

*На правах рукописи*

**Абрамов Александр Сергеевич**

**Функциональная мультиспиральная компьютерная томография шейного  
отдела позвоночника до и после стабилизирующих операций**

14.01.13 – Лучевая диагностика, лучевая терапия

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Москва – 2021

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

**Научный руководитель:**

академик РАН, доктор медицинских наук,  
профессор

**Терновой Сергей Константинович**

**Официальные оппоненты:**

**Дьячков Константин Александрович** – доктор медицинских наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. академика Г.А. Илизарова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ведущий научный сотрудник; рентгеновское отделение, заведующий отделением

**Морозов Александр Константинович** – доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, отделение лучевой диагностики, заведующий отделением

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Защита состоится «20» октября 2021 г. в 11.00 часов на заседании диссертационного совета ДСУ 208.001.06 при ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по адресу: 119435, г. Москва, ул. Большая Пироговская, д.6, стр. 1

С диссертацией можно ознакомиться ЦНМБ ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по адресу: 119034, г. Москва, ул. Зубовский бульвар, д. 37/1 и на сайте организации [www.sechenov.ru](http://www.sechenov.ru)

Автореферат диссертации разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 года.

Ученый секретарь диссертационного совета  
кандидат медицинских наук

**Павлова Ольга Юрьевна**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность исследования

Проблема нестабильности шейного отдела позвоночника в настоящее время занимает значительное место в общей популяции пациентов трудоспособного возраста, поскольку на её долю приходится до 40% случаев потери трудоспособности (Давыдов Е.А., 2013; Крутко А.В., 2013; Федотова Е.П., 2016). Учитывая достаточно широкую распространённость, заболевание не только ухудшает качество жизни пациентов, но и имеет экономическое значение, так как снижает продуктивность выполняемой работы и повышает общее число дней нетрудоспособности (Côté P., 2004; Childs J.D. 2004).

Нестабильность представляет собой патологическую подвижность в позвоночном сегменте. Это может быть либо увеличение амплитуды нормальных движений, либо возникновение нехарактерных для нормы новых степеней свободы движений (Crossb E.T., 1990; White A.A. e.a., 1976).

Диагностика нестабильности шейного отдела позвоночника весьма затруднительна. Согласно данным исследователей, имеющиеся на сегодняшний день в арсенале специалистов диагностические инструменты непоследовательны и не обладают достаточной специфичностью (Suzuki F., 2008; Röijezon U., 2010; Murphy D.R., 2011).

Основным методом диагностики нестабильности шейного отдела позвоночника является измерение горизонтального и углового смещения тела шейного позвонка на боковых рентгеновских снимках; однако единый диагностический стандарт для выявления патологии до сих пор отсутствует (Alizada M., 2018). Кроме того, из-за наличия отягощающих факторов, таких как морфологическая изменчивость отдельных тел позвонков и вариации рентгенографического увеличения, ошибки измерения также неизбежны (Волков А.А., 2016).

В качестве альтернативы рентгенографии предлагается выполнение других более точных методик, таких как ультразвуковое исследование, магнитно-резонансная томография, компьютерная томография, однако все предлагаемые методы не лишены определенных недостатков (Бурцев А.В., 2012; Табе Е.Э., 2013; Черноротов В.А., 2016).

Поскольку правильная диагностика нестабильности шеи является залогом эффективного лечения пациентов, поиск универсальной высокоточной диагностической методики сохраняет свою актуальность.

### **Цель настоящего исследования**

Совершенствование лучевой диагностики у пациентов с нестабильностью позвоночно-двигательных сегментов шейного отдела позвоночника на до- и послеоперационных этапах лечения с использованием функциональной мультиспиральной компьютерной томографии.

### **Задачи исследования**

1. Разработать методику проведения функциональной мультиспиральной компьютерной томографии шейного отдела позвоночника для определения взаимоотношений сочленяющихся поверхностей позвоночно-двигательных сегментов шейного отдела позвоночника во время проведения функциональной пробы.
2. Провести сравнительный анализ использования методов функциональной мультиспиральной компьютерной томографии и стандартной рентгенографии с проведением функциональной пробы у пациентов с нестабильностью позвоночно-двигательных сегментов в шейном отделе позвоночника.
3. Оценить возможности применения для получения дополнительной информации при применении функциональной мультиспиральной компьютерной томографии на дооперационном этапе у пациентов с нестабильностью позвоночно-двигательных сегментов в шейном отделе позвоночника для получения дополнительной информации.
4. Определить возможности функциональной мультиспиральной компьютерной томографии для послеоперационного контроля пациентов с нестабильностью в шейном отделе позвоночника.

### **Научная новизна**

Впервые изучены пространственные взаимоотношения сочленяющихся поверхностей позвоночно-двигательных сегментов шейного отдела позвоночника при одномоментном выполнении сгибательного движения и томографирования в динамическом режиме.

Определены критерии нестабильности шейного отдела позвоночника в виде ограничения подвижности, а также гиперподвижности каждого шейного позвонка во время проведения функциональной пробы на сгибание во время проведения функциональной мультиспиральной компьютерной томографии.

Разработан способ диагностики нестабильности позвоночно-двигательных сегментов шейного отдела позвоночника, основанный на использовании функциональной мультиспиральной компьютерной томографии непосредственно в момент осуществления пациентом сгибательного движения, оформленный в виде патента на изобретение РФ №2016123711, от 15.06.2016.

### **Практическая ценность работы**

Методика проведения функциональной мультиспиральной компьютерной томографии для определения взаимоотношений сочленяющихся поверхностей позвоночно-двигательных сегментов шейного отдела позвоночника во время проведения функциональной пробы, которая позволяет выявить наличие нестабильности шейного отдела позвоночника. Использование данной методики показало высокую диагностическую точность функциональной мультиспиральной компьютерной томографии, превышающую показатели функциональной рентгенографии в определении тактики и объема хирургического вмешательства, а также дает возможность осуществлять послеоперационный контроль данной группы пациентов.

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

1. Разработанная методика функциональной мультиспиральной компьютерной томографии является объективным и высокоэффективным методом определения взаимоотношений сочленяющихся поверхностей позвоночно-двигательных сегментов шейного отдела позвоночника, повышающим уровень выявляемости нестабильности позвоночно-двигательных сегментов в шейном отделе позвоночника.

2. Сравнительный анализ методов функциональной мультиспиральной компьютерной томографии (функциональная МСКТ) и стандартной рентгенографии с проведением функциональной пробы у пациентов с нестабильностью в шейном отделе позвоночника показал высокую диагностическую точность функциональной МСКТ, превышающую показатели функциональной рентгенографии на 48,0%.

