
60. Aydin, R. A very rare cause of neck pain: primary Ewing sarcoma of the axis / R. Aydin, M. C. Bilgici, A. Dagainar // *Pediatric Emergency Care*. – 2013. – Vol. 29. – № 11. – P. 1197-1200.
61. Bacillus Calmette-Guérin-Associated cervical spondylitis in a 3-year-old immunocompetent girl / R. Imakiire, T. Nishikawa, H. Tominaga [et al.] // *Pediatric Infectious Disease Journal*. – 2020. – Vol. 39. – № 12. – P. e466-e469.
62. Been, E. Cervical lordosis: the effect of age and gender / E. Been, S. Shefi, M.



Soudack // *The Spine Journal*. – 2017. – Vol. 17. – № 6. – P. 880-888.

63. Benign osteoblastoma of the cervical vertebra / J. Shikata, T. Yamamuro, H. Iida, Y. Kotoura // *Surgical Neurology*. – 1987. – Vol. 27. – № 4. – P. 381-385.
64. Bergman, R. A. *Anatomy atlases: Illustrated encyclopedia of human anatomic variation: Opus II: Cardiovascular system: Arteries: Head, neck, and thorax: Circle of Willis*. – URL: <https://www.anatomyatlases.org/AnatomicVariants/Cardiovascular/Text/Arteries/CircleofWillis.shtml> (дата доступа: 26.01.2022).
65. Bilateral C-1 lateral mass reconstruction following radical resection of a giant osteoblastoma of the atlas: case report / I. Peciu-Florianu, G. Chittur Viswanathan, J. Barges-Coll [et al.] // *Journal of Neurosurgery: Spine*. – 2017. – Vol. 26. – № 3. – P. 307-312.
66. Biomechanical analysis of cervical stabilization systems. An assessment of transpedicular screw fixation in the cervical spine / Y. Kotani, B. W. Cunningham, K. Abumi, P. C. McAfee // *Spine*. – 1994. – Vol. 19. – № 22. – P. 2529-2539.
67. Biomechanical comparison of anterior cervical spine instrumentation techniques with and without supplemental posterior fusion after different corpectomy and discectomy combinations: laboratory investigation / M. Setzer, M. Eleraky, W. M. Johnson [et al.] // *Journal of Neurosurgery: Spine*. – 2012. – Vol. 16. – № 6. – P. 579-584.
68. Boriani, S. En bloc resection in the spine: a procedure of surgical oncology / S. Boriani // *Journal of Spine Surgery*. – 2018. – Vol. 4. – № 3. – P. 668-676.
69. Boriani, S. Primary Bone Tumors of the Spine: Terminology and Surgical Staging / S. Boriani, J. N. Weinstein, R. Biagini // *Spine*. – 1997. – Vol. 22. – № 9. – P. 1036-1044.
70. Brief review on fundamentals of cervical spine alignment / S. Özdoğan, M. Köken, H. G. Düzkalir [et al.] // *The Journal of Turkish Spinal Surgery*. – 2017. – Vol. 28. – № 1. – P. 53-60.
71. C2 nerve dysfunction associated with C1 lateral mass screw fixation / D. Huang, D. Hao, G. Li [et al.] // *Orthopaedic Surgery*. – 2014. – Vol. 6. – № 4. – P. 269-273.
72. C2 prosthesis: anterior upper cervical fixation device to reconstruct the second

- cervical vertebra / D. Jeszenszky, T. F. Fekete, R. Melcher, J. Harms // *European Spine Journal*. – 2007. – Vol. 16. – № 10. – P. 1695-1700.
73. C2 translaminar screw fixation in children / B. W. Yang, M. P. Glotzbecker, M. Troy [et al.] // *Journal of Pediatric Orthopaedics*. – 2018. – Vol. 38. – № 6. – P. e312-e317.
74. Can C7 Slope Be Used as a Substitute for T1 Slope? A Radiographic Analysis / I. B. Ye, R. Tang, Z. B. Cheung [et al.] // *Global Spine Journal*. – 2020. – Vol. 10. – № 2. – P. 148-152.
75. Carpentier, A. Suboccipital and cervical chordomas: radical resection with vertebral artery control / A. Carpentier, A. Blanquet, B. George // *Neurosurgical Focus*. – 2001. – Vol. 10. – № 3. – P. 1-6.
76. Cervical chordoma managed with multidisciplinary surgical approach: a surgical approach to cervical chordoma / F. Ahsan, T. Inglis, R. Allison, G. S. Inglis // *ANZ Journal of Surgery*. – 2011. – Vol. 81. – № 5. – P. 331-335.
77. Cervical osteochondroma (C2 level) with vertebral artery occlusion and second cervical nerve root irritation / B. George, A. Atallah, C. Laurian [et al.] // *Surgical Neurology*. – 1989. – Vol. 31. – № 6. – P. 459-464.
78. Cervical osteochondroma with postoperative recurrence: case report and review of the literature / R. S. Tubbs, G. E. Maddox, P. A. Grabb [et al.] // *Child's Nervous System*. – 2010. – Vol. 26. – № 1. – P. 101-104.
79. Cervical sagittal balance: a biomechanical perspective can help clinical practice / A. G. Patwardhan, S. Khayatzadeh, R. M. Havey [et al.] // *European Spine Journal*. – 2018. – Vol. 27. – № S1. – P. 25-38.
80. Cervical spine alignment in the pediatric population: a radiographic normative study of 150 asymptomatic patients / K. Abelin-Genevois, A. Idjerouidene, P. Roussouly [et al.] // *European Spine Journal*. – 2014. – Vol. 23. – № 7. – P. 1442-1448.
81. Cervical spine alignment, sagittal deformity, and clinical implications: A review / J. K. Scheer, J. A. Tang, J. S. Smith [et al.] // *Journal of Neurosurgery: Spine*. – 2013. – Vol. 19. – № 2. – P. 141-159.
82. Cervical spine aneurysmal bone cyst in a pediatric patient: embolization

