

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ПЕРВЫЙ МОСКОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
И.М. СЕЧЕНОВА МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (СЕЧЕНОВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

*На правах рукописи*

Душин Даниил Юрьевич

**Мультисрезовая компьютерная томография всего тела с применением  
методики split-bolus у пациентов с тяжелой сочетанной травмой**

14.01.13 - Лучевая диагностика, лучевая терапия

Диссертация

на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

**Научный руководитель:**

доктор медицинских наук,

профессор, академик РАН

Терновой Сергей Константинович

Москва – 2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>ГЛАВА 1. МЕТОДЫ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА ВЕДЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С ТЯЖЕЛОЙ СОЧЕТАННОЙ ТРАВМОЙ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ) .....</b>	<b>14</b>
1.1 Роль МСКТ в диагностике травматических повреждений различных анатомических зон .....	14
1.2 Диагностические протоколы при тяжелой сочетанной травме .....	27
1.2.1 МСКТ в режиме «все тело» с применением методики split-bolus....	30
1.2.2 Лучевая нагрузка и эффективность рабочего процесса .....	36
<b>Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....</b>	<b>41</b>
2.1 Характеристика клинического материала .....	41
2.2 Протоколы исследования «все тело» .....	52
2.2.1 Нативное исследование «все тело» .....	52
2.2.2 Методика исследования «все тело» split-bolus с последовательным введением йодсодержащего контрастного вещества объемом 80/70 мл. .	56
2.2.3 Методика исследования «все тело» split-bolus с последовательным введением йодсодержащего контрастного вещества объемом 100/50 мл.	60
2.2.4 Методика МСКТ всего тела с использованием трехфазного протокола сканирования.....	64
2.3 Применение и использование чек-листа для пациентов с ТСТ в рабочей практике врача-рентгенолога .....	69
2.4 Сравнение лучевой нагрузки .....	76
2.5 Сравнение времени исследования.....	77
2.6 Статистический анализ (методы статистической обработки) .....	78
<b>ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....</b>	<b>79</b>
3.1 Преимущество МСКТ всего тела «split-bolus» протокола с последовательным введением йодсодержащего контрастного вещества объемом 80 мл и 70 мл.....	79
3.1.1 Интенсивность контрастирования грудного отдела аорты.....	79
3.1.2 Интенсивность контрастирования в брюшном отделе аорты.....	85

3.1.3 Интенсивность контрастирования в воротной вене .....	91
3.1.4 Интенсивность контрастирования паренхимы печени .....	97
3.1.5 Интенсивность контрастирования паренхимы селезенки.....	102
3.2. Снижение лучевой нагрузки у пациентов с использованием split-bolus протоколов.....	108
3.3 Сравнение времени исследования среди различных методик МСКТ «все тело» .....	114
3.4 Снижение количества диагностически значимых ошибок, при использовании чек-листа у пациентов с ТСТ в рабочей практике врача-рентгенолога.....	120
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	127
<b>ВЫВОДЫ</b> .....	140
<b>ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ</b> .....	141
<b>СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ</b> .....	143
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	145

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность исследования

В мировой системе здравоохранения травматизм по-прежнему остаётся значимой проблемой, несмотря на активное развитие научно-технического прогресса и меры, направленные на его предотвращение. Результат научных исследований структуры смертности населения развивающихся и экономически развитых стран показывает, что травматизм занимает третье и четвертое место после сердечно-сосудистых заболеваний, болезней органов дыхания и злокачественных новообразований (Kleber С., et al, 2013). Ежегодно в мире погибает 5 миллионов человек вследствие травм, при этом в 70 % случаях причина смерти - политравма (Багненко С. Ф., 2008, 2013; Щедренок В. В., 2010; Гуманенко Е. К., 2012; Агаджанян В. В., 2014). Среди трудоспособной категории граждан эти поражения занимают первое место и являются причиной гибели каждого второго мужчины и каждой третьей женщины, что особенно критически важно для демографической составляющей страны. В структуре травматизма ведущую роль играют дорожно-транспортные происшествия (ДТП), в результате которых количество пострадавших составляет до 80% от общего числа зарегистрированных случаев. В дорожно-транспортных происшествиях ежегодно в среднем в России погибают около 28 тыс. человек, а 30-45% пострадавших получают инвалидизацию (Агаджанян В.В., 2012). Кроме того, необходимо отметить высокую экономическую составляющую ущерба, возникающую вследствие большого процента смертности и потери трудового потенциала при травматизме, а также вследствие увеличения стоимости оказания медицинской помощи и влияния на социальную значимость. Опираясь на данные Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) за 2008-2013 годы, 2.5 % валового национального продукта России (что составляет 5,6 триллионов рублей) приходится на возмещение ущерба от всех дорожно-транспортных происшествий и равноценно всем затратам на

здравоохранение в данный промежуток времени (Всемирная организация здравоохранения. Информационный бюллетень №358). Также в период с 2014 по 2017 годы наблюдается тенденция, связанная с интенсивным ростом научно-технического прогресса и мер, нацеленных на предотвращение травматизма, которая ведет к снижению летальных исходов при дорожно-транспортных происшествиях в России, количество которых уменьшается до 13% в год (Всемирная организация здравоохранения, 2018).

Опираясь на исследования и определения Кавалерского Г.М., Гаркави А.В., Агаджаняна В.В., травма, включающая в себя два и более повреждения анатомических областей человека, одно из которых при этом является опасным для жизни, представляет собой тяжелую сочетанную травму (ТСТ) (Кавалерский Г. М., Гаркави А.В. 2015, Агаджанян В.В. 2012). Выраженность проявлений тяжелой сочетанной травмы обусловлена в первую очередь тяжестью травмы и связанного с нею шока, сочетающего в себе гиповолемический и нейрогуморальный компоненты, а также качеством и своевременно оказанной хирургической и реанимационной помощью. Учитывая, что у данной категории пациентов происходит нарушение адекватной функции важнейших органов и систем жизнеобеспечения, основной целью предупреждения и лечения травматической болезни является сокращение периода системных перфузионных нарушений. Для того чтобы снизить риск летального исхода и осложнений при получении пациентом тяжелой сочетанной травмы, необходимо руководствоваться правилом «золотого часа» и выполнить следующие действия:

- остановить кровотечение и компенсировать кровопотерю;
- осуществить иммобилизацию поврежденных сегментов;
- произвести обезболивание;
- организовать все условия для возобновления нормальной перфузии органов и систем.