3. Использование функциональной мультиспиральной компьютерной томографии на дооперационном этапе у пациентов с нестабильностью в шейном отделе позвоночника способствует хорошим результатам лечения, как в ближайшем, так и отдалённом периодах.

4. Применение метода функциональной мультиспиральной компьютерной томографии для послеоперационного контроля позволяет оценить правильность установки имплантатов и металлоконструкций использованных для выполнения стабилизации шейного отдела позвоночника благодаря возможности использования программы подавления артефактов от металлоизделий.

### **Внедрение результатов исследования**

Результаты диссертационного исследования внедрены в педагогическую работу кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ИКМ им. Н.В. Склифосовского, в лечебный процесс отделения лучевой диагностики № 2 Университетской Клинической больницы №1.

## **Личный вклад автора**

Научные результаты, представленные в диссертационной работе, получены автором самостоятельно в отделения лучевой диагностики № 2 Университетской Клинической больницы №1 Сеченовского Университета. В исследование включено 87 с направительным диагнозом – нестабильность позвоночно-двигательных сегментов шейного отдела позвоночника. Автор принимал непосредственное участие в лучевом обследовании на до- и послеоперационных этапах обследования. Автором проанализированы результаты методов лучевой диагностики, определена диагностическая эффективность лучевых методов исследования на до- и послеоперационных этапах обследования.

## **Публикации**

По результатам исследования автором опубликовано 9 работ, из них 4 статьи в рецензируемых журналах перечня ВАК при Минобрнауки России, в том числе 2 статьи в журналах, входящих в перечень международной базы данных Scopus, патент на изобретение.

## **Соответствие паспорту научной специальности**

По тематике, методам исследования (рентгенологическое исследование, мультиспиральная компьютерная томография, функциональная мультиспиральная компьютерная томография), предложенным новым научным положениям представленная диссертация соответствует паспорту научной специальности 14.01.13 – Лучевая диагностика, лучевая терапия.

## **Апробация работы**

Основные положения работы доложены на конгрессе Российского общества рентгенологов и радиологов 2017, VI Евразийский конгресс травматологов-ортопедов, XI Всероссийский национальный конгресс лучевых диагностов и терапевтов - «Радиология» 2017, XII Всероссийский национальный конгресс лучевых диагностов и терапевтов - «Радиология» 2018, X съезд ассоциации хирургов-вертебрологов 2019, XIII Всероссийский национальный конгресс лучевых диагностов и терапевтов «Радиология» 2019.

## **Объем и структура диссертации.**

Диссертация изложена на 116 страницах машинописного текста, включает введение, обзор литературы, главу, посвящённую материалам и методам исследования, главу собственных исследований, заключение, выводы, практические рекомендации и указателя литературы, включающего 164 источника.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### **Материал и методы исследования**

Настоящая работа выполнена на базе УКБ №1 ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (ректор – Академик РАН, проф. Глыбочки П.В.), в отделении лучевой диагностики № 2 Университетской Клинической больницы №1 в течение 2016-2019 гг.

Для решения поставленных задач проведено аналитическое исследования по типу «случай-контроль». На первом этапе исследования была разработана методика проведения функциональной МСКТ для определения взаимоотношений сочленяющихся поверхностей позвоночно-двигательных сегментов шейного отдела позвоночника во время проведения функциональной пробы.

Далее стояла задача исследовать особенности внедрения в клиническую практику метода функциональной МСКТ шейного отдела позвоночника. Оценены результаты применения предложенной методики на базе УКБ №1 ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), в отделении лучевой диагностики № 2 Университетской Клинической больницы №1 за период 3 лет. Проанализированы результаты проведения функциональной МСКТ у 87 пациентов с направительным диагнозом НПДС. Среди них были 67 пациентов с ранее выполненной функциональной рентгенографией и 20 пациентов с ранее выполненной компьютерной томографией. Среди пациентов данных групп диагноз НПДС не был подтвержден у 35 пациентов (40,22%).

На следующем этапе был выполнен анализ 67 историй болезни пациентов с направительным диагнозом НПДС, которым ранее была выполнена функциональная рентгенография шейного отдела позвоночника направленных в отделение травматологии и ортопедии УКБ №1 Первого МГМУ им И.М. Сеченова для выполнения хирургического вмешательства – стабилизации шейного отдела позвоночника с 2017 по 2019 г. Данным пациентам были выполнены: функциональная рентгенография шейного отдела позвоночника и фМСКТ. Проведено сравнение диагностической ценности двух методик.

По результатам функциональной МСКТ диагноз НПДС подтвердился у 52 пациентов (59,7%), которые впоследствии подверглись хирургической коррекции – стабилизации шейного отдела позвоночника.

Для оценки эффективности применения фМСКТ у пациентов с НПДС были оценены результаты лечения пациентов в отделении травматологии и ортопедии УКБ №1 Первого МГМУ им И.М. Сеченова с 2016 по 2019 г - 52 пациента, которым для пред – и постоперационной

диагностики нестабильности шейного отдела позвоночника использовались рентгенография и фМСКТ.

Клиническое обследование пациентов включало в себя подробный сбор анамнеза. При поступлении изучали характер жалоб и их динамику. Ведущими жалобами у обследованных были головная боль, головокружение, боль в шейном отделе позвоночника после физической нагрузки, ограничение движений в шейном отделе позвоночника при эпизодах блокады атлантоаксиального сочленения (ротационный подвыших атланта), снижение физической активности.

Для оценки результатов лечения, также были применялись различные опросники. Сравнение результатов терапии в двух группах проводилось в сроки - 1, 6, 12 и 18 месяцев после операции. Повторное исследование пациентов с НПДС после оперативного вмешательства выполнялось через 12 месяцев после оперативного вмешательства.

Для оценки интенсивности болевого синдрома использовалась визуальная аналоговая шкала боли (ВАШ). Качество жизни пациентов оценивали с помощью опросника Освестри (индекс ODI). Использовалась валидизированная русскоязычная версия опросника 2.1а. Для субъективной оценки эффективности операции использовалась шкала Макнаб (Macnab) в модифицированном варианте, где каждому из уровней удовлетворенности пациента соответствуют критерии. В соответствии с этими критериями, определялся исход операции для пациента.

При подозрении на НШОП на поликлиническом этапе пациента направлялись на рентгенографию шейного отдела позвоночника с функциональными пробами. Для рентгendiагностики использовались цифровые аппараты различных производителей. На полученных снимках выполнялась оценка изменения сагиттального профиля шейного лордоза, формы, контуров и размера тел позвонков, соотношение их относительно друг друга. Функциональные боковые рентгенограммы выполнялись в положении максимального сгибания и разгибания в шейном отделе, что позволило определить амплитуду подвижности позвоночных двигательных сегментов шейного отдела, выявить гипо- и гипермобильные сегменты.