- considerations and potential pitfalls / L. D. Ehlers, J. McMordie, P. Lookian [et al.] // *World Neurosurgery*. – 2020. – Vol. 139. – P. 163-168.
83. Cervical spine epithelioid hemangioendothelioma: case report / A. Matamalas, A. Gargallo, J. A. Porcel [et al.] // *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*. – 2014. – Vol. 18. – № 1 Suppl. – P. 72-75.
84. Cervical spine lateral approach for myeloradiculopathy: technique and pitfalls / S. Chibbaro, G. Mirone, D. Bresson, B. George // *Surgical Neurology*. – 2009. – Vol. 72. – № 4. – P. 318-324.
85. Cervical spine osteblastoma with an aneurysmal bone cyst in a 2-year-old child: a case report / A. Mishra, N. Pruthi, B. N. Nandeesh, D. Shukla // *Pediatric Neurosurgery*. – 2019. – Vol. 54. – № 1. – P. 46-50.
86. Cervical spine tuberculosis and airway compromise / B. S. Deepti, M. Munireddy, S. Kamath, D. Chakrabarti // *Canadian Journal of Anesthesia/Journal canadien d'anesthésie*. – 2016. – Vol. 63. – № 6. – P. 768-769.
87. Chen, Q. Benign osteoblastoma of cervical spine / Q. Chen, L. Liu, Y. Song // *The Spine Journal*. – 2015. – Vol. 15. – № 11. – P. e21-e22.
88. Chew, F. S. Cervical spine osteoblastoma / F. S. Chew, C. S. Pena, S. B. Keel // *American Journal of Roentgenology*. – 1998. – Vol. 171. – № 5. – P. 1244-1244.
89. Chordoma in the cervical spine managed with en bloc excision / T. Fujita, N. Kawahara, T. Matsumoto, K. Tomita // *Spine*. – 1999. – Vol. 24. – № 17. – P. 1848.
90. Chordoma of the cervical spine / G. Zacay, A. Eyal, I. Shacked [et al.] // *The Annals of Otology, Rhinology, and Laryngology*. – 2000. – Vol. 109. – № 4. – P. 438-440.
91. Chordoma of the lower cervical spine / B. D'Haen, T. De Jaegere, J. Goffin [et al.] // *Clinical Neurology and Neurosurgery*. – 1995. – Vol. 97. – № 3. – P. 245-248.
92. Chordomas of the upper cervical spine: clinical characteristics and surgical management of a series of 21 patients / H. Zhou, L. Jiang, F. Wei [et al.] // *Chinese Medical Journal*. – 2014. – Vol. 127. – № 15. – P. 2759-2764.
93. Comparison of the Japanese Orthopaedic Association (JOA) Score and Modified JOA (mJOA) Score for the Assessment of Cervical Myelopathy: A Multicenter

- Observational Study / S. Kato, Y. Oshima, H. Oka [et al.] // PLoS ONE. – 2015. – Vol. 10. – № 4. – P. e0123022.
94. Compressive myelopathy due to osteochondroma of the atlas and review of the literature / M. Sultan, N. Khursheed, R. Makhdoomi, A. Ramzan // *Pediatric Neurosurgery*. – 2016. – Vol. 51. – № 2. – P. 99-102.
95. Computer navigation-guided excision of cervical osteoblastoma / S. Rajasekaran, R. M. Kanna, V. Kamath, A. P. Shetty // *European Spine Journal*. – 2010. – Vol. 19. – № 6. – P. 1046-1047.
96. Daffner, S. D. Anterior cervical fusion: the role of anterior plating / S. D. Daffner, J. C. Wang // *Instructional Course Lectures*. – 2009. – Vol. 58. – P. 689-698.
97. Destructive osteoblastoma of the cervical spine with complete neurologic recovery / M. Schneider, D. Sabo, H. Gerner, L. Bernd // *Spinal Cord*. – 2002. – Vol. 40. – № 5. – P. 248-252.
98. Destructive osteoblastoma with secondary aneurysmal bone cyst of cervical vertebra in an 11-year-old boy: case report / H. Hu, J. Wu, L. Ren [et al.] // *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*. – 2014. – Vol. 7. – № 1. – P. 290-295.
99. Diagnosis and treatment of a C2-osteoblastoma encompassing the vertebral artery / S. I. Stavridis, A. Pingel, K. J. Schnake, F. Kandziora // *European Spine Journal*. – 2013. – Vol. 22. – № 11. – P. 2504-2512.
100. Dindo, D. Classification of Surgical Complications: A New Proposal With Evaluation in a Cohort of 6336 Patients and Results of a Survey / D. Dindo, N. Demartines, P.-A. Clavien // *Annals of Surgery*. – 2004. – Vol. 240. – № 2. – P. 205-213.
101. Dlouhy, B. J. Evolution of transoral approaches, endoscopic endonasal approaches, and reduction strategies for treatment of craniovertebral junction pathology: a treatment algorithm update / B. J. Dlouhy, N. S. Dahdaleh, A. H. Menezes // *Neurosurgical Focus*. – 2015. – Vol. 38. – № 4. – P. e8.
102. Does pedicle screw fixation of the subaxial cervical spine provide adequate stabilization in a multilevel vertebral body fracture model? An in vitro biomechanical study / J. Duff, M. M. Hussain, N. Klocke [et al.] // *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*. – 2018. – Vol. 53. – P. 72-78.

103. Dorward, I. G. Seven years of experience with C2 translaminar screw fixation: clinical series and review of the literature / I. G. Dorward, N. M. Wright // *Neurosurgery*. – 2011. – Vol. 68. – № 6. – P. 1491-1499.
104. Doyle, A. Recurrent aneurysmal bone cyst of the cervical spine in childhood treated with doxycycline injection / A. Doyle, A. Field, A. Graydon // *Skeletal Radiology*. – 2015. – Vol. 44. – № 4. – P. 609-612.
105. Dubousset, J. Three-dimensional analysis of the scoliotic deformity / J. Dubousset // *The pediatric spine: principles and practice* / S. L. Weinstein ed. – New York : Raven Press Ltd, 1994. – P. 479-496.
106. Early recurrence of a solid variant of aneurysmal bone cyst in a young child after resection: technique and literature review and two-year follow-up after corpectomy / A. S. Barakat, H. Alsingaby, M. Shousha [et al.] // *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. – 2018. – Vol. 26. – № 10. – P. 369-375.
107. Effect of occipitocervical fusion with screw-rod system for upper cervical spine tumor / J. Zou, C. Yuan, R. Zhu [et al.] // *BMC surgery*. – 2014. – Vol. 14. – P. 30.
108. Eleraky, M. Posterior transpedicular corpectomy for malignant cervical spine tumors / M. Eleraky, M. Setzer, F. D. Vrionis // *European Spine Journal*. – 2010. – Vol. 19. – № 2. – P. 257-262.
109. En bloc excisions of chordomas in the cervical spine: review of five consecutive cases with more than 4-year follow-up / P. C. Hsieh, G. L. Gallia, D. M. Sciubba [et al.] // *Spine*. – 2011. – Vol. 36. – № 24. – P. e1581-e1587.
110. En bloc marginal excision of a multilevel cervical chordoma: case report / C. S. Bailey, C. G. Fisher, M. C. Boyd, M. F. S. Dvorak // *Journal of Neurosurgery: Spine*. – 2006. – Vol. 4. – № 5. – P. 409-414.
111. En bloc resection of a C-1 lateral mass osteosarcoma: technical note / M. J. Clarke, D. L. Price, H. J. Cloft [et al.] // *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*. – 2016. – Vol. 18. – № 1. – P. 46-52.
112. En bloc resection of a C2-C3 upper cervical chordoma: technical note / A. Weil, M. Shehadeh, T. Ayad [et al.] // *Surgical Neurology International*. – 2015. – Vol. 6. – № 25. – P. 615.