В мировой практике стандартом в диагностике и лечении пациентов с ТСТ является протокол оказания неотложной помощи Advanced Trauma Life Support (ATLS), разработанный Американским хирургическим Колледжем (<https://www.facs.org/quality-programs/trauma/atls>). Руководствуясь данным протоколом, для пострадавших с тяжелой сочетанной травмой первостепенными являются оказание медицинской помощи, направленной на устранение факторов опасных для жизни, и параллельные выполнения реанимационных и диагностических процедур в строго определенной последовательности. Исходя из руководства ATLS, в ситуации, если при осмотре пострадавшего в приемной покое отмечается нестабильность основных жизненных функций, первой задачей является его скорейшая транспортировка в операционную, где будет проведено неотложное хирургическое пособие. Если же пострадавший с тяжелой сочетанной травмой стабилен (отсутствуют гемодинамические расстройства и сохранена дыхательная функция), то необходимо провести мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ) для быстрого и достоверного анализа повреждений различных анатомических структур, с определением наиболее жизнеугрожающего фактора. У нестабильных пациентов с политравмой руководство ATLS не рекомендует проводить МСКТ вследствие возникающей отсрочки экстренных хирургических вмешательств. Однако в своих исследованиях С.А. Ordoñez et al наблюдали, что у гемодинамически нестабильных пациентов с ТСТ проведение МСКТ:

- не влияло на повышение смертности;
- в 54% случаях позволило оказать помощь пациентам, избежав хирургического вмешательства;
- в 46 % случаев определила дальнейшую тактику оперативного лечения (С.А. Ordonez et al. 2016).

Исследования проводятся как селективно, в зависимости от клинических критериев, так и всего тела (Whole Body Computed Tomography - WBCT). В режиме «все тело» захватываются следующие анатомические

зоны: голова, все отделы позвоночника, органы грудной клетки, брюшной полости и малого таза. Область исследования распространяется и на нижние конечности в случае предположения их травмы. При неясности картины или при подозрении на разрывы паренхиматозных органов пациенту внутривенно вводится контрастный йодсодержащий препарат. Использование МСКТ в данном случае является оправданным, поскольку за короткий промежуток времени позволяет достоверно оценить состояние внутренних органов, мышц и костей скелета.

Вследствие отсутствия конкретного определения и общей классификации сочетанной травмы, а также вследствие отсутствия единых стандартов и протоколов применения лучевых методов исследования существуют проблемы диагностики и лечения сочетанных повреждений. (Агаджанян В.В., 2012; Доровских Г. Н. и др., 2014). В свою очередь, отсутствие у специалистов достаточного количества информации о травмах пациентов приводит к высокой летальности от травматизма (Vioque SM, Kim PK, et al. 2014).

Таким образом, травматизм, его распространение и влияние на социально-экономическую обстановку в мире являются одной из самых значимых проблем во всем мире, а главной особенностью в диагностике и лечении пациентов с ТСТ является коллективное и оперативное ведение пациента с момента его поступления в приемное отделение.

В свою очередь, проведение мультиспиральной компьютерной томографии с применением протокола «все тело» положительно влияет на уменьшение летальных исходов у пациентов с ТСТ, а также во многом превосходит использование других методов лучевой диагностики (Sierink J. C. et al., 2013). Разработаны алгоритмы ведения пациентов с ТСТ, а также рекомендации применения протоколов «все тело» при политравме (Bayer J. et al., 2013; 2013; Yaniv G. et al., 2013; Доровских Г.Н. 2014).

Применение мультиспиральной компьютерной томографии на

начальном этапе ведения пациента с ТСТ дает важную информацию для оперативного решения конкретных клинических задач, направленных на выбор своевременной и адекватной лечебной тактики. Различные авторы рекомендуют проводить МСКТ с протоколом «все тело» и применением методики split-bolus (раздельного болюса) для улучшения диагностического алгоритма у пациентов с ТСТ, уменьшения времени исследования, а также с целью уменьшения дозы облучения пациента. Однако единого мнения относительно стандартизированного протокола раздельного болюса не было принято. Для определения оптимальных объемов и продолжительности введения болюсного контрастного вещества требуются дальнейшие исследования. В условиях многопрофильного скорпомощного стационара необходимо усовершенствование алгоритма проведения МСКТ всего тела с применением методики «split-bolus» в острейшем периоде травматической болезни. Данные нерешенные вопросы обуславливают актуальность исследования, а также определяют цель и задачи работы.

### **Цель исследования**

Улучшить диагностику тяжелой сочетанной травмы (ТСТ) и разработать оптимальный алгоритм МСКТ в режиме «все тело» с применением методики split-bolus, повысить диагностическую эффективность оценки получаемых данных.

### **Задачи исследования**

- 1) Разработать методику проведения МСКТ в режиме «все тело» с использованием протокола split-bolus у пациентов с ТСТ.
- 2) Определить оптимальную методику введения йодсодержащего контрастного вещества при применении протокола split-bolus без потери данных визуализации.
- 3) Оптимизировать время исследования и лучевую нагрузку на пациента с применением методики «все тело» split-bolus без потери качества визуализации.
- 4) Разработать и определить эффективность контрольного

диагностического списка (чек-лист) МСКТ в режиме «все тело» для оценки травматических повреждений.

### **Научная новизна исследования**

Данная работа является первым отечественным научным исследованием, посвященным изучению возможностей оптимального алгоритма применения методики split-bolus у пациентов с ТСТ.

Разработан оптимальный протокол проведения МСКТ-исследований всего тела с уменьшением лучевой нагрузки на пациента, без ущерба для достоверной визуализации травматической патологии. Оценены денситометрические показатели плотности контрастирования сосудов и паренхиматозных органов при проведении различных методик split-bolus, а также при стандартном трехфазном протоколе.

Проведена сравнительная оценка лучевой нагрузки до и после внедрения оптимального протокола «все тело».

Проведена сравнительная оценка времени исследования при использовании различных протоколов МСКТ «все тело».

Определена эффективность использования разработанного чек-листа в рабочей практике врача-рентгенолога.

### **Теоретическая и практическая значимость**

Разработаны протоколы МСКТ в режиме «все тело» с применением методики split-bolus 80 мл и 70 мл (80/70мл), 100 мл и 50 мл (100/50мл) с целью диагностики травматических повреждений у пациентов с ТСТ.

На основании проведенного исследования определены диагностические преимущества «все тело» split-bolus протокола по схеме 80 мл и 70 мл по сравнению с другими методиками сканирования.

Создан чек-лист МСКТ протокола с целью уменьшения количества диагностических ошибок.

Предложенный протокол сканирования и использование чек-листа дали возможность улучшить качество диагностических мероприятий в остром периоде политравмы.

## **Методология и методы исследования**

Диссертационное исследование выполняли в несколько этапов.