В ходе научной работы одним из основных методов исследования так же была функциональная мультиспиральная компьютерная томография шейного отдела позвоночника в разработанной укладке, без контрастирования.

Для проведения диагностического исследования использовался аппарат Toshiba Aquilion One (TSX-301C) используемый на базе УКБ №1 ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), в кабинете рентгеновской

компьютерной томографии и маммографии Российско-японского Центра визуализации сердца. Исследование дополнялось построением мультипланарных и 3D-реконструкций в движении.

Обследование пациентов проводилось по запатентованному методу «Способ функциональной мультиспиральной компьютерно-томографической диагностики нестабильности позвоночно-двигательных сегментов шейного отдела позвоночника» - RU (11) 2 637 829 2 637 829 (13) C1, от 15.06.2-16. Мультиспиральная компьютерная томография выполнялась в объемном режиме «Volume cervical spine» с толщиной среза 1 мм в аксиальной проекции.

Томографирование выполнялось проводят по разработанному протоколу, представленному ниже (Рисунок 1).

После получения топограммы в сагиттальной и фронтальной проекциях выполнялась серия срезов в аксиальной проекции. При этом пациентом осуществлялось движение в шейном отделе позвоночника в виде сгибания шеи из положения максимального разгибания.

Протокол МСКТ шейного отдела позвоночника	
Режим томографирования	объемный
Толщина среза	1 мм
Угол наклона гентри	0
Поле исследования	16 см
Напряжение	100 кВ
Сила тока	60 мА
Время одного оборота рентгеновской трубки	0.5 сек
Время исследования	9.3 сек
Тип реконструкции	костный

Рисунок 1 – Протокол проведения МСКТ шейного отдела позвоночника

На выполнение движения пациенту отводится 8 секунд. Движение выполняется пациентом под счет исследователя. После томографирования выполняется реконструкция шейного отдела позвоночника с толщиной среза 1 мм, а также мультипланарная реконструкция (МПР) во фронтальной и сагиттальных проекциях. На полученных КТ-изображениях выполняется оценка и измерение передне-заднего смещения позвонков (Рисунок 2).

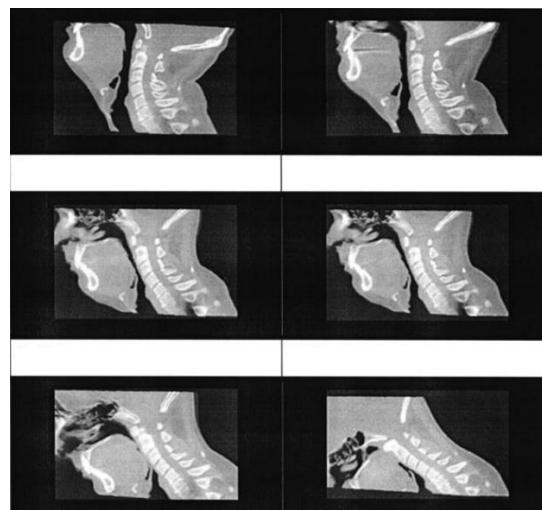


Рисунок 2 – Последовательные томографические движения в ШОП изображения при функциональной МСКТ

Функциональная мультиспиральная компьютерная томография так же выполнялась на послеоперационном этапе благодаря аппаратной возможности применения программы подавления сигнала от металлоконструкций, что позволяет выполнить точную оценку правильности установки имплантатов и металлоконструкций для выполнения стабилизации шейного отдела позвоночника. Метод не требует специальной подготовки пациента и дополнительных рекомендаций. Лучевая нагрузка на пациента во время исследования составляет от 7,2 до 10,4 мЗв.

В ходе проведения работы, используемые дозовые коэффициенты, соответствовали прописанным в Рекомендациях [Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгенорадиологических исследований: Методические рекомендации.— М : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2015.— 42 с.].

При проведении фМСКТ дозовый коэффициент  $\text{eDLP}$  составил 0,0054 мЗв/(мГр·см).

Расчет значений эффективной дозы для каждого пациента проводился на основании измеренного значения произведения дозы на площадь с использованием соответствующих дозовых коэффициентов, приведенных в МУ 2.6.1.2944— 11 [Методические указания МУ 2.6.1.2944-11 "2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований".]

Исследование проводилось в 2-х режимах:

- Continuous - режим непрерывной работы рентгеновской трубки.
- Intermediate - режим работы рентгеновской трубки с заданным интервалом пауз в 1.3 секунду.

Распределение пациентов в зависимости от полученной лучевой нагрузки представлено на Рисунке 3.

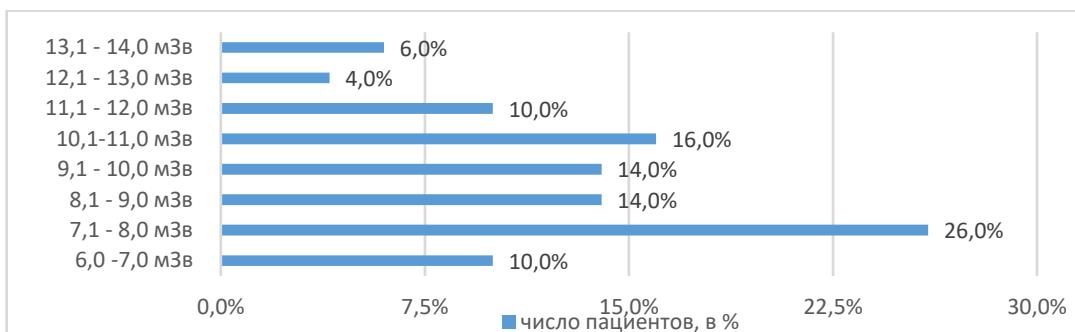


Рисунок 3 – Распределение пациентов в зависимости от полученной лучевой нагрузки

Средняя лучевая нагрузка составила -  $9,4 \pm 1,1$  мЗв

В зависимости от применяемого режима, все пациенты были поделены на 2 группы:

- Группа А - пациенты, которым исследование проводилось в режиме Continuous. Их лучевая нагрузка была выше, чем у пациентов группы Б и составила от 9 мЗв до 14 мЗв - 25 пациентов.
- Группа Б - пациенты, которым исследование проводилось в режиме Intermediate. Их лучевая нагрузка составила от 6,8 мЗв до 8,4 мЗв - 25 пациентов.