113. En bloc resection of a C4 chordoma: surgical technique / Y. Leitner, S. Shabat, L. Boriani, S. Boriani // *European Spine Journal*. – 2007. – Vol. 16. – № 12. – P. 2238-2242.
114. En bloc resection of a multilevel high-cervical chordoma involving C-2: new operative modalities / K. H. Guppy, I. Chakrabarti, R. S. Isaacs, J. H. Jun // *Journal of Neurosurgery: Spine*. – 2013. – Vol. 19. – № 2. – P. 232-242.
115. En bloc resection of multilevel cervical chordoma with C-2 involvement: case report and description of operative technique / L. D. Rhines, D. R. Fourney, A. Siadati [et al.] // *Journal of Neurosurgery: Spine*. – 2005. – Vol. 2. – № 2. – P. 199-205.
116. En bloc resection of primary malignant bone tumor in the cervical spine based on 3-dimensional printing technology / J. Xiao, W. Huang, X. Yang [et al.] // *Orthopaedic Surgery*. – 2016. – Vol. 8. – № 2. – P. 171-178.
117. En bloc resection of primary tumors of the cervical spine: report of two cases and systematic review of the literature / J. M. Cloyd, D. Chou, V. Deviren, C. P. Ames // *The Spine Journal*. – 2009. – Vol. 9. – № 11. – P. 928-935.
118. Enneking, W. F. A system for the surgical staging of musculoskeletal sarcoma / W. F. Enneking, S. S. Spanier, M. A. Goodman // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 1980. – № 153. – P. 106-120.
119. Enneking, W. F. A System for the Surgical Staging of Musculoskeletal Sarcoma / W. F. Enneking, S. S. Spanier, M. A. Goodman // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 2003. – Vol. 415. – P. 4-18.
120. Enneking, W. F. Staging of musculoskeletal neoplasms. Musculoskeletal Tumor Society / W. F. Enneking // *Skeletal Radiology*. – 1985. – Vol. 13. – № 3. – P. 183-194.
121. Ewing sarcoma of the cervical epidural space presenting with tetraplegia: case report and review of literature / R. K. Kutty, A. Peethambaran, B. S. Sunilkumar [et al.] // *World Neurosurgery*. – 2017. – Vol. 107. – P. 1046.e9-1046.e15.
122. Fusion following lateral mass reconstruction in the cervical spine / M. J. Clarke, P. L. Zadnik, M. L. Groves [et al.] // *Journal of Neurosurgery: Spine*. – 2015. – Vol. 22. – № 2. – P. 139-150.
123. George, B. Impairment of Vertebral Artery Flow Caused by Extrinsic Lesions / B.

George, C. Laurian // *Neurosurgery*. – 1989. – Vol. 24. – № 2. – P. 206-214.

124. George, B. Surgical approach to the whole length of the vertebral artery with special reference to the third portion / B. George, C. Laurian // *Acta Neurochirurgica*. – 1980. – Vol. 51. – № 3-4. – P. 259-272.

125. Giant cell tumor of the cervical spine: a series of 22 cases and outcomes / M. Junming, Y. Cheng, C. Dong [et al.] // *Spine*. – 2008. – Vol. 33. – № 3. – P. 280-288.

126. Giant cell tumour of the sixth cervical vertebrae with close relationship to the vertebral artery / B. Erdogan, M. Volkan Aydin, O. Sen [et al.] // *Journal of Clinical Neuroscience*. – 2005. – Vol. 12. – № 1. – P. 83-84.

127. Giant osteochondroma of axis in a child with multiple hereditary exostoses: case report and review of literature / N. Tahasildar, P. Sudesh, V. Goni, S. K. Tripathy // *Journal of Pediatric Orthopaedics B*. – 2012. – Vol. 21. – № 3. – P. 280-285.

128. Goel, A. Plate and screw fixation for atlanto-axial subluxation / A. Goel, V. Laheri // *Acta Neurochirurgica*. – 1994. – Vol. 129. – № 1-2. – P. 47-53.

129. Gowda, V. K. Multiple exostoses presenting with high cervical myelopathy in the first decade of life / V. K. Gowda, P. Srikanteswara, R. Prasad // *Pediatric Neurology*. – 2014. – Vol. 51. – № 6. – P. 858-859.

130. Growth of the cervical spine with special reference to its lordosis and mobility / T. Kasai, T. Ikata, S. Katoh [et al.] // *Spine*. – 1996. – Vol. 21. – № 18. – P. 2067-2073.

131. Grunenwald, D. Transmanubrial osteomuscular sparing approach for apical chest tumors / D. Grunenwald, L. Spaggiari // *The Annals of Thoracic Surgery*. – 1997. – Vol. 63. – № 2. – P. 563-566.

132. Haghnegahdar, A. Anterior reconstruction of C2–C3 bodies in a 6-year-old patient with a huge osteoblastoma: a novel technique / A. Haghnegahdar, M. Sedighi // *Global Spine Journal*. – 2016. – Vol. 6. – № 1. – P. 21-29.

133. Harms, J. Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation / J. Harms, R. P. Melcher // *Spine*. – 2001. – Vol. 26. – № 22. – P. 2467-2471.

134. Hedequist, D. J. Cervical spine instrumentation in children / D. J. Hedequist, J. B. Emans // *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. – 2016. – Vol. 24. – № 6. – P. 370-378.

135. Hedequist, D. J. Modern posterior screw techniques in the pediatric cervical spine / D. J. Hedequist // *World Journal of Orthopedics*. – 2014. – Vol. 5. – № 2. – P. 94-99.
136. Hedequist, D. Lateral mass screw fixation in children / D. Hedequist, M. Proctor, T. Hresko // *Journal of Children's Orthopaedics*. – 2010. – Vol. 4. – № 3. – P. 197-201.
137. Hunter, S. The Brighton Spondylodiscitis Score Does Not Accurately Predict the Need for Surgery: A Retrospective Cohort Study in New Zealand / S. Hunter, H. Fernando, J. F. Baker // *Global Spine Journal*. – 2021. – Vol. 12. – № 8. – P. 1814-1820.
138. Hyun, S.-J. A combined posterior, lateral, and anterior approach to ventrolaterally situated chordoma of the upper cervical spine / S.-J. Hyun, S.-C. Rhim, K. D. Riew // *Surgical Neurology*. – 2009. – Vol. 72. – № 4. – P. 409-413.
139. Implant complications, fusion, loss of lordosis, and outcome after anterior cervical plating with dynamic or rigid plates: two-year results of a multi-centric, randomized, controlled study / T. R. Pitzen, J. Chrobok, J. Stulik [et al.] // *Spine*. – 2009. – Vol. 34. – № 7. – P. 641-646.
140. Independent Reliability Analysis of a New Classification for Pyogenic Spondylodiscitis / G. Camino Willhuber, A. Guiroy, J. Zamorano [et al.] // *Global Spine Journal*. – 2021. – Vol. 11. – № 5. – P. 669-673.
141. Influence of cervical spine position on the radiographic parameters of the thoracic inlet alignment / P. Janusz, M. Tyrakowski, P. Glowka [et al.] // *European Spine Journal*. – 2015. – Vol. 24. – № 12. – P. 2880-2884.
142. Intradural invasion of cervical chordoma in a 34 year old patient / H. Ruan, R. Mehra, D. Park, D. Chou // *Neurology India*. – 2019. – Vol. 67. – № 6. – P. 1545.
143. Is PEEK cage better than titanium cage in anterior cervical discectomy and fusion surgery? A meta-analysis / Z.-J. Li, Y. Wang, G.-J. Xu, P. Tian // *BMC musculoskeletal disorders*. – 2016. – Vol. 17. – P. 379.
144. Jeanneret, B. Primary posterior fusion C1/2 in odontoid fractures: indications, technique, and results of transarticular screw fixation / B. Jeanneret, F. Magerl // *Journal of Spinal Disorders*. – 1992. – Vol. 5. – № 4. – P. 464-475.
145. Karampalis, C. Solid variant of aneurysmal bone cyst on the cervical spine of a child: case report, differential diagnosis and treatment rationale / C. Karampalis, R.