На первом этапе изучали отечественную и зарубежную литературу, посвященную данной проблеме (108 источников, из них 27 отечественных и 81 зарубежных).

На втором этапе было проведено 172 МСКТ в режиме «все тело» у пациентов с политравмой: 56 из них прошли исследование без контрастного усиления, 104 - с применением методики последовательного контрастирования split-bolus и 12 - с применением стандартного трехфазного протокола сканирования. Также был создан и внедрен в рабочую практику чек-лист описания МСКТ протокола всего тела.

На третьем этапе провели расчёт и анализ полученных результатов, для определения оптимального алгоритма сканирования и последовательности введения контрастного препарата, а также оценки эффективности применения чек-листа в рабочей практике врача-рентгенолога.

## **Положения, выносимые на защиту**

- 1) Разработанный протокол КТ всего тела с применением методики split-bolus позволяет выполнять исследования у пациентов с политравмой, без потери качества визуализации по сравнению со стандартным трехфазным протоколом.
- 2) Применение протоколов МСКТ всего тела split-bolus существенно уменьшает лучевую нагрузку и время исследования по сравнению со стандартными трехфазными протоколами и незначительно увеличивает их по сравнению с нативным протоколом.
- 3) Использование разработанного чек-листа в режиме «все тело» уменьшает количество ошибок диагностики при обследовании пациентов с политравмой.

## **Внедрение в практику**

Разработанные методики МСКТ «все тело» split-bolus и чек-листы внедрены в работу кабинета КТ отделения рентгенодиагностических и

радиоизотопных методов исследования ГБУЗ «ГКБ им А.К. Ерамишанцева» ДЗМ.

### **Степень достоверности и апробация результатов**

Степень достоверности результатов проведенного исследования определяется достаточным и репрезентативным объемом выборки обследованных пациентов ( $n = 172$ ), применением мультиспиральной компьютерной томографии, анализом цифровых изображений, полученных на сертифицированном оборудовании, а также обработкой полученных данных адекватными методами математической статистики.

### **Реализация результатов работы**

В настоящее время результаты диссертационного исследования и научно-практические положения внедрены и используются в практической работе отделения лучевой диагностики ГБУЗ «ГКБ им А.К. Ерамишанцева» ДЗМ.

### **Личный вклад соискателя**

Тема и план диссертации, ее основные идеи и содержание разработаны лично автором на основе целенаправленных исследований. Автор самостоятельно обосновал актуальность темы диссертации, цель, задачи и этапы научного исследования; лично проанализировал 172 исследования в режиме «все тело», самостоятельно выполнил обработку полученных данных.

В ходе работы автором лично разработан протокол МСКТ с применением методики split-bolus у пациентов с политравмой. Также создан и внедрен в рабочую практику врача-рентгенолога чек-лист исследования всего тела. На основе принципов доказательной медицины автором определена оптимальная методика «все тело» split-bolus, достигнуто снижение лучевой нагрузки и времени исследования с применением данной методики, подтверждена эффективность использования чек-листа в рабочей практике врача-рентгенолога. Личный вклад автора в изучение литературы, сбор, обобщение, анализ, статистическую обработку клинических

материалов и написание диссертации – 100 %.

### **Апробация работы**

Апробация диссертации проведена на заседании кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии Института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) 02.02.2021 г. (протокол № 7 от 02.02.2021 г.).

Основные положения и материалы диссертации были представлены и обсуждены на следующих форумах: IX Всероссийский национальный конгресс по лучевой диагностике и терапии «Радиология – 2015» (26-18 мая 2015 г, Москва.); VI конгресс Московских хирургов. Неотложная и специализированная хирургическая помощь (10-11 июня 2015 г., Москва); Пленарное заседание Ассоциации рентген-радиологов Казахстана (14 марта 2019 г., Астана, Казахстан); Конгресс Радиологов «Мультимодальные подходы в диагностической визуализации» (16 марта 2019 г., Кыргызстан, Бишкек); Научно-практическая конференция, посвященная 90-летию образования судебно-медицинской службы Республики Башкортостан «Актуальные вопросы черепно-мозговой травмы» (31 октября - 1 ноября 2019г., республика Башкортостан, Уфа); Межрегиональный научно-практический симпозиум "Актуальные вопросы организации и производства судебно-медицинской экспертизы" (19-20 декабря 2019 г., Суздаль).

### **Публикации**

По результатам исследования автором опубликованы три научные работы в изданиях, включенных в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных Высшей Аттестационной Комиссией Российской Федерации, а также в изданиях, индексируемых международной базой данных SCOPUS.

### **Объем и структура работы**

Диссертация состоит из введения, 4 глав, выводов, практических

рекомендаций и списка литературы. Диссертация изложена на 155 машинописных страницах, содержит 26 таблиц, 61 рисунок. Список литературы включает 108 наименований работ, из них 27 отечественных и 81 зарубежных.

# ГЛАВА 1. МЕТОДЫ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА ВЕДЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С ТЯЖЕЛОЙ СОЧЕТАННОЙ ТРАВМОЙ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

## 1.1 Роль МСКТ в диагностике травматических повреждений различных анатомических зон

Проводя мультиспиральную компьютерную томографию, возможно принимать верные и быстрые решения о дальнейшей тактике лечения пациента в кратчайшие сроки. Вследствие того, что по данным исследований различных авторов мультиспиральная компьютерная томография обладает наибольшей чувствительностью и специфичностью в выявлении травматических повреждений всех анатомических областей, она является наиболее приоритетным лучевым методом обследования пациента с ТСТ (Доровских Г.Н. 2014; Heyer CM et al, 2005; Anderson SW et al, 2006; Salim A et al, 2006; Sampson MA et al, 2006; Wedegartner U et al. 2004; Linsenmaier U et al, 2002; Rieger M et al. 2002). Важным моментом организации помощи пациентам с ТСТ является скорость и совокупная оценка тяжести состояния пострадавшего. Для этих целей в приемном отделении многопрофильного стационара существует реанимационный зал с диагностическим оборудованием, кабинет компьютерной томографии, экстренная лаборатория по проведению клинических анализов, что дает возможность дежурной бригаде специалистов разработать тактику дальнейшего лечения пациентов в кратчайший срок.

При анализе частоты встречаемости анатомических повреждений (Васильев А. Ю., 2010; Багненко С. Ф., 2008; Трофимова Т. Н., 2013; Корниенко В. Н., Пронин И. Н., 2014) в структуре сочетанной травмы прослеживается следующая закономерность:

- черепно-мозговая травма (ЧМТ) встречается в 79,2 % случаях;

- травмы конечностей встречаются в 58,5 % случаях;
- травма грудной клетки встречается в 43,1 % случаях;
- травма живота встречается в 21,9 % случаях;
- повреждения костей таза встречаются в 21,3 % случаях;
- травма позвоночника встречается в 8,5 % случаях.