Обеим группам выполнялось исследование с использованием аппаратной возможности снижения лучевой нагрузки в режиме SureExposure настраиваемой автоматически при выполнении топограммы для разметки. Индивидуально для каждого пациента выбирались киловольтаж (kV) и милиамперы (mA). С учетом полученных изображений, их качества и возможности оценки состояния позвоночного столба/МПД, отметим, что полученные данные были равнозначны по качеству и объему и позволяли достоверно описать состояние позвоночника. Благодаря применению технологии снижения лучевой нагрузки (SureExposure) и использованию протокола Intermediate, позволило снизить лучевую нагрузку на пациента без потери качества полученных изображений.

#### **Определение степени тяжести пациентов по данным лучевых методов**

В зависимости от результатов лучевых методов, согласно классификации Harbourview System, пациенты классифицировались по различным степеням тяжести нестабильности. Для постановки диагноза НПДС методом функциональной МСКТ используются те же критерии, что и при выполнении рентгенографии, но дополнительно используем шкалу критериев нестабильности разработанную White and Punjabi.

## **Оценка результатов применения функциональной мультиспиральной компьютерной томографии у пациентов с нестабильностью позвоночно-двигательных сегментов шейного отдела позвоночника.**

На данный момент методикой функциональной МСКТ при направительном диагнозе НПДС обследовано 87 пациентов. Подробнее результаты обследования представлены на Рисунке 4.



Рисунок 4 – Результаты обследования пациентов по данным функциональной МСКТ

Из числа всех пациентов у 17 (19,54%) после применения методики была выявлена гипермобильность шейного отдела позвоночника, и снято подозрение на наличие нестабильности; им проводилась фиксация шейного отдела посредством воротника Шанца, исключение каких-либо физических нагрузок на шейный отдел, применялось ЛФК для укрепления мышечного каркаса, а так же физиотерапевтические методы, целью которых является улучшение кровоснабжения в шейном отделе позвоночника.

У 18 (20,7%) пациентов диагноз нестабильность позвоночно-двигательных сегментов был исключен, были выявлены поражения межпозвонковых дисков, а именно грыжи, с различной степенью компрессии нервных волокон, пациентам рекомендована консультация и последующее лечение у неврологов, так же для уточнения объема поражения нервных волокон была рекомендована МРТ ШОП, после проведенной функциональной МСКТ пациенты не вернулись.

По результатам функциональной МСКТ диагноз НПДС подтвердился у 52 пациентов (59,7%). В дальнейшем они были прооперированы в отделении травматологии и ортопедии УКБ№1 Первого МГМУ им И.М. Сеченова.

Из группы пациентов с выявленной нестабильностью шейного отдела позвоночника после выполнения фМСКТ у 28 (32,18%) пациентов ранее на поликлиническом этапе после выполнения стандартной рентгенографии с функциональной пробой убедительных рентгенологических признаков нестабильности не было выявлено. Срок выполнения рентгенографии колебался от 2 недель до 3 месяцев до выполнения функциональной МСКТ (средний срок -  $1,3 \pm 0,2$  мес назад).

Ложно отрицательные результаты рентгенографии могут быть объяснены различными причинами, среди которых в качестве основных можно назвать: возрастные изменения костей, которые были неправильно трактованы специалистами; неправильную технику выполнения снимков; сумму теней и другие факторы.

Так же среди пациентов, с подтвержденным, по данным функциональной МСКТ, диагнозом НПДС - 20 исследуемым (22,9%) не ранее чем за 4 мес (от 1 до 4 мес, средний срок -  $2,6 \pm 0,3$  мес назад) была выполнена КТ, но признаков нестабильности так же выявлено не было. Вероятно, причиной ложно отрицательных результатов КТ при НПДС является статичность исследования и невозможность оценить структуру позвоночника в динамике. В частности, в ходе исследования можно выявить листезы, но оценить их стабильность невозможно.

Анализ генеза нестабильности ШОП показал, что у 22 пациентов (25,28%) патология носила посттравматический характер, у 30 пациентов (34,48%) - дегенеративный.

Согласно полученным данным, отсутствие ранее проведенных функциональной рентгенографии или компьютерной томографии достоверно чаще встречается у пациентов с более тяжелым течением НПДС, а значит, означает наиболее вероятный пропуск патологии и ухудшение состояния пациента. Это может быть связано с недооценкой клинической картины патологии, а также в связи с поздней обращаемостью пациентов за медицинской помощью.

#### **Анализ результатов использования функциональной мультиспиральной компьютерной томографии и стандартной рентгенографии для верификации нестабильности позвоночно-двигательных сегментов шейного отдела позвоночника.**

Проведен анализ 67 историй болезни пациентов с направительным диагнозом НПДС, направленных на лечение в отделение травматологии и ортопедии УКБ №1 Первого МГМУ им И.М. Сеченова с 2017 по 2019 г. Эти пациенты ранее обследовались в других стационарах, где диагностика патологии ограничивалась выполнением рентгенографии шейного отдела позвоночника в прямой и боковой проекциях.

Среди обследуемых преобладали мужчины - 59,7% (n=40), женщин было 40,3% (n=27). Возраст пациентов составлял от 26 до 66 лет. В большинстве случаев страдали лица трудоспособного возраста - 79,1% (n=53 человек).

При оценке степени тяжести нестабильности (по классификации Harbourview Classification System), отмечено, что у большинства пациентов наблюдалась II степень .

В ходе рентгенологического исследования в группе сравнения смещение позвонков только при сгибании выявлено у 20 пациентов (29,9%), только при разгибании - у 27 (40,3%). Признаки нестабильности межпозвонковых сегментов как в положении флексии, так и в положении экстензии диагностированы в 19 наблюдениях (28,4%). При сравнительном анализе смещения позвонков было установлено, что в положении сгибания нестабильные ретролистезы и антелистезы встречались соответственно в 40 (59,7%) и 27 (40,3%) наблюдениях. В положении разгибания значительно чаще встречались нестабильные ретролистезы. Они были выявлены у 42 человек (62,9%), в то время как нестабильные антелистезы наблюдались у 11 пациентов (16,4%). И в положении максимального сгибания и в положении максимального разгибания в процесс формирования патологической подвижности межпозвонковых сегментов оказались вовлечеными C3-C7-позвонки, в то время как C1- и C2-позвонки оставались стабильными.