- Lenthall, B. Boszczyk // *European Spine Journal*. – 2013. – Vol. 22. – № 3. – P. 523-531.
146. Karimi, M. T. Evaluation of the efficiency of cervical orthoses on cervical fracture: a review of literature / M. T. Karimi, M. Kamali, F. Fatoye // *Journal of Craniovertebral Junction & Spine*. – 2016. – Vol. 7. – № 1. – P. 13-19.
147. Koc, K. Surgical management of an osteoblastoma involving the entire C2 vertebra and a review of literature / K. Koc, M. K. Ilik // *European Spine Journal*. – 2016. – Vol. 25. – № S1. – P. 220-223.
148. Lasanianos, N. G. Spinal Tumours / N. G. Lasanianos, G. K. Triantafyllopoulos, S. G. Pneumaticos // *Trauma and Orthopaedic Classifications* / N. G. Lasanianos [et al.] eds. . – London : Springer London, 2015. – P. 261-263.
149. Lateral mass screw complications: analysis of 1662 screws / P. Katonis, S. A. Papadakis, S. Galanakos [et al.] // *Journal of Spinal Disorders & Techniques*. – 2011. – Vol. 24. – № 7. – P. 415-420.
150. Lateral mass screw fixation in the cervical spine: a systematic literature review / J. D. Coe, A. R. Vaccaro, A. T. Dailey [et al.] // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. – 2013. – Vol. 95. – № 23. – P. 2136-2143.
151. Le Huec, J. C. Sagittal parameters of global cervical balance using EOS imaging: normative values from a prospective cohort of asymptomatic volunteers / J. C. Le Huec, H. Demezou, S. Aunoble // *European Spine Journal*. – 2015. – Vol. 24. – № 1. – P. 63-71.
152. Lee, C.-H. Cervical subtotal en-bloc spondylectomy of C6 mesenchymal chondrosarcoma / C.-H. Lee, W.-K. Min // *European Spine Journal*. – 2016. – Vol. 25. – № 7. – P. 2117-2123.
153. Lee, S. H. Cervical Sagittal Alignment: Literature Review and Future Directions / S. H. Lee, S.-J. Hyun, A. Jain // *Neurospine*. – 2020. – Vol. 17. – № 3. – P. 478-496.
154. Lindsey, R. W. Posterior lateral mass plate fixation of the cervical spine / R. W. Lindsey, T. Miclau // *Journal of the Southern Orthopaedic Association*. – 2000. – Vol. 9. – № 1. – P. 36-42.
155. Load sharing properties of cervical pedicle screw-rod constructs versus lateral

- mass screw-rod constructs / B. J. Dunlap, E. E. Karaikovic, H.-S. Park [et al.] // *European Spine Journal*. – 2010. – Vol. 19. – № 5. – P. 803-808.
156. Lu, V. M. Giant cervical aneurysmal bone cyst and its multimodal management / V. M. Lu, D. J. Daniels // *World Neurosurgery*. – 2019. – Vol. 131. – P. 207-208.
157. Malloy, K. M. Autograft versus allograft in degenerative cervical disease / K. M. Malloy, A. S. Hilibrand // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 2002. – № 394. – P. 27-38.
158. Management and outcome of chordomas in the pediatric population: The Hospital for Sick Children experience and review of the literature / V. Tsitouras, S. Wang, P. Dirks [et al.] // *Journal of Clinical Neuroscience*. – 2016. – Vol. 34. – P. 169-176.
159. Management of an outbreak of invasive *Kingella kingae* skeletal infections in a day care center / C. Klein, F. Peltier, E. Pluquet [et al.] // *Archives de Pédiatrie*. – 2021. – Vol. 28. – № 1. – P. 12-15.
160. Management of the vertebral artery in excision of extradural tumors of the cervical spine technique and application / C. Sen, M. Eisenberg, A. M. Casden [et al.] // *Neurosurgery*. – 1995. – Vol. 36. – № 1. – P. 103-105.
161. Marginal en bloc resection of C2–C3 chordoma with bilateral vertebral artery preservation and mesh cage reconstruction with review of previously published cases / S. O. Tenny, L. D. Ehlers, J. W. Robbins, C. C. Gillis // *World Neurosurgery*. – 2017. – Vol. 108. – P. 993.e1-993.e7.
162. Mattei, T. A. En bloc resection of primary malignant bone tumors of the cervical spine / T. A. Mattei, E. Mendel // *Acta Neurochirurgica*. – 2014. – Vol. 156. – № 11. – P. 2159-2164.
163. Menezes, A. H. Primary atlantoaxial bone tumors in children: management strategies and long-term follow-up / A. H. Menezes, R. Ahmed // *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*. – 2014. – Vol. 13. – № 3. – P. 260-272.
164. Mohanty, C. B. Pediatric Cervical intraosseous schwannoma / C. B. Mohanty, K. V. L. N. Rao, S. Sampath // *Pediatric Neurosurgery*. – 2012. – Vol. 48. – № 6. – P. 364-370.
165. Muhlbauer, M. The lateral transfacetal retrovascular approach for an anteriorly

- located chordoma originating from the second cervical vertebra / M. Muhlbauer, E. Knosp // *Acta Neurochirurgica*. – 2001. – Vol. 143. – № 4. – P. 369-376.
166. Multidisciplinary surgical planning for en bloc resection of malignant primary cervical spine tumors involving 3D-printed models and neoadjuvant therapies: report of 2 cases / A. K. Ahmed, Z. Pennington, C. A. Molina [et al.] // *Journal of Neurosurgery: Spine*. – 2019. – Vol. 30. – № 4. – P. 424-431.
167. Multilevel 3D printing implant for reconstructing cervical spine with metastatic papillary thyroid carcinoma / X. Li, Y. Wang, Y. Zhao [et al.] // *Spine*. – 2017. – Vol. 42. – № 22. – P. e1326-e1330.
168. Multilevel oblique corpectomies as an effective surgical option to treat cervical chordoma in a young girl / R. Delfini, D. Marruzzo, R. Tarantino [et al.] // *World Journal of Clinical Cases*. – 2014. – Vol. 2. – № 3. – P. 57.
169. Murray, S. Not just a pain in the neck? an unusual case of an infant presenting with a stiff neck, diagnosed with septic arthritis of the atlantoaxial joint and osteomyelitis of the odontoid peg / S. Murray, C. Coleman, M. Russell-Taylor // *Archives of Disease in Childhood*. – 2015. – Vol. 100. – № Suppl 3. – P. a188.3-a189.
170. New classification for the treatment of pyogenic spondylodiscitis: validation study on a population of 250 patients with a follow-up of 2 years / E. Pola, G. Autore, V. M. Formica [et al.] // *European Spine Journal*. – 2017. – Vol. 26. – № Suppl 4. – P. 479-488.
171. Newman, W. C. Neurologic, Oncologic, Mechanical, and Systemic and Other Decision Frameworks for Spinal Disease / W. C. Newman, I. Laufer, M. H. Bilsky // *Neurosurgery Clinics of North America*. – 2020. – Vol. 31. – № 2. – P. 151-166.
172. Occipital plate fixation in the pediatric population / L. L. Cohen, B. W. Yang, M. P. Glotzbecker [et al.] // *Journal of Pediatric Orthopedics*. – 2020. – Vol. 40. – № 9. – P. 462-467.
173. Occipitocervical reconstruction through direct lateral and posterior approach for the treatment of primary osteosarcoma in the atlas: a case report / J. Y. Chung, J. D. Kim, G. H. Park [et al.] // *Spine*. – 2012. – Vol. 37. – № 2. – P. e126-e132.
174. Occlusion of vertebral artery due to transverse canal osteochondroma / S. Fadili,