В свою очередь 16,2 % случаев от общего числа пациентов с черепно-мозговой травмой составляют сочетанные повреждения головного мозга и лицевого скелета (Лежнев Д. А., 2008). Наряду с этим некоторые авторы отмечают расхождение мнений в частоте встречаемости переломов свода, основания черепа и лицевых костей (Zilinskiene L, Idle MR, Colley S. 2014). Сочетанность повреждений при травме грудной клетки и черепно-мозговой травмы достигает 50—60 % и занимает второе место (Калиничев А. Г., 2009; Щедренок В. В., Доровских Г. Н. и др., 2012).

По данным Varnamkhasti M. и Wani A. черепно-мозговая травма является доминирующим фактором, приводящим к инвалидности и летальным исходам у пострадавших в возрасте до 45 лет (Varnamkhasti M, 2013; Wani AA, et al. 2013). МСКТ позволяет определить жизнеугрожающие травматические повреждения и выявить доминирующее или конкурирующее повреждение структур головного мозга в кратчайшие сроки, а именно: уточнить степень компрессионно-дислокационного синдрома; оценить объем, локализацию и вид оболочечных гематом и распознать наличие субарахноидального кровоизлияния; оценить послеоперационные изменения в динамике; уточнить локализацию и вид переломов костей лицевого скелета, основания и свода черепа (Терновой С.К., Сеницын В.Е., 2010). Ниже порога разрешения МСКТ могут опускаться такие травматические повреждения, как диффузные аксональные поражения (ДАП) - небольшие макроскопические поражения, обладающие большой клинической значимостью, но не требующие экстренного оперативного вмешательства. Для определения такого повреждения более чувствительна и специфична методика применения магнитно-резонансной томографии (МРТ) (Корниенко В. Н.,

Пронин И. Н., 2006; Marincek B., Dondelinger R. F., 2007; Varnamkhasti M, Thomas A. 2013; Wani AA et al. 2013). Стоит отметить, что у МРТ есть ряд недостатков в проведении комплекса диагностических мероприятий у пациентов с ТСТ. Первостепенным недостатком значатся более продолжительные временные рамки проведения исследования по сравнению с МСКТ. Вторым недостатком является малоинформативность методики для уточнения травматических изменений костей лицевого скелета и черепа. Следует также учитывать тот немаловажный факт, что достаточно часто пациенты транспортируются в стационар в условиях искусственной вентиляции легких (ИВЛ), что, в свою очередь, может затруднить проведение исследования.

При повреждениях и ушибах твердых мозговых оболочек (ТМО), возникающих вследствие импрессионных переломов, возрастает частота инфекционного заражения. При анализе повреждений костей лицевого скелета и черепа необходимо оценивать цифровое 3D-изображение, полученное методом МСКТ, которое представляет собой вспомогательный инструмент при оказании неотложной хирургической помощи, связанной с устранением отдельных фрагментов и планированием костно-пластической трепанации черепа (Furlow B. 2013). Поэтому методом выбора нейровизуализации ЧМТ в остром и острейшем периоде травмы является МСКТ головы с дальнейшим послеоперационным контролем.

Травматические повреждения лицевого скелета также являются значительной и актуальной проблемой вследствие того, что они могут быть причиной не только эстетических нарушений, но и приводить к инвалидизации пациентов (Серова Н. С. 2006; Дубровин М. С., Копецкий И. С., Полунин В. С. 2013). Сонография с высоким разрешением и рентгенография были выбраны и изучены как альтернативы МСКТ (Mohammadi A, Ghasemi-Rad M. 2011; Baek HJ, et al. 2013). Вместе с тем эти оба метода весьма ограничены при исследовании переломов костей лицевого скелета, в то время как применение МСКТ является превосходной методикой

для комплексной диагностики сочетанных и сложных травматических повреждений лица (Серова Н. С. 2006; Zilinskiene L, et al, 2014).

У пострадавших с травмами 6% от всех повреждений скелета приходится на переломы позвоночника (Anderson SW, et al, 2006). Sekhon и Fehings в своей научной работе проанализировали и выявили частоту встречаемости повреждений всех отделов позвоночника, из которых на травмы шейного отдела позвоночника приходится 55%, а на травматические повреждения грудного, поясничного и пояснично-крестцового отдела позвоночника по 15%, соответственно. По данным этих же авторов травматическое повреждение спинного мозга в поясничном и грудном отделах позвоночника встречались реже, чем в шейном отделе позвоночника (Sekhon LH, Fehlings MG. 2001).

Ученые многофункционального центра National Emergency X-Radiography Use Study - NEXUS (Hoffman JR, Mower WR, Wolfson AB, et al. 2000) установили основные клинические факторы риска, которые прогностически значимы при отсутствии костно-травматических изменений в шейном отделе позвоночника. Специалисты сделали заключение, что в случае, если у пострадавших отмечаются такие клинические признаки, как отсутствие болевого синдрома при пальпации в области шейного отдела позвоночника, отсутствие интоксикации алкоголем или другими веществами, отсутствие очаговой неврологической симптоматики и если сохранена самокритика, то лучевые методы обследования не требуются. Опираясь на эти данные, ученые NEXUS сделали вывод, что, используя их клинические критерии, можно идентифицировать пациентов с вероятным наличием перелома в шейном отделе позвоночника с чувствительностью до 99,6%.

Canadian Cervical Spine Group (CCR, Stiell IG, Wells GA, Vandemheen KL, et al. 2001) провело подобное исследование, которое определило условия наличия костно-травматических изменений в шейном отделе позвоночника, полученные в результате тупой травмы. Опираясь на эти данные, ученые

CCR сделали вывод, что их клинические критерии имели специфичность 42,5% и чувствительность 100% в решении вопроса о наличии костно-травматических повреждений в шейном отделе позвоночника.

Следует отметить, что рекомендации и критерии диагностики CCR и NEXUS различаются, а наиболее оптимальной методики физикального обследования пациентов с травмой шейного отдела позвоночника так и не утвердилось. В большинстве случаев на практике для пострадавших не характерно наличие всех критериев и в целях достоверной диагностики необходимо прибегать к лучевым методам обследования.

Также другие ученые утверждают, что при низком риске наличия у пациентов травмы для диагностики повреждений первых шейных позвонков может быть использована рентгенограмма шейного отдела позвоночника в трех проекциях (через открытый рот, боковые проекции, переднезадняя) (Wongwaisayawan S, et al, 2013). Но в случае травм шейного отдела позвоночника рентгенограммы на аналоговой пленке могут быть нечувствительными (с показателями от 37% до 72%). Также следует учитывать тот факт, что пострадавшим с ТСТ для контроля патологических изменений в динамике необходимо проводить повторное рентгенографическое исследование (Platzer P, Jandl M, et al. 2006).