В позе сгибания смещение C4-позвонка установлено у 36 пациентов, что составило 53,7% клинических наблюдений. Амплитуда его смещения достигала в среднем  $2,5 \pm 0,6$  мм (1-4 мм). Патологическая мобильность C3- и C5-позвонков встречалась в 20 (29,8%) и 13 (19,4%) случаях соответственно, а протяженность патологического скольжения позвонков при выполнении функциональных нагрузок составила  $2,5 \pm 0,7$  мм (1-5 мм) и  $2,5 \pm 0,6$  мм (1-3 мм). Реже всего по данным, полученным после проведения функционального рентгенологического исследования, отмечалось смещение C2- и C6-позвонков. Так, патологическая подвижность C2-позвонка встречалась в 11 (16,4%) наблюдениях и достигала  $2,3 \pm 0,6$  мм (1-4 мм), а смещение C6-позвонка - в 6 (9,0%) и соответствовала  $2,75 \pm 0,45$  мм (2-3 мм). В позе разгибания наиболее часто регистрировали смещение C3- и C4-позвонков. Наличие дополнительной степени свободы C3-позвонка при экстензии ШОП установлено у 26 пациентов (38,8%), при этом смещение достигало  $2,4 \pm 0,6$  мм (1-4 мм). Нестабильность C4-позвонка диагностирована у 36 (53,7%), со смещением  $2,4 \pm 0,7$  мм (1-4 мм). Несколько реже отмечена нестабильность C2-позвонка - у 13 пациентов (19,4%) с амплитудой отклонения  $2,2 \pm 0,6$  мм (1-5 мм), а C5-позвонка - у 27 (40,3%) с амплитудой  $2,5 \pm 0,6$  мм (1-4 мм). Смещение C6-позвонка в положении максимального разгибания было установлено у 1 человека (1,5%) и оставило  $2,25 \pm 0,2$  мм.

В позе максимального сгибания нестабильность 2-х шейных позвонков была выявлена у 40 пациентов (59,7%). Реже наблюдали избыточную мобильность 1 или 3 позвонков. Так,

смещение 1 позвонка диагностировано у 17 человек (25,4%), 3 - у 10 пациентов (14,9%). В позе максимального разгибания смещение 1, 2 и 3 позвонков, встречалось со следующей частотой: 27 (40,3%), 22 (32,8%) и 18 (26,9%) клинических наблюдений.

Известно, что НПДС по своим клиническими проявлениям схожа с гипермобильностью ШОП, которая в отличие от первой обусловлена анатомо-физиологическими особенностями.

По результатам функциональной МКСТ была выполнена оценка встречаемости признаков нестабильности и гипермобильности ШОП (Таблица 1).

Таблица 1 – Признаки НПДС и гипермобильности ШОП у исследуемых пациентов

Признаки	Частота признаков	
	абс число	%
Гипермобильность ШОП	Слабо выраженный болевой синдром	6 8,9%
Нестабильность НПДС	Увеличение амплитуды в шейном отделе позвоночника	58 86,6%
	Ограничение движений в шейном отделе позвоночника	53 79,1%
	Сагittalная трансляция тел шейных позвонков более 3 мм	60 89,6%
	Угловая деформация (угол между линиями, проведенными по нижней и верхней замыкательной пластине тел вышележащего и нижележащего шейных позвонков соответственно) более 11 градусов	59 88,1%
	Снижение высоты межпозвонкового диска	63 94,0%
	Боль в шее	61 91,0%
	Неврологические расстройства	58 86,6%
	Напряжение мышц подзатылочной области	60 89,6%

Отмечено, что по итогам проведения рентгенографии у 6 пациентов диагноз НПДС был выставлен неверно. В данном случае имеет место быть гипермобильность ШОП. Таким образом, число должно положительных результатов по данным функциональной рентгенографии составило 8,9%.

Использование функциональной МКСТ при НПДС в отличие от рентгенографии позволяет визуализировать структурные изменения позвонков, грыжи межпозвонковых дисков, «вакуум-феномен», определить стеноз позвоночного канала, изменения в атланто-осевом сочленении, артроз полулунных и суставных отростков, изменения связочного аппарата, а также оценить архитектонику и состояние костной ткани.

При оценке состояния атлантоосевого сустава отмечено, что у 58 (86,6%) пациентов были выявлены явления субхондрального остеосклероза, свидетельствующие о поздних стадиях остеоартроза, у 45 пациентов (67,2%) отмечалась кистозная перестройка костной ткани, которая чаще всего говорит об обострении патологического процесса. У одного пациента (1,5%) был диагностирован артроз унко-вертебральных сочленений.

В другом клиническом случае в субкортикальном отделе задней поверхности С2 отмечалось разряжение костной ткани с четкими и ровными контурами, размерами до 2,2x2,8x4 мм., гомогенной плотности – была диагностирована киста.

У всех пациентов межпозвонковые суставы имели склерозированные суставные фасетки, заострение тел позвонков наблюдалось в 47 случаях (70,1%). У 1-го пациента наблюдалась компрессия дурального мешка (1,5%). У 22 (32,8%) пациентов отмечалось выстояние костных остеофитов в полость канала спинного мозга, величина которого варьировала от 2,3 до 3,3 мм.

У одного пациента наблюдалось обызвествление передней и задней продольных связок на уровне С5-С7. Ещё у 5 пациентов (7,5%) было зафиксировано обызвествление передней и задней продольных связок на уровне С6-С7.

Сложная геометрия шейного отдела позвоночника обеспечивает полиморфность движений, в результате чего многократные точки воздействия нагрузки могут быть направлены как к каждому позвонку, так и на шейный отдел позвоночника в целом. Анатомические структуры, которые представляют шейный отдел позвоночника, обычно подвергаются разнообразным комбинациям нагрузок. Многократные воздействия в точках приложения на элементы позвоночно-двигательных сегментов приводят соответственно к изменению в типе и величине нагрузки как на различные анатомические области в пределах каждого позвонка, так и с учетом физиологического лордоза шейного отдела позвоночника. Вероятно, что эта нагрузка будет отличаться и на разных уровнях шейного отдела позвоночника. Соответственно архитектоника костных структур позвоночных сегментов будет изменяться в пределах отдельного позвонка и отличаться в зависимости от анатомических особенностей уровня позвоночника.

При измерении и оценке плотностных показателей губчатого вещества тел позвонков отмечается, что средние значения их были выше в области средних отделов на уровне С3, С4 позвонков, тогда как в телях С6, С7 более высокие денситометрические показатели определяются в передних отделах, а в телях позвонков С2 и С5 эти значения в равных долях были отмечены как в переднем, так и в среднем и задних отделах. Губчатое вещество тел позвонков имеет неоднородную структуру (костные трабекулы, костный мозг, сосуды) и может изменять свое функциональное состояние: в зависимости находятся костные трабекулы в данный момент под

действием сил механической энергии или нет, колеблется гидростатическое давление костного мозга и давление в кровеносных сосудах и т. д. Видимо, процесс уменьшения работы сил механической энергии в губчатом веществе происходит вследствие поглощения энергии, рассеяния на границах сред и преобразования в другие, немеханические формы энергии.

На уровне тел С3-С6 отмечалось различие денситометрических показателей трабекулярной костной ткани в центральных отделах тел справа и слева на 11-75%, что чаще ассоциировалось с изменениями клинического характера (правосторонняя или левосторонняя цервикобрахиалгия, синдром плечо-кисть).