- F. Clarençon, F. Bonneville [et al.] // *Clinical Neuroradiology*. – 2014. – Vol. 24. – № 4. – P. 395-397.
175. One-stage surgical management for tuberculosis of the upper cervical spine by posterior debridement, short-segment fusion, and posterior instrumentation in children / H. Zhang, M. Lin, H.-B. Guo [et al.] // *European Spine Journal*. – 2013. – Vol. 22. – № 1. – P. 72-78.
176. One-year multidrug treatment for tuberculosis of the cervical spine in children / A. Agarwal, K. S. Kant, A. Kumar, A. Shaharyar // *Journal of Orthopaedic Surgery*. – 2015. – Vol. 23. – № 2. – P. 168-173.
177. Operative technique for en bloc resection of upper cervical chordomas: extended transoral transmandibular approach and multilevel reconstruction / O.-P. L. Alberto, C.-A. E. Ernesto, A.-M. Nicasio [et al.] // *Asian Spine Journal*. – 2014. – Vol. 8. – № 6. – P. 820-826.
178. Osteoblastoma of C2 Corpus: 4 Years Follow-up / C. Yilmaz, E. Civelek, H. Caner [et al.] // *Asian Spine Journal*. – 2012. – Vol. 6. – № 2. – P. 136-139.
179. Osteoblastoma of the cervical spine: a case report / M. Bozkurt, M. Özdemir, G. Kahiloğulları, N. Egemen // *Journal of Ankara University Faculty of Medicine*. – 2010. – Vol. 63. – № 3. – P. 98-100.
180. Osteochondroma of C1 causing vertebral artery occlusion / F. Altaf, H. Movlik, S. Brew [et al.] // *British Journal of Neurosurgery*. – 2013. – Vol. 27. – № 1. – P. 130-131.
181. Osteoid osteoma of the atlas in a boy: clinical and imaging features – a case report and review of the literature / A. Valluzzi, S. Donatiello, G. Gallo [et al.] // *Neuropediatrics*. – 2021. – Vol. 52. – № 02. – P. 105-108.
182. Osteoid osteoma of the C2 pedicle: surgical technique using a navigation system / H. Nagashima, T. Nishi, K. Yamane, A. Tanida // *Clinical Orthopaedics & Related Research*. – 2010. – Vol. 468. – № 1. – P. 283-288.
183. Osteoid osteoma or osteoblastoma of the cervical spine in relation to the vertebral artery / P.-Y. Zambelli, J. Lechevallier, H. Bracq, H. Carlioz // *Journal of Pediatric Orthopaedics*. – 1994. – Vol. 14. – № 6. – P. 788-792.

184. Outcome of 132 operations in 97 patients with chordomas of the craniocervical junction and upper cervical spine / D. Choi, R. Melcher, J. Harms, A. Crockard // *Neurosurgery*. – 2010. – Vol. 66. – № 1. – P. 59-65.
185. Outcomes following attempted en bloc resection of cervical chordomas in the C-1 and C-2 region versus the subaxial region: a multiinstitutional experience / C. A. Molina, C. P. Ames, D. Chou [et al.] // *Journal of Neurosurgery: Spine*. – 2014. – Vol. 21. – № 3. – P. 348-356.
186. Painful osteolytic metastasis of the atlas: treatment with percutaneous vertebroplasty / S. G. Wetzel, J.-B. Martin, T. Somon [et al.] // *Spine*. – 2002. – Vol. 27. – № 22. – P. e493-e495.
187. Palliyil, N. Surgical management of a case of C2 vertebral chordoma via staged anterior and posterior approach / N. Palliyil, K. Deogaonkar, M. Sankhe // *Indian Spine Journal*. – 2020. – Vol. 3. – № 1. – P. 118.
188. Papp, Z. Multiple abscesses with osteomyelitis and destruction of both the atlas and the axis in a 4-week-old infant / Z. Papp, G. Czigléczi, P. Banczerowski // *Spine*. – 2013. – Vol. 38. – № 19. – P. e1228-e1230.
189. Parasagittal osteotomy for en bloc resection of multilevel cervical chordomas: technical note / D. Chou, F. Acosta, J. M. Cloyd, C. P. Ames // *Journal of Neurosurgery: Spine*. – 2009. – Vol. 10. – № 5. – P. 397-403.
190. Partial spondylectomy: modification for lateralized malignant spinal column tumors of the cervical or lumbosacral spine / J. H. Chi, F. L. Acosta, H. E. Aryan [et al.] // *Journal of Clinical Neuroscience*. – 2008. – Vol. 15. – № 1. – P. 43-48.
191. Pediatric cranio-vertebral junction tuberculosis: management and outcome / A. Mehrotra, K. K. Das, A. P. Nair [et al.] // *Child's Nervous System*. – 2013. – Vol. 29. – № 5. – P. 809-814.
192. Periosteal chondroma of the cervical spine: one more cause of neural foramen enlargement / W. W. Baber, Y. Numaguchi, J. A. Kenning, J. C. Harkin // *Surgical Neurology*. – 1988. – Vol. 29. – № 2. – P. 149-152.
193. Periosteal chondroma of the pediatric cervical spine: case report / D. K. Fahim, K. K. Johnson, W. E. Whitehead [et al.] // *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*. – 2009. –

Vol. 3. – № 2. – P. 151-156.

194. Permanent endovascular balloon occlusion of the vertebral artery as an adjunct to the surgical resection of selected cervical spine tumors: a single center experience / A. Ogungbemi, V. Elwell, D. Choi, F. Robertson // *Interventional Neuroradiology*. – 2015. – Vol. 21. – № 4. – P. 532-537.

195. Pithwa, Y. K. Can We Extrapolate SINS Score to Evaluate Instability in Spinal Tuberculosis? / Y. K. Pithwa, V. Sinha Roy // *Global Spine Journal*. – 2021. – P. 21925682211030876.

196. Placement and complications of cervical pedicle screws in 144 cervical trauma patients using pedicle axis view techniques by fluoroscope / Y. Yukawa, F. Kato, K. Ito [et al.] // *European Spine Journal*. – 2009. – Vol. 18. – № 9. – P. 1293-1299.

197. Posterior atlantoaxial fixation: a review of all techniques / D.-G. Huang, D.-J. Hao, B.-R. He [et al.] // *The Spine Journal*. – 2015. – Vol. 15. – № 10. – P. 2271-2281.