По мнению Ackland и Cameron критерии и физикальное обследование CCR и NEXUS малоубедительны в оценке костно-травматических изменений в шейном отделе позвоночника, которые невозможно исключить без МСКТ, что не совпадает с заключениями Wongwaisayawan и соавторов (Ackland NM, Cameron PA. 2012). Именно метод МСКТ (благодаря скорости проведения исследования, наличия наибольшей чувствительности и специфичности, а также возможности провести реконструкцию цифровых изображений как в нескольких плоскостях, так и в 3D) будет наилучшим выбором в визуализации травматических повреждений шейного отдела позвоночника.

Различные авторы в своих исследованиях сравнивали целесообразность проведения таких методов лучевого обследования, как МСКТ и МРТ при травматическом повреждении позвоночника (Wongwaisayawan S, et al, 2013; James IA, et al. 2014). На основании этих исследований следует отметить существенные различия, которые в свою очередь доказывают предпочтительность МСКТ перед МРТ. А именно:

- скорость проведения исследования;
- уровень порога чувствительности в оценке костно-травматических изменений.

Тем не менее, поскольку МРТ лучше, чем МСКТ, определяет такие травматические изменения, как гематомы мягких тканей, повреждения спинного мозга и его структур, а также разрывы связок, она играет дополнительную роль в визуализации травматического повреждения шейного отдела позвоночника (Кассар-Пулличино, В. Н. 2009.; Wongwaisayawan S, et al, 2013; James IA, et al. 2014).

По данным Holloway вторым фактором смерти после травм головы являются повреждения грудной клетки (Holloway B, et al, 2014). Необходимо отметить, что проведение рентгенографии играет важную роль в получении информации (в частности у пациентов с нестабильной гемодинамикой), особенно на начальном этапе исследования пострадавших. Именно на рентгенограммах можно выявить такие патологические изменения, как смещение органов средостения, коллапс легких, наличие воздуха и жидкости (крови) в плевральных полостях. Но для достоверного установления тяжести торакальных осложнений на ранней стадии важно провести МСКТ грудной клетки, поскольку только данный метод позволяет выявить наличие повреждений легочной ткани при ушибе легких в кратчайшие сроки после получения травмы (Тулупов, А.Н. 2014). По скорости выполнения исследования и информативности МСКТ превосходит все известные методики лучевой диагностики, а также может проводиться пострадавшим в любом состоянии и даже находящимся на ИВЛ (Терновой С.К., Сеницын В.

Е., 2010). Безусловно, с помощью рентгенографии можно быстро проверить правильность установки дренажей в плевральной полости и эндотрахеальных трубок у пациентов с тяжелым травматическим повреждением грудной клетки, но только такая методика как МСКТ определяет более достоверно их неправильное положение (Holloway B, et al, 2014). К тому же в случае диагностики кровотечений, связанных с повреждением сосудов, а также многих других травм, МСКТ дает возможность получения более полной информации, чем при рентгенографии (Holloway B, et al, 2014; Turkalj I, et al, 2014). Менее распространенные методы исследования при повреждениях грудной клетки, такие как МРТ, УЗИ и инвазивная ангиография, иногда могут быть использованы при некоторых затруднениях в обследовании (Wongwaisayawan S, et al, 2013).

По данным Holloway у 50% пострадавших в случае тупой травмы грудной клетки наиболее частым травматическим повреждением анатомических структур являются переломы ребер (Holloway B, et al, 2014). Наряду с этим, по данным Bhattacharya B., частота травмы паренхиматозных органов брюшной полости напрямую связана с наличием у пострадавших переломов ребер, особенно нижних, и в 5-10 раз ниже у тех пациентов, у которых переломы отсутствуют. Опираясь на эти исследования, авторы делают вывод, что даже в том случае, если данные о наличии травмы грудной клетки на рентгенограммах не обнаружены, требуется провести МСКТ с целью выявления травматических изменений со стороны органов брюшной полости (Bhattacharya B, et al, 2015). При подозрении на травматическую диссекцию аорты требуется выполнить МСКТ с введением йодсодержащего контрастного препарата. Метод МСКТ предоставляет подробную визуализацию аорты. Также, используя данный метод, можно проанализировать и выявить наличие острых травматических повреждений аорты, таких как псевдоаневризма, отслоение интимы, экстравазация контрастного вещества в плевральную полость или околосоердечную сумку, интрамуральная гематома (ИМГА).

Проникающие травмы или травмы от удара тупым предметом часто сопровождаются повреждением органов брюшной полости. На первое место по частоте выходят тупые травмы, связанные с:

- резким торможением (например, при падении с высоты или в дорожно-транспортном происшествии);
- ударом тупым предметом;
- столкновением с каким-либо объектом.

На второе место выходит проникающая травма, при которой внешнее воздействие нарушает целостность кожного покрова и мягких тканей брюшной стенки (например, при огнестрельном или колотом ранении). При травме живота в структуре сочетанной кранио-абдоминальной травмы (КАТ) отмечается высокая летальность, которая обусловлена кровотечением и повреждением внутренних органов, а также синдромом взаимного отягощения. Вместе с тем в остром и острейшем периодах сочетанной травмы летальность почти в равной степени вызвана как повреждениями органов брюшной полости, так и головного мозга (Доровских Г. Н. и др., 2013). В силу того, что селезенка и печень являются наиболее фиксированными и объемными органами, они травмируются наиболее часто. Учитывая тот факт, что эти органы гиперваскуляризированы, может начаться обильное внутрибрюшное кровотечение, ведущее к смерти пострадавшего (Mehrzaд H, et al, 2014; Malaki M, Mangat K. 2011). Американское сообщество хирургов-травматологов разработало шкалу, которую утвердили в 1986 г., и модифицировали в 1996 г.. В данной шкале присутствовали критерии для определения степени тяжести повреждения различных анатомических структур брюшной полости, влияющие на дальнейший выбор тактики лечения у пострадавших. При этом основополагающими факторами для классификации повреждений таких органов, как печень, почки и селезенка, являются серьезные повреждения кровеносных сосудов, степень глубины разрывов паренхиматозных органов и наличие субкапсулярной гематомы,

которые могут быть в свою очередь определены при проведении МСКТ (Mehrzaд H, et al, 2014). В разработанной шкале учитываются как структурные изменения внутренних органов брюшной полости, так и динамика положительного или отрицательного течения травматических повреждений, не нуждающихся в проведении хирургического пособия. В свою очередь анализ и интерпретация МСКТ дает возможность качественно и в кратчайшие сроки оценивать, как изменения органов брюшной полости, возникающие вследствие травматического фактора, так и динамику прогресса или регресса различных структурных повреждений (Доровских Г. Н. и др., 2013). Многие авторы при этом отмечают, что одним из препятствий в лечении и диагностике сочетанной травмы живота являются часто встречающиеся различные недочеты и ошибки (Bode P. J., et al, 1999.: Leschka S., Alkadhi H., Boehm T. et al 2005.).