Согласно закону биомеханики, изменения первоначальной формы элементов ПДС под действием продолжительных нагрузок ведут к изменению внутренней архитектуры кости, что, как вторичный эффект, приводит и к изменению внешней формы, то есть кость постепенно приспосабливается к новым статическим требованиям, изменяя свою внутреннюю структуру. Костные трабекулы перестраиваются соответственно траекториям воздействия нагрузки, что ведет к перестройке костной ткани с наличием как участков остеопороза, так и остеосклероза, что свидетельствует о «ремоделирующей силе кости». Кость изменяет свою внутреннюю архитектуру посредством внутритканевого роста и непосредственной перестройки трабекул, а механические факторы оказывают решающее влияние на формирование внешней формы кости, а именно вызывают ее деформацию.

Плотность компактного слоя костной ткани была выше в задних отделах тел позвонков ( $470,5 \pm 48,5$ ) по сравнению с передними ( $375,4 \pm 52,2$ ), что может свидетельствовать о множественном приложении сил механической энергии. Векторы действия внутренних сил механической энергии в монолитном компактном костном слое боковых поверхностей тел позвонков и в губчатом веществе влияют на трансформацию архитектоники костной ткани и изменение формы тела позвонка (Таблица 2).

Таблица 2 – Плотностные показатели костной ткани при измерении и оценке костных структур ПДС по шкале Хаунсфилда (HU) у пациентов с НПДС

Пол	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Мужчины	$365,7 \pm 63,5$	$380,7 \pm 70,3$	$398,7 \pm 65,6$	$380,5 \pm 63,2$	$360,5 \pm 57,7$	$286,5 \pm 44,1$
Женщины	$391,2 \pm 72,3$	$399,3 \pm 78,7$	$414,2 \pm 64,6$	$400,3 \pm 59,6$	$372,2 \pm 60,6$	$274,5 \pm 44,3$
p	0,560	0,765	0,842	0,886	0,884	0,780

Зоной наибольшей функциональной активности является СIII-IV позвонково-двигательный сегмент. Функциональная МСКТ шейного отдела позвоночника установила

наиболее частое формирование патологии межпозвонкового диска в CV-VI позвонково-двигательном сегменте. В нашем исследовании так же были клинические случаи, когда в зоне нестабильного позвонково-двигательного сегмента диагностировали патологию межпозвонкового диска. Но были и такие пациенты, у которых в зоне нестабильных позвонково-двигательных сегментов не удавалось диагностировать патологию межпозвонкового диска.

Несомненным преимуществом функциональной МСКТ является то, что она позволяет видеть динамические изменения позвоночника. В частности, у 9 пациентов (13,4%) отмечалось возникновение «вакуум-эффекта» на уровне межпозвонкового диска C4-C5 при выполнении разгибания и его исчезновение в положении максимального сгибания. Статичная рентгенография данные изменения увидеть не позволяла.

Нарушение целостности переднего опорного комплекса было отмечено у 8 пациентов (11,9%), целостность заднего опорного комплекса была нарушена у 100% пациентов.

В привычном положении, лежа на спине, смещение позвонков в сагиттальной плоскости было зафиксировано у 4 пациентов (5,9%). Смещение позвонков в сагиттальной плоскости при максимальном сгибании было отмечено в 29 случаях (43,3%), при разгибании - в 13 случаях (19,4%).

При функциональной МСКТ так же есть возможность оценить в статике и динамике компрессию спинномозгового канала. В статике данная патология была зафиксирована у 20 пациентов (29,9%), а в динамике - у 49 пациентов (73,1%). Компрессия корешков спинного мозга при выполнении пробы была выявлена у 61 пациента (91,0%).

Подводя итоги сравнения двух методик, следует отметить, что в ряде случаев низкая информативность рентгенографии была связана с некачественным выполнением рентгенограмм, на которых приведенные выше анатомические ориентиры и их взаимоотношения визуализировались недостаточно четко. Кроме того, повреждения CVI, CVII на большинстве рентгенограмм перекрывались тенью надплечий.

Данные обстоятельства автоматически исключали возможность какой-либо визуализации повреждений рентгенологическим методом. Другим обстоятельством, ограничивающим диагностические возможности рентгенографии, была некорректная укладка пациента, что в последующем приводило к ложноположительным результатам.

Выполняемое исследование позволило выявить ряд значительных преимуществ фМСКТ по сравнению с классической рентгенографией с функциональными пробами, а именно: впервые разработанный метод позволяет осуществить наиболее точную оценку статики позвоночника; обеспечивает возможность проведения динамической оценки пространственного расположения позвонков в отдельных позвоночно-двигательных сегментах (ПДС) во время совершения

пациентом сгибательного движения; обеспечивает определение вентральных и дорсальных смещений позвонков.

**Оценка результатов использования функциональной мультиспиральной компьютерной томографии при хирургическом лечении пациентов с нестабильностью позвоночно-двигательных сегментов шейного отдела позвоночника.**

В качестве показаний для оперативного вмешательства у пациентов с нестабильностью позвоночно-двигательных сегментов шейного отдела позвоночника (НПДС) выступают следующие: отсутствие эффекта от консервативной терапии, выраженный болевой синдром, прогрессирование неврологического дефицита и дегенеративная деформация, подтвержденная лучевыми методами диагностики.

Были проанализированы результаты хирургического лечения 52 пациентов, которым для пред- и постоперационной диагностики нестабильности шейного отдела позвоночника использовалась фМСКТ.

Основной жалобой, предъявляемой пациентами, была головная боль, беспокоившая более 90,4% пациентов (47 пациентов). Особенностью этих головных болей являлось их появление после длительной статической нагрузки. Более половины пациентов (27 пациентов - 51,9%) страдали от головокружения. При детальном опросе выяснилось, что под головокружением большинство подразумевали кратковременную потерю сознания, что является основным проявлением синкопальных состояний, которые у данной категории больных развивались вслед за движением головы в стороны и назад. Локальная боль в ШОП и хруст при движении наблюдались у 86,4% (45 пациентов). Дискомфорт в шейном отделе позвоночника отмечались у 76,9% (40 пациентов).

Оценка анамнеза выявила, что у 65,4% (34 пациентов) основной группы был диагностирован остеохондроз I стадии, у 34,6% (18 пациентов) – II стадии.

При клиническом осмотре у большинства пациентов выявлены патологические изменения, среди которых: напряжение шейно-затылочных мышц (у 82,6% - 43 пациентов), болезненность при пальпации в области поперечных и остистых отростков (у 76,9% - 40 пациентов), ограничение движений в шейном отделе позвоночника (у 69,2% - 36 пациентов) и шейный гиперlordоз (у 63,5% - 33 пациентов).