198. Posterior nerve-sparing multilevel cervical corpectomy and reconstruction for metastatic cervical spine tumors: case report and literature review / E. Shaaya, J. Fridley, S. M. Barber [et al.] // *World Neurosurgery*. – 2019. – Vol. 122. – P. 298-302.

199. Predicting the need for surgical intervention in patients with spondylodiscitis: the Brighton Spondylodiscitis Score (BSDS) / N. Appalanaidu, R. Shafafy, C. Gee [et al.] // *European Spine Journal*. – 2019. – Vol. 28. – № 4. – P. 751-761.

200. Preoperative catheter spinal angiography and embolization of cervical spinal tumors: outcomes from a single center / A. Patsalides, L. Z. Leng, D. Kimball [et al.] // *Interventional Neuroradiology*. – 2016. – Vol. 22. – № 4. – P. 457-465.

201. Preoperative embolization of cervical spine tumors / S. C. Vetter, E.-P. Strecker, L. W. Ackermann, J. Harms // *CardioVascular and Interventional Radiology*. – 1997. – Vol. 20. – № 5. – P. 343-347.

202. Primary chordomas of the cervical spine: a consecutive series of 14 surgically managed cases / Y. Wang, J. Xiao, Z. Wu [et al.] // *Journal of Neurosurgery: Spine*. – 2012. – Vol. 17. – № 4. – P. 292-299.

203. Primary Ewing's sarcoma of the second cervical vertebra: a rare entity / D. Gulati, A. N. Aggarwal, S. Kumar, S. Chaturvedi // *Journal of Pediatric Orthopaedics B*.

– 2011. – Vol. 20. – № 6. – P. 408-412.

204. Primary telangiectatic osteosarcoma of the cervical spine / M. K. Turel, V. Joseph, V. Singh [et al.] // *Journal of Neurosurgery: Spine*. – 2012. – Vol. 16. – № 4. – P. 373-378.

205. Primary tumors of the cervical spine: a retrospective review of 35 surgically managed cases / M. Zileli, C. Kiliñer, Y. Ersahin, S. Çagli // *The Spine Journal*. – 2007. – Vol. 7. – № 2. – P. 165-173.

206. Pseudomalignant osteoblastoma of the odontoid process / P. Fernandes, J. S. do Brito, A. Costa, J. Monteiro // *European Spine Journal*. – 2018. – Vol. 27. – № S3. – P. 477-482.

207. Rajasekaran, S. Safety of cervical pedicle screw insertion in children: a clinicoradiological evaluation of computer-assisted insertion of 51 cervical pedicle screws including 28 subaxial pedicle screws in 16 children / S. Rajasekaran, P. R. M. Kanna, A. P. Shetty // *Spine*. – 2012. – Vol. 37. – № 4. – P. e216-e223.

208. Reconstruction of the anterior craniocervical junction using an expandable cage after resection of a C1 chordoma in a 5-year-old child: case report / L. C. Eco, A. Brayton, W. E. Whitehead, A. Jea // *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*. – 2019. – Vol. 24. – № 1. – P. 62-65.

209. Reconstruction of the upper cervical spine using a personalized 3D-printed vertebral body in an adolescent with Ewing sarcoma / N. Xu, F. Wei, X. Liu [et al.] // *Spine*. – 2016. – Vol. 41. – № 1. – P. e50-e54.

210. Reliabilities of and correlations among five standard methods of assessing the sagittal alignment of the cervical spine / A. Ohara, K. Miyamoto, T. Naganawa [et al.] // *Spine*. – 2006. – Vol. 31. – № 22. – P. 2585-2591.

211. Reliability of cervical lordosis measurement techniques on long-cassette radiographs / P. Janusz, M. Tyrakowski, H. Yu, K. Siemionow // *European Spine Journal*. – 2016. – Vol. 25. – № 11. – P. 3596-3601.

212. Research progress on the biological modifications of implant materials in 3D printed intervertebral fusion cages / S. Li, Y. Huan, B. Zhu [et al.] // *Journal of Materials Science. Materials in Medicine*. – 2021. – Vol. 33. – № 1. – P. 2.

213. Resection of a retropharyngeal craniovertebral junction chordoma through a posterior cervical approach / G. S. McLoughlin, D. M. Sciubba, I. Suk [et al.] // *Journal of Spinal Disorders & Techniques*. – 2010. – Vol. 23. – № 5. – P. 359-365.
214. Resection of an upper cervical aneurysmal bone cyst and spinal reconstruction using a midline mandibular osteotomy in a pediatric patient: case report / M. M. McDowell, S. J. Hanft, S. A. Greenberg [et al.] // *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*. – 2014. – Vol. 13. – № 6. – P. 622-625.
215. Rhoton, A. L. The far-lateral approach and its transcondylar, supracondylar, and paracondylar extensions / A. L. Rhoton // *Neurosurgery*. – 2000. – Vol. 47. – № 3 Suppl. – P. s195-s209.
216. Rigid segmental cervical spine instrumentation is safe and efficacious in younger children / A. Mitchell, V. V. Upasani, C. E. Bartley [et al.] // *Child's Nervous System*. – 2019. – Vol. 35. – № 6. – P. 985-990.
217. Rustagi, T. C2 compressive osteochondroma with transient neurologic symptoms in a pediatric patient / T. Rustagi, D. A. Katz, W. F. Lavelle // *The Spine Journal*. – 2014. – Vol. 14. – № 10. – P. 2516-2517.
218. Safety and effectiveness of preoperative endovascular vertebral artery sacrifice / Wallace, M. Austin, M. Kamran [et al.] // *Electronic Poster Abstracts SNIS 14TH, Annual Meeting, July 24–27, 2017, The Broadmoor, Colorado Springs, CO*. – BMJ Publishing Group Ltd., 2017. – P. a69.1-a69.
219. Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth / J.-M. Mac-Thiong, E. Berthonnaud, J. R. Dimar [et al.] // *Spine*. – 2004. – Vol. 29. – № 15. – P. 1642-1647.
220. Sagittal balance of the spine / J. C. Le Huec, W. Thompson, Y. Mohsinaly [et al.] // *European Spine Journal*. – 2019. – Vol. 28. – № 9. – P. 1889-1905.
221. Salem, K. M. I. Trans-oral approach for the management of a C2 neuroblastoma / K. M. I. Salem, J. Visser, N. A. Quraishi // *European Spine Journal*. – 2015. – Vol. 24. – № 1. – P. 170-176.
222. Satava, R. M. Identification and reduction of surgical error using simulation / R. M. Satava // *Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies*. – 2005. – Vol. 14. – № 4-5. – P. 257-261.