По сравнению с другими методами лучевого обследования, МСКТ обладает наибольшей специфичностью и чувствительностью, а также наименьшим временем проведения исследования у пострадавших с повреждениями внутренних органов брюшной полости, что, в свою очередь, позволяет получить необходимые данные о точной локализации, степени тяжести, характере травм и принять быстрое решение о дальнейшей тактике ведения пациента (Кармазановский Г. Г., 1997; Щедренок В. В., Доровских Г. Н., и др. 2012.).

По данным различных научных исследований в диагностике кровоизлияний в забрюшинную клетчатку точность МСКТ варьируется от 95% до 100%, а определение анатомической области его возникновения (экстравазации контрастного вещества) доходит до 98,2 %. В то же время есть возможность судить о степени тяжести повреждений внутренних органов и выявить наличие продолжающегося интенсивного кровотечения (Malaki M, Mangat K. 2011; Mehrzaд H, et al, 2014; Смоляр А. Н., Богницкая Т. В., 2017). В ряде случаев выполнение МСКТ невозможно, вследствие чего в диагностическом поиске травматических изменений внутренних органов

брюшной полости предпочтение отдается методу УЗИ. Но необходимо учитывать тот факт, что УЗИ дает недостоверную информацию в оценке степени тяжести повреждения внутренних органов вследствие того, что обладает недостаточной чувствительностью в определении скопления свободного геморрагического содержимого (до 400 мл) (Mehrzhad H, et al, 2014).

По данным многочисленных авторов, исследующих различные травмы брюшной полости, разрывы и ушибы таких органов, как печень и селезенка, чаще всего возникают при тупой травме. В свою очередь частота повреждений селезенки составляет 27-30% и стоит на первом месте по сравнению с другими внутренними органами. В 18-20% случаях повреждается печень, травматизация которой стоит на втором месте (Mehrzhad H, et al, 2014; Malaki M, Mangat K. 2011; Доровских Г. Н. и др., 2013). Поскольку у 40 % пострадавших отсутствуют клинические проявления при травмах селезенки, не предоставляется возможным достоверно судить о степени повреждения данного органа. При наличии у пострадавшего таких отягощающих факторов, как наличие травмы шейного отдела позвоночника или головного мозга, а также пребывание его в состоянии шока или интоксикации, симптомы повреждения селезенки могут отсутствовать или определяться недостоверно (Malaki M, Mangat K. 2011).

В свою очередь для определения состояния почечной паренхимы и чашечно-лоханочной системы при тупых травмах, которые встречаются в 80-90% случаях (10% от совокупного числа всех травм органов брюшной полости), также возможно выполнение УЗИ (Willis AP. 2011; Mehrzhad H, et al, 2014). Однако, для достоверного обнаружения ушибов и разрывов внутренних органов брюшной полости и оценки наличия забрюшинной гематомы, УЗИ уступает методике МСКТ по своей чувствительности и специфичности (Mehrzhad H, et al, 2014). При проведении методики МСКТ возможно оценивать такие осложнения, как излитие контрастного препарата в забрюшинное пространство (активное кровотечение), артериовенозные

свищи, нарастающую гематому в паранефральной клетчатке, формирование псевдоаневризм или отрыв почечной ножки (Willis AP. 2011). В случае более значимых реноваскулярных травм, сопровождающимися повреждениями 4 и 5 степеней тяжести, применяется интервенционная радиология, в то время как при повреждениях 1-3 степени тяжести используется консервативный подход (Linsenmaier U et al. 2002).

При травмах органов брюшной полости до 7,6% от всех повреждений приходится на разрыв диафрагмы. На рентгенограмме органов грудной клетки выявить наличие разрывов диафрагмы достаточно сложно. Это сопряжено с трудностью дифференциального диагноза с отграниченным повреждением легких и плевры, со спавшимся (коллабированным) легким, с наличием свободной крови и воздуха в плевральной полости. При этом частота выявления разрывов диафрагмы достигает 17 % справа, а слева находится в диапазоне от 27 до 62 % (Г. Н. Доровских, Е. Н., Деговцов, С. С. 2013). Научные исследования показывают, что в оценке повреждений диафрагмы наибольшая чувствительность (94%) и специфичность (98%) достигаются с помощью МСКТ, которая становится методом выбора (Sifaoui I, et al. 2017).

В диапазоне от 3 до 4,7% из всех типов абдоминальных повреждений, которые нередко наблюдаются при проникающих ранениях живота, является травма полых органов пищеварительного тракта (такие как желудок и кишечник), а также мезентерия (брыжейка) (Г. Н. Доровских, Е. Н. Деговцов, С. С. 2013). Наиболее частыми осложнениями, возникающими вследствие таких повреждений и которые можно определить с помощью МСКТ, будут являться:

- экстрavasация контрастного препарата из сосудов брыжейки (разрыв);
- нарушение целостности стенки желудка или кишечника (перфорация);

- наличие свободной крови и/или воздуха в брюшной полости (пневмо-гемоперитонеум) (Lee CH, et al, 2013).

Многие авторы доказывают, что среди всех методов лучевого обследования в диагностике травматических повреждений брыжейки и полых органов пищеварительного тракта наибольшие чувствительность (95,0%) и специфичность (99,6%) отмечаются у МСКТ. Учитывая тот факт, что контрастирование желудочно-кишечного тракта с пероральным введением йодсодержащего препарата (растворенного в воде) не оказывает никакого влияния на достоверное обнаружение травматических повреждений кишечника, выполнить исследование без потери времени на предварительную подготовку пациента представляется невозможным (Allen TL, et al, 2014, Stuhlfaut JW, et al. 2004).

По результатам статистических данных такая травматическая патология, как разрыв или ушиб поджелудочной железы, наблюдается нечасто и находится в диапазоне 0,2% - 12% от всех повреждений внутренних органов брюшной полости. Вместе с тем травмы паренхимы поджелудочной железы сопровождаются как посттравматическими осложнениями (посттравматический панкреатит, парапанкреатическая киста, наружный панкреатический свищ, стеноз панкреатического протока, внутрибрюшной абсцесс), так и высоким процентом летального исхода (до 50%). Обладая высокой чувствительностью и специфичностью (более 80%) в диагностике ушибов и разрывов ткани поджелудочной железы, МСКТ является предпочтительной методикой исследования у гемодинамически стабильных пациентов (Marco Moschetta, et al, 2015).