В ходе неврологического осмотра выявляли и оценивали симптомы вертебро-базилярной недостаточности (ВБН), которая зачастую сопутствует НШОП: наличие и характер нистагма, точность выполнения координаторных проб, удержание равновесия в простой или усиленной позе Ромберга, походку.

Горизонтальный мелкоразмашистый одно- или двусторонний нистагм регистрировался более чем у 39 пациентов (75,0%). Неустойчивость в позе Ромберга встречалась у 34 пациентов (65,4%).

Как правило, чаще встречались смещения одного позвонка. Так в позе максимального сгибания нестабильность 1-го шейного позвонка была выявлена у 71,2% (37 пациентов), при максимальном разгибании число пациентов с одним смещенным позвонком оказалось чуть меньшим – 59,6% (31 человек). Избыточную мобильность 2 позвонков наблюдали в 28,8% случаев при максимальном сгибании (15 человек) и в 23,1% случаев (12 человек) при максимальном разгибании.

Время оперативного вмешательства составило -  $2,3 \pm 0,3$  часа, отметим, что в отличие от случаев использования рентгенографии для предоперационной диагностики, характер патологии и ее влияние на функциональные нарушения ШОП уточнять уже в ходе оперативного вмешательства не приходилось.

Продолжительность пребывания пациентов составила  $68,9 \pm 6,2$  часов. Случаев операционной летальности зафиксировано не было. В послеоперационном периоде в течение 30 дней так же не было зафиксировано летальных исходов. Рецидивов нестабильности так же не наблюдалось.

Оценивая непосредственные и ранние результаты оперативного вмешательства, можно отметить благоприятные исходы у пациентов, у которых для предоперационной диагностики НШОП использовалась фМСКТ.

Через 12 месяцев после проведения операции пациентам была выполнена контрольная фМСКТ, которая показала отсутствие НПДС. Для оценки результатов лечения применялись различные опросники. Оценка результатов терапии проводилась в сроки 1, 6, 12 и 18 месяцев после операции. Интенсивность болевого синдрома оценивалась по шкале ВАШ. Динамика уровня боли представлена на Рисунке 5.

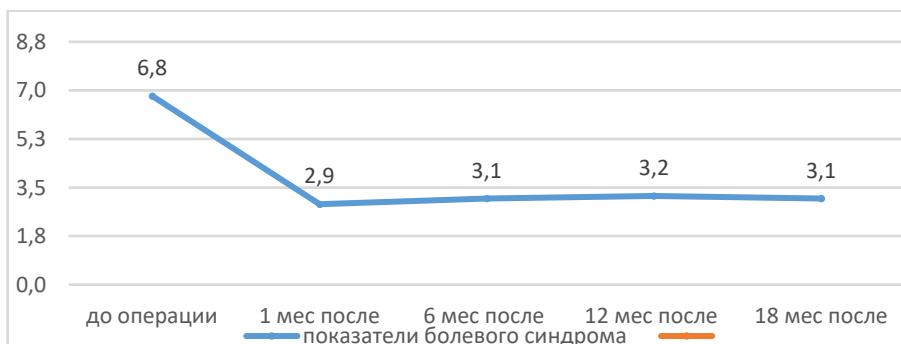


Рисунок 5 – Динамика оценки боли по шкале ВАШ у пациентов

В динамике наблюдения отмечается, что интенсивность болевого синдрома по шкале ВАШ, начиная с 1 месяца после операции практически не меняется в течение последующих 18. По прошествии 12 месяцев можно отметить стабилизацию состояния пациентов и сохранение интенсивности болевого синдрома на уровне предыдущего контроля, различия в его уровне статистически не значимы.

Важным критерием исхода лечения является «удовлетворенность» пациента. В данной работе для субъективной оценки эффективности операции использовалась шкала Macnab. Опрос проводился однократно - через 12 месяцев после операции.

При проведении итогового анкетирования по модифицированной шкале Macnab у 31 исследуемого пациента (59,6%) были отмечены отличные результаты. Частота хороших результатов, свидетельствующих о том, у пациентов сохраняется редкая нерадикальная боль, была равна 34,6% (у 18 человек). Доля удовлетворительных исходов, при которых отмечается лишь частичное улучшение функциональных возможностей составила 5,8% (3 пациента). Пациентов с неудовлетворительными результатами лечения выявлено не было.

Данные об исследовании качества жизни с помощью опросника Освестри (индекс ODI) представлены на Рисунке 6.

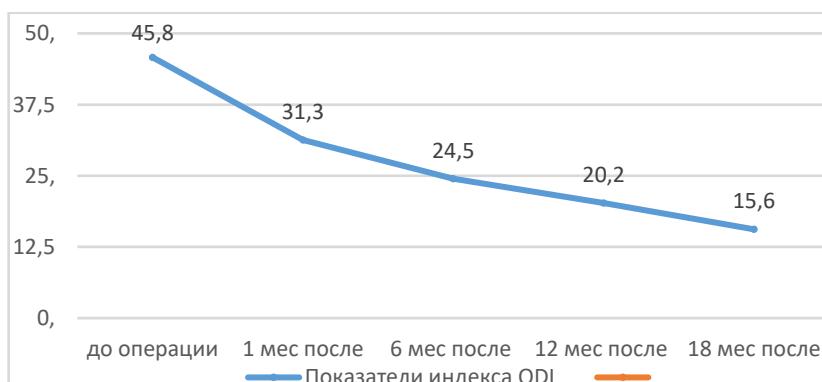


Рисунок 6 – Динамика индекса ODI у пациентов

Проведенный анализ показал, что через 1 месяц после операции медиана индекса ODI составляла  $31,3 \pm 0,6$  балла. При обследовании через 6 месяцев его значение снизилось на 7 баллов. Далее на протяжении первого года после операции индекс ODI еще немного снизился (на 2 балла), что указывает на повышение качества жизни этих пациентов. Через полтора года после операции индекс ODI продолжал оставаться на стабильно хорошем уровне. Проанализировав отдельные показатели, отмечено, что по итогам терапии интенсивность боли от исходного уровня уменьшилась на 67,2%, самообслуживание улучшилось на 72,2, ходьба - на 71,4, стояние – на 69,9%.

Таким образом, отмечено, что при проведении хирургического лечения нестабильности шейного отдела позвоночника результаты оперативного вмешательства у пациентов, которым в качестве до- и послеоперационного контроля проводилась фМСКТ были хорошими, соответственно, предложенная методика может быть рекомендована к широкому применению.