223. Sayama, C. M. Cervical spine metastases: techniques for anterior reconstruction and stabilization / C. M. Sayama, M. H. Schmidt, E. F. Bisson // *Neurosurgical Review*. – 2012. – Vol. 35. – № 4. – P. 463-474.
224. Scoring system for prediction of metastatic spine tumor prognosis / Y. Tokuhashi, H. Uei, M. Oshima, Y. Ajiro // *World Journal of Orthopedics*. – 2014. – Vol. 5. – № 3. – P. 262-271.
225. Senanayake, M. P. A child presenting with tuberculous spondylitis in a single third cervical vertebra: a case report / M. P. Senanayake, I. Karunaratne // *Journal of Medical Case Reports*. – 2014. – Vol. 8. – № 1. – P. 284.
226. Sertbaş, İ. Cervical spine giant cell bone tumor: a case report / İ. Sertbaş, M. Karatay, U. P. Hacisalihoğlu // *World Journal of Surgical Oncology*. – 2019. – Vol. 17. – № 1. – P. 82.
227. Single-stage combined anterior retropharyngeal and posterior approach for the resection and reconstruction of C2 metastatic tumors: a case report / X.-F. Ren, Y.-M. Xi, G.-Q. Zhang [et al.] // *Experimental and Therapeutic Medicine*. – 2014. – Vol. 7. – № 4. – P. 887-890.
228. Single-stage total C-2 intralesional spondylectomy for chordoma with three-column reconstruction. Technical note / P. Suchomel, P. Buchvald, P. Barsa [et al.] // *Journal of Neurosurgery: Spine*. – 2007. – Vol. 6. – № 6. – P. 611-618.
229. Single-staged multilevel spondylectomy for en bloc resection of an epithelioid sarcoma with intradural extension in the cervical spine: technical case report / M. Bydon, R. De la Garza-Ramos, I. Suk [et al.] // *Operative Neurosurgery*. – 2015. – Vol. 11. – № 4. – P. e585-e593.
230. Solid aneurysmal bone cyst on the cervical spine of a young child / L. Casabianca, A. Journé, G. Mirouse [et al.] // *European Spine Journal*. – 2015. – Vol. 24. – № 6. – P. 1330-1336.
231. Solitary C1 spinal osteochondroma causing vertebral artery compression and acute cerebellar infarct / Y. Zhang, H. Ilaslan, M. S. Hussain [et al.] // *Skeletal Radiology*. – 2015. – Vol. 44. – № 2. – P. 299-302.
232. Spine extra-osseous chordoma mimicking neurogenic tumors: report of three

- cases and review of the literatures / J. Yang, X. Yang, W. Miao [et al.] // *World Journal of Surgical Oncology*. – 2016. – Vol. 14. – № 1. – P. 206.
233. Stephens, B. H. Reconstruction of the C-1 lateral mass with a titanium expandable cage after resection of eosinophilic granuloma in an adult patient / B. H. Stephens, N. M. Wright // *Journal of Neurosurgery: Spine*. – 2017. – Vol. 26. – № 2. – P. 252-256.
234. Surgical management of chordomas of the cervical spine / I. J. Barrenechea, N. I. Perin, A. Triana [et al.] // *Journal of Neurosurgery: Spine*. – 2007. – Vol. 6. – № 5. – P. 398-406.
235. Surgical resection of neoplastic cervical spine lesions in relation to the vertebral artery V2 segment / M. Al Barbarawi, Z. Odat, M. Alheis [et al.] // *Neurology International*. – 2010. – Vol. 2. – № 1. – P. 11.
236. Surgical strategy for spinal metastases / K. Tomita, N. Kawahara, T. Kobayashi [et al.] // *Spine*. – 2001. – Vol. 26. – № 3. – P. 298-306.
237. Surgical treatment of cervicothoracic junction spinal tuberculosis via combined anterior and posterior approaches in children / X. Wang, C. Zhou, C. Xi [et al.] // *Chinese Medical Journal*. – 2012. – Vol. 125. – № 8. – P. 1443-1447.
238. Surgical treatment of rotational vertebral artery syndrome induced by spinal tumor: a case report and literature review / S. Haimoto, Y. Nishimura, M. Hara [et al.] // *NMC Case Report Journal*. – 2017. – Vol. 4. – № 4. – P. 101-105.
239. Surgical treatment options for aggressive osteoblastoma in the mobile spine / L. Jiang, X. G. Liu, C. Wang [et al.] // *European Spine Journal*. – 2015. – Vol. 24. – № 8. – P. 1778-1785.
240. Tan, L. A. Cervical spine deformity - part 1: biomechanics, radiographic parameters, and classification / L. A. Tan, K. D. Riew, V. C. Traynelis // *Neurosurgery*. – 2017. – Vol. 81. – № 2. – P. 197-203.
241. Teo, W.-Y. Langerhans cell histiocytosis - a mimicker of tuberculosis of the spine / W.-Y. Teo, A.-M. Tan, M.-Y. Chan // *Journal of Paediatrics and Child Health*. – 2012. – Vol. 48. – № 12. – P. 1105-1106.
242. The evolution of sagittal segmental alignment of the spine during childhood / A.

- Cil, M. Yazici, A. Uzumcugil [et al.] // *Spine*. – 2005. – Vol. 30. – № 1. – P. 93-100.
243. The extreme lateral approach to the craniovertebral junction: an anatomical study / F. Signorelli, W. Pisciotto, V. Stumpo [et al.] // *Acta Neurochirurgica. Supplement*. – 2019. – Vol. 125. – P. 175-178.
244. The importance of multidisciplinary care for spine metastases: initial tumor management / W. C. Newman, A. Patel, J. L. Goldberg, M. H. Bilsky // *Neuro-Oncology Practice*. – 2020. – Vol. 7. – № Suppl 1. – P. i25-i32.
245. The influence of thoracic inlet alignment on the craniocervical sagittal balance in asymptomatic adults / S.-H. Lee, K.-T. Kim, E.-M. Seo [et al.] // *Journal of Spinal Disorders & Techniques*. – 2012. – Vol. 25. – № 2. – P. e41-e47.
246. The mechanism in junctional failure of thoraco-lumbar fusions. Part I: Biomechanical analysis of mechanisms responsible of vertebral overstress and description of the cervical inclination angle (CIA) / J.-C. Le Huec, J. Richards, A. Tsoupras [et al.] // *European Spine Journal*. – 2018. – Vol. 27. – № S1. – P. 129-138.
247. The NOMS framework: approach to the treatment of spinal metastatic tumors / I. Laufer, D. G. Rubin, E. Lis [et al.] // *The Oncologist*. – 2013. – Vol. 18. – № 6. – P. 744-751.
248. The SORG nomogram accurately predicts 3- and 12-months survival for operable spine metastatic disease: External validation / N. R. Paulino Pereira, L. McLaughlin, S. J. Janssen [et al.] // *Journal of Surgical Oncology*. – 2017. – Vol. 115. – № 8. – P. 1019-1027.
249. The transmanubrial approach for cervicothoracic junction lesions: feasibility, limitations, and advantages / J.-H. Park, S. B. Im, J. H. Jeong [et al.] // *Journal of Korean Neurosurgical Society*. – 2015. – Vol. 58. – № 3. – P. 236-241.
250. The value of postural reduction in the initial management of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia. I / H. L. Frankel, D. O. Hancock, G. Hyslop [et al.] // *Paraplegia*. – 1969. – Vol. 7. – № 3. – P. 179-192.
251. Titanium vs. polyetheretherketone (PEEK) interbody fusion: Meta-analysis and review of the literature / S. Seaman, P. Kerezoudis, M. Bydon [et al.] // *Journal of Clinical Neuroscience*. – 2017. – Vol. 44. – P. 23-29.