При наличии такого отягощающего фактора, как сочетанные травматические повреждения костей и органов малого таза, значительно снижают процент положительного прогноза для жизни пациента с ТСТ. В силу сложностей, возникающих вследствие того, что пациенты с подобными травмами чаще всего иммобилизованы (находятся на щитах) и не

предоставляется возможным снять с них одежду, рентгенография не позволяет достоверно оценить костно-травматические повреждения малого таза по причине совмещения теней на снимках из-за суперпозиции. Для первичного анализа наличия костно-травматических изменений малого таза возможно проводить рентгенографию, но наилучшее качество изображения предоставляет МСКТ. Частым последствием повреждений области малого таза является нарушение целостности кровеносных сосудов и стенки мочевого пузыря. Чтобы выявить данную патологию следует провести МСКТ с контрастным усилением, что позволяет достоверно оценить наличие и объем гематом малого таза, а также определить наличие продолжающегося внутреннего кровотечения (Shenton A, Choudhary S. 2014). Для помощи врачам при корреляции типов переломов с риском кровотечения, а также определения его типа (артериальное или венозное) разработаны классификации переломов (Jones RG. 2011).

Травмы области малого таза в 10% случаев сопровождаются нарушением целостности стенки мочевого пузыря, при этом большая часть его повреждений выявляется у пострадавших в случае отсутствия костно-травматических изменений малого таза (Shenton A, Choudhary S. 2014; Ishak C, Kanth N. 2011). В классификации повреждений мочевого пузыря выделяют: частичное повреждение стенки мочевого пузыря, ушиб, экстраперитонеальный и интраперитонеальный разрывы, а также комбинированный интра- и экстраперитонеальный разрывы (Shenton A, Choudhary S. 2014; Ishak C, Kanth N. 2011). Наиболее информативным методом в определении травматических повреждений мочевого пузыря является ретроградная цистография. Данный метод исследования проводится с тугим заполнением мочевого пузыря йодсодержащим контрастным веществом (ретроградное введение 300-400 мл через катетер Фолея) с дальнейшей оценкой полученных данных при флюорографии, рентгенографии или МСКТ. Несмотря на то, что МСКТ-цистография имеет высокую чувствительность (95%) и специфичность (100%) при

травматических повреждениях мочевого пузыря и является методом выбора, возможны трудности при дифференцировке разрывов мочеиспускательного канала от экстраперитонеального разрыва мочевого пузыря. (Shenton A, Choudhary S. 2014; Ishak C, Kanth N. 2011).

## **1.2 Диагностические протоколы при тяжелой сочетанной травме**

По определению различных авторов тяжелой сочетанной травмой является повреждение двух и более анатомических областей человека, одно из них при этом является опасным для жизни (В. В. Агаджанян 2010, 2012; Banerjee P. et al., 2013; Sierink J. C. et al., 2014 a–c). На выраженность проявлений ТСТ прежде всего влияют такие факторы как: тяжесть травмы и связанный с нею шок, степень кровопотери, степень нарушений функции головного мозга, системы дыхания и других жизненно-важных функций организма, а также своевременность и качество хирургической и реанимационной помощи.

В мире существуют несколько методов количественной оценки травматических повреждений. Самыми общепризнанными и часто используемыми шкалами оценки состояния пострадавших являются шкала комы Глазго (SCG, Teasdale G, Jennett B, 1974), сокращенная шкала повреждений AIS – Abbreviated Injury Scale (Keller W. K. et al., 1971) и производная от нее шкала тяжести повреждений ISS – Injury Severity Score (Baker S. P. et al., 1974).

В мировой практике руководство Advanced Trauma Life Support (ATLS), разработанное Американским хирургическим Колледжем, является стандартизирующим подходом к диагностике и лечению пострадавших с ТСТ. Основной концепцией протокола ATLS является своевременное обнаружение наиболее угрожающего жизни повреждения и последовательность оказания медицинского пособия (Burriss D., et al, 2000; Bouillon B, Kanz KG et al, 2004).

Ключевыми правилами руководства является устранение наиболее значимых угрожающих жизни факторов, поэтапное оказание экстренной помощи пострадавшим, а также единовременное выполнение диагностических и реанимационных мероприятий. Согласно данному руководству, в случае если при осмотре пострадавшего присутствуют дыхательные и гемодинамические расстройства, то следующим этапом выполняется транспортировка пациента в операционную для оказания экстренной хирургической помощи. При сохранности основных жизненных функций у пациентов с политравмой проводится последовательный алгоритм действий с применением различных методов лучевой диагностики, направленный на выявление и оценку степени повреждения различных органов и систем. На основании протокола ATLS пациентам с ТСТ необходимо неотложно провести рентгенологическое исследование области шейного отдела позвоночника, органов грудной клетки и костей малого таза, задачей которого является выявление потенциальных источников внутреннего кровотечения. В свою очередь, пациентам с ТСТ для обнаружения пневмоторакса, а также свободной жидкости в абдоминальной, плевральной и перикардальной полостях, выполняется ургентная сонография в виде e-FAST протокола (focused assessment with sonography for trauma) - стандартного начального ультразвукового скрининга. Согласно данному протоколу обследуется перикардальная область и три основных отдела органов брюшной полости в таких ключевых точках, как Дугласов карман (надлонная область), околосопленальное пространство (левый верхний квадрант) и карман Моррисона (правый верхний квадрант). В свою очередь, есть и расширенный протокол (e-FAST), в котором также исследуется плевральная полость на предмет наличия гемо-пневмоторакса. Специфичность данных протоколов в определении гемо-пневмоторакса и гемоперитонеума колеблется от 96 до 98,6%, однако их чувствительность недостаточно высока (37 – 84,5%) (National Clinical Guideline Centre, 2016). Также на снижение точности FAST/e-FAST влияют многие факторы:

избыточный вес пациента, наличие эмфиземы, геморрагических сгустков и спаечного процесса в полостях, наличие воздуха в области органов средостения (пневмомедиастинум) и в брюшной полости (пневмоперитонеум), гиперпневматоз кишечника.