Предлагаемый способ диагностики, направлен на совершенствование оказания медицинской помощи данной категории больных с целью выявления нестабильности позвоночно-двигательных сегментов шейного отдела позвоночника, что в дальнейшем позволит не только уменьшить частоту хронизации процесса, но и в перспективном плане может способствовать снижению инвалидизации населения. Проведенное исследование показало, что предложенный метод обследования пациентов может быть использован как для первичной диагностики, так и для послеоперационного контроля хирургического лечения, поскольку полученные при фМСКТ данные позволяют оценить не только правильность установки имплантатов, установленных для выполнения стабилизации шейного отдела позвоночника, но и провести динамическую оценку биомеханику движения в отдельных позвоночно-двигательных сегментах.

## ВЫВОДЫ

1. Методика функциональной мультиспиральной компьютерной томографии является объективным и высокоэффективным методом определения взаимоотношений сочленяющихся поверхностей позвоночно-двигательных сегментов шейного отдела позвоночника, повышающим уровень выявляемости нестабильности позвоночно-двигательных сегментов в шейном отделе позвоночника.
2. ФМСКТ-критерии оценки нестабильности позвоночно-двигательных сегментов (НПДС) шейного отдела позвоночника позволяют подтверждать наличие нестабильности позвоночно-двигательных сегментов шейного отдела позвоночника. При сравнении с другими методами диагностики выявлено 32,18% случаев постановки диагноза НПДС при отрицательных результатах ранее проведенной функциональной рентгенографии. Отмечена эффективность методики при хирургической коррекции.
3. Использование функциональной мультиспиральной компьютерной томографии для дооперационного контроля пациентов с НПДС показало себя надежным диагностическим методом, благодаря которому у пациентов зафиксированы положительные послеоперационные и ближайшие послеоперационные результаты.

4. Использование функциональной мультиспиральной компьютерной томографии на послеоперационном этапе позволяет выполнить точную оценку правильности установки имплантатов и металлоконструкций для выполнения стабилизации шейного отдела позвоночника благодаря аппаратной возможности применения программы подавления сигнала от металлоконструкций.

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.**

1. Пациентам с подозрением на наличие нестабильности позвоночно-двигательных сегментов в шейном отделе позвоночника рекомендовано проведение функциональной мультиспиральной компьютерной томографии (фМСКТ), для определения и выбора дальнейшей тактики ведения пациента.

2. При проведении хирургической коррекции нестабильности позвоночно-двигательных сегментов шейного отдела позвоночника метод функциональной мультиспиральной компьютерной томографии рекомендован для дооперационного контроля, т.к. позволяет снизить риск интра- и послеоперационных осложнений, улучшив тем самым как ближайшие, так и отдаленные результаты лечения пациентов.

3. Использование функциональной мультиспиральной компьютерной томографии с применением программы подавления сигнала от металлоконструкций рекомендовано к применению у пациентов, подвергшихся оперативному вмешательству с использованием стабилизирующих металлических имплантатов и металлоконструкций.

### **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. Методика функциональной мультиспиральной компьютерной томографии в диагностике нестабильности позвоночно-двигательных сегментов шейного отдела позвоночника. Терновой С.К., Серова Н.С., **Абрамов А.С.**, Терновой К.С. // **Российский электронный журнал лучевой диагностики. (Scopus)** – 2016. – Т. 6. – № 4. – С. 38-43.
2. Инновационный подход к диагностике нестабильности позвоночно-двигательных сегментов шейного отдела позвоночника - функциональная мультиспиральная компьютерная томография. Терновой С.К., **Абрамов А.С.**, Серова Н.С., Терновой К.С. / в книге: Травма 2017: мультидисциплинарный подход. // Сборник тезисов Международной конференции. Редколлегия: А.В. Скороглядов [и др.]. – 2017. – С. 379-380
3. **Патент на изобретение № 2637829**, Российская Федерация. Способ функциональной мультиспиральной компьютерно-томографической диагностики нестабильности позвоночно-

двигательных сегментов шейного отдела позвоночника / Терновой С.К., Кавалерский Г.М., Серова Н.С., Терновой К.С., **Абрамов А.С.**, Черепанов В.Г., Бобров Д.С. – 2016123711, заявл. 15.06.2016, опубл. 07.12.2017, Бюллетень № 34

4. Возможности рентгеновских методов диагностики в оценке нестабильности позвоночно-двигательных сегментов шейного отдела позвоночника (обзор). **Абрамов А.С.**, Терновой С.К., Серова Н.С. // **Современные проблемы науки и образования.** 2019. – № 3. <http://science-education.ru/ru/article/view?id=28811>
5. Применение функциональной мультиспиральной компьютерной томографии в диагностике нестабильности позвоночно-двигательных сегментов сегментов шейного отдела позвоночника / Терновой С.К., Лычагин А.В., Серова Н.С., **Абрамов А.С.**, Черепанов В.Г. // Кафедра травматологии и ортопедии. –2019. – № 1 (35). – С. 41-47.
6. Эффективность функциональной мультиспиральной компьютерной томографии в диагностике нестабильности шейного отдела позвоночника. **Абрамов А. С.**, Терновой С. К., Серова Н. С. // Материалы XIII конгресса лучевых диагнозов Радиология 2019. Сборник тезисов. – 2019. – С. 150-151
7. Эффективность функциональной компьютерной томографии в диагностике нестабильности шейного отдела позвоночника. **Абрамов А. С.**, Терновой С. К., Серова Н. С. // Сборник материалов X съезда ассоциации хирургов-вертебрологов. – 2019. – С.13
8. Результаты применения функциональной мультиспиральной компьютерной томографии при хирургическом лечении пациентов с нестабильностью шейного отдела позвоночника. Терновой С.К., Лычагин А.В., Серова Н.С., **Абрамов А.С.**, Черепанов В.Г., Мискарян Т.И. // **Российский электронный журнал лучевой диагностики. (Scopus)** – 2019. – Т. 9. – № 2. – С. 55-62.
9. Значение функциональной мультиспиральной компьютерной томографии в диагностике нестабильности позвоночно-двигательных сегментов шейного отдела позвоночника. Терновой С.К., Серова Н.С., **Абрамов А.С.**, Мискарян Т.И. // **Вестник рентгенологии и радиологии.** – 2020. – Т. 101. – № 5. – С. 296-303.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ

**ДРА** - двухэнергетическая рентгеновская абсорциометрия

**КТ** - компьютерная томография

**МПК** - минеральная плотность кости

**МРТ** – магнитно-резонансная томография

**МСКТ** - мультиспиральная компьютерная томография

**НПДС** – нестабильность позвоночно-двигательных сегментов

**ПДС** – позвоночно-двигательный сегмент

**РККТ** – рентгеновская количественная компьютерная томография

**УЗИ** - ультразвуковое исследование

**ШОП** – шейный отдел позвоночника