252. Torticollis as a sign of spinal tuberculosis / R. Boussetta, M. Zairi, S. B. Sami [et al.] // *Pan African Medical Journal*. – 2020. – Vol. 36. – P. 277.
253. Torticollis as the presenting sign of cervical spondylodiscitis / A. Pizzol, M. Bramuzzo, R. Pillon [et al.] // *Pediatric Emergency Care*. – 2016. – Vol. 32. – № 12. – P. 863-864.
254. Total cervical spondylectomy for primary osteogenic sarcoma: case report and description of operative technique / Z. R. Cohen, D. R. Fournay, R. A. Marco [et al.] // *Journal of Neurosurgery: Spine*. – 2002. – Vol. 97. – № 3. – P. 386-392.
255. Total en bloc spondylectomy for solitary spinal metastases / K. Tomita, N. Kawahara, H. Baba [et al.] // *International Orthopaedics*. – 1994. – Vol. 18. – № 5. – P. 291-298.
256. Total en bloc spondylectomy of C3: a new surgical technique and literature review / J. Štulík, M. Barna, T. Vyskočil [et al.] // *Acta Chirurgiae Orthopaedicae Et Traumatologiae Cechoslovaca*. – 2015. – Vol. 82. – № 4. – P. 261-267.
257. Total en bloc spondylectomy of C5 vertebra for chordoma / B. L. Currier, P. J. Papagelopoulos, W. E. Krauss [et al.] // *Spine*. – 2007. – Vol. 32. – № 9. – P. e294-e299.
258. Transoral approaches to the cervical spine / W. Hsu, J.-P. Wolinsky, Z. L. Gokaslan, D. M. Sciubba // *Neurosurgery*. – 2010. – Vol. 66. – № 3 Suppl. – P. 119-125.
259. Treatment of osteoblastoma at C3-4 in a child: a case report / G. Feng, K. Huang, L. Li [et al.] // *BMC Musculoskeletal Disorders*. – 2014. – Vol. 15. – № 1. – P. 313.
260. Triple total cervical vertebrectomy for a giant cell tumor: case report / O. Gille, C. Soderlund, J. Berge [et al.] // *Spine*. – 2005. – Vol. 30. – № 10. – P. e272-e275.
261. Tuberculosis of the lower cervical spine (C5–C6) in a 24-month-old infant / Y. Tian, X. Shen, X. Wang [et al.] // *The Spine Journal*. – 2013. – Vol. 13. – № 8. – P. e17-e20.
262. Tumeur à cellules géantes de C2 colonisée par un kyste anévrismal. À propos d'un cas / H. Cebula, F. Boujan, R. Beaujeux [et al.] // *Neurochirurgie*. – 2012. – Vol. 58. – № 6. – P. 376-381.
263. Two-stage en bloc resection of multilevel cervical chordomas with vertebral artery preservation: operative technique / X. Wang, E. Eichbaum, F. Jian, D. Chou //

Operative Neurosurgery. – 2018. – Vol. 14. – № 5. – P. 538-545.

264. Two-stage multilevel cervical spondylectomy for aneurysmal bone cyst / S. Simsek, U. Er, H. A. Demir [et al.] // Turkish Neurosurgery. – 2013. – Vol. 23. – № 3. – P. 415-419.

265. Upper cervical spine chordoma of C2–C3 / L. Jiang, Z. J. Liu, X. G. Liu [et al.] // European Spine Journal. – 2009. – Vol. 18. – № 3. – P. 293-300.

266. Vaccaro, A. R. The use of allograft bone and cages in fractures of the cervical, thoracic, and lumbar spine / A. R. Vaccaro, J. Cirello // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 2002. – № 394. – P. 19-26.

267. Vassal, F. Margin-free, en bloc resection of a multilevel cervical chordoma with C-2 involvement: case report with 2-year follow-up and description of operative technique / F. Vassal, B. Dumas, C. Nuti // British Journal of Neurosurgery. – 2012. – Vol. 26. – № 6. – P. 929-931.

268. Vecil, G. G. Musculoskeletal images. C3 aneurysmal bone cyst / G. G. Vecil, N. S. Schachar, R. J. Hurlbert // Canadian Journal of Surgery. Journal Canadien De Chirurgie. – 2002. – Vol. 45. – № 1. – P. 11-15.

269. Ventral surgical approaches to craniovertebral junction chordomas / H. Singh, J. Harrop, P. Schiffmacher [et al.] // Neurosurgery. – 2010. – Vol. 66. – № 3 Suppl. – P. 96-103.

270. Vernon, H. The Neck Disability Index: a study of reliability and validity / H. Vernon, S. Mior // Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics. – 1991. – Vol. 14. – № 7. – P. 409-415.

271. Vernon, H. The Neck Disability Index: state-of-the-art, 1991-2008 / H. Vernon // Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics. – 2008. – Vol. 31. – № 7. – P. 491-502.

272. Vertebral artery sacrifice versus skeletonization in the setting of cervical spine tumor resection: case series / E. M. Westbroek, Z. Pennington, J. Ehresman [et al.] // World Neurosurgery. – 2020. – Vol. 139. – P. e601-e607.

273. Vertebral body hyperostosis as a presentation of Pott's disease: a report of two cases and literature review / A. Umredkar, S. Mohindra, R. Chhabra, R. Gupta //

Neurology India. – 2010. – Vol. 58. – № 1. – P. 125-127.

274. Vertebrectomy of giant cell tumor with vertebral artery embolization: case report / L. M. Rodrigues, R. J. Nicolau, E. B. Puertas, C. Milani // Journal of Pediatric Orthopaedics B. – 2009. – Vol. 18. – № 2. – P. 99-102.

275. Vibhu Krishnan, V. Cervical Sagittal Alignment Parameters - What do we Know So Far? A Mini-Review / V. Vibhu Krishnan // Open Access Journal of Surgery. – 2018. – Vol. 9. – № 3. – P. 555762.

276. Vrints, I. Multilevel cervical reconstruction with no remaining hardware: the potential of a vascularised fibular strut graft / I. Vrints, B. Depreitere, J. J. Vranckx // Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery. – 2012. – Vol. 65. – № 12. – P. e344-e347.

277. Which parameters are relevant in sagittal balance analysis of the cervical spine? A literature review / F. P. Ling, T. Chevillotte, A. Ieglise [et al.] // European Spine Journal. – 2018. – Vol. 27. – № S1. – P. 8-15.

278. Youssef, A. S. Extended transoral approaches: surgical technique and analysis / A. S. Youssef, A. E. Sloan // Neurosurgery. – 2010. – Vol. 66. – № 3 Suppl. – P. 126-134.

279. Zimmermann, P. Odontoid osteomyelitis in children: illustrative case reports and review of the literature / P. Zimmermann, N. Ritz, E. Stranzinger // Pediatric Infectious Disease Journal. – 2016. – Vol. 35. – № 8. – P. 920-923.

280. Zoarski, G. H. Safety of unilateral endovascular occlusion of the cervical segment of the vertebral artery without antecedent balloon test occlusion / G. H. Zoarski, R. Seth // American Journal of Neuroradiology. – 2014. – Vol. 35. – № 5. – P. 856-861.