Однако на основании данных Hamada у пострадавших со стабильными гемодинамическими и дыхательными показателями с целью снизить экономические расходы и ускорить время проведения лучевого исследования, необходимо провести УЗИ по алгоритму e-FAST с последующим применением метода МСКТ в режиме «все тело», исключив при этом рентгенологическое исследование (Hamada et al., 2016). Тем не менее, при использовании протокола e-FAST отмечаются ограничения в виде точной оценки степени тяжести повреждения и низкой чувствительности для визуализации скопления свободной крови менее чем 400 мл. При использовании e-FAST протокола только у 50–63% пострадавших с нестабильной гемодинамикой демонстрируются отрицательные прогностические значения (Friese RS, Malekzadeh S et al, 2007; Tayal VS, Nielsen A, et al, 2006; Mehrzad H, et al, 2014). В пособии The Royal College of Radiologists (RCR) для пострадавших с ТСТ рекомендуется не применять e-FAST, если это приводит к отсрочке выполнения МСКТ-исследования, так как данный протокол не предоставляет вспомогательных сведений, которые определяются при использовании МСКТ. При экстренном ведении пациентов с политравмой МСКТ становится первичным неинвазивным диагностическим методом, так как обеспечивает полную и быструю диагностику травматических повреждений всех анатомических областей (Heyer CM et al 2005; Anderson SW et al 2006; Salim A et al; Sampson MA et al. 2006).

На основе критериев ATLS существует мнение, что у гемодинамически стабильных пациентов с ТСТ следует проводить рентгенологическое исследование и УЗИ (по методике E-FAST) с целью определения травматических повреждений костных структур и внутренних органов

грудной клетки, брюшной полости и малого таза. Вместе с тем по данным многочисленных исследований и различных авторов МСКТ, в силу того, что обладает наиболее высокой чувствительностью и специфичностью и дает возможность принять быстрое, правильное решение о тактике ведения пациента с ТСТ в кратчайшие сроки, является методом выбора в диагностике травматических повреждений всех анатомических областей. Такие критерии и рекомендации как CCR и NEXUS применяются для определения наличия травмы в шейном отделе позвоночника и дальнейшей тактики ведения пациента, однако они не общепризнаны даже при существовании предположения о повреждении применяется МСКТ.

В тактике лучевого обследования основной сдвиг идет в сторону проведения МСКТ в режиме «все тело», невзирая на определенные стандарты ведения пациентов с ТСТ. В данной ситуации основной проблемой наряду с вопросами семиотики, которые уже исследованы до этого, выступают организационные вопросы, направленные на разработку оптимального диагностического алгоритма этого исследования и повышения их значимости и эффективности в комплексе мероприятий, направленных на ведение пострадавших с ТСТ. Кроме того, существенно важно качество интерпретации рентгенологом существующей травматической патологии, так как он анализирует большой объем информации в условиях крайне сжатого времени для получения протокола.

### **1.2.1 МСКТ в режиме «все тело» с применением методики split-bolus**

В ряде стран были проведены научно-исследовательские работы по вопросу связи выживаемости пациентов с политравмой в зависимости от типа проведенного исследования МСКТ. В этих исследованиях было доказано, что проведение томографии в режиме «все-тело» повышает выживаемость у пострадавших с ТСТ по сравнению с теми, кому проводили МСКТ избирательно, в зависимости от предполагаемого повреждения той или иной анатомической зоны (Huber-Wagner S. et al. 2009; Shahab

Hajibandeh, Shahin Hajibandeh. 2015). В силу этого сокращается время пребывания пострадавших в приёмном отделении стационара, что позволяет быстрее осуществить транспортировку в операционную и уменьшает экономическую составляющую, потраченную на лечение (JC Sierink, et al, 2016).

Процент пострадавших с ТСТ, к которым применяется методика МСКТ «все тело», в разных странах постоянно увеличивается. Например, в Японии он достигает 60%, а в Германии и Объединенном Королевстве Великобритании – 84% (National Clinical Guideline Centre (UK), 2016; Tsutsumi Y, et al, 2018; Palm HG, et al, 2018). Необходимо отметить тот факт, что в последние годы врачи клиник России также отдают предпочтение методике МСКТ в режиме «все тело» (Доровских Г.Н. 2014). Однако стандартизированных протоколов МСКТ в режиме «все тело» не разработано. Чаще всего протокол МСКТ содержит в себе сканирование таких анатомических зон, как нативное исследование области головы и шеи, а также области грудной клетки и брюшной полости с внутривенным введением йодсодержащего контрастного препарата. Также нет однозначного мнения в вопросе о применении КТ-ангиографии области головы и шеи в протоколе МСКТ «все тело» с целью выявления травматической диссекции и нарушения целостности стенки (экстравазации контрастного препарата) сонных и позвоночных артерий (Schicho A, Luerken L, Meier R, et al, 2012).

Применение МСКТ в режиме «все тело» у пациентов с ТСТ повышает процент обнаружения травматической патологии головы, грудной полости и всех отделов позвоночника до 12-18% в каждой из этих анатомических областей, что, в свою очередь, влияет на уменьшение экстренных хирургических вмешательств до 14% (Palm HG, et al, 2018). Практика показывает, что у пациентов с ТСТ скрытые повреждения без клинической симптоматики достаточно часто выявляются при выполнении методики МСКТ в режиме «все тело». В своих работах ученые пришли к заключению о

необходимости применения и использования данного метода как «золотого» стандарта. (Huber-Wagner S. et al. 2009, JC Sierink, et al, 2016).

Однако доза облучения, полученная пациентом при проведении МСКТ в режиме «все тело», является высокой. Это один из недостатков данной методики. В обсуждаемых статьях лучевая нагрузка на пациента при МСКТ в режиме «все тело», колеблется от 35 до 49 мЗв (DeunkJ, et al, 2009; Reske SU, et al. 2018). Поскольку чаще всего травматизация наблюдается у людей молодого возраста, очень важно не подвергать их большему риску патологического воздействия ионизирующего излучения и повреждающему фактору. В силу этого необходимо и важно решить задачу о снижении дозы облучения пациента при сканировании. Данную задачу позволит решить усовершенствование протокола МСКТ «все тело» (National Center for Injury Prevention and Control, 2014). При том что нужно стремиться к уменьшению лучевой нагрузки, необходимо получить гарантию того, что предложенная вместо традиционных или многофазных протоколов методика МСКТ «все тело» обеспечивает высокое качество диагностики травматических повреждений или будет им эквивалентна.

При необходимости проведения МСКТ в случае наличия тяжелой сочетанной травмы у детей следует учитывать существенную разницу в конституционных особенностях со взрослым человеком. Работая над этим вопросом, исследователи из The Royal College of Radiologist (RCR), руководствуются основным условием «настолько низко, насколько возможно в разумных пределах» ('as low as reasonably achievable' - ALARA) и предлагают использовать методику проведения МСКТ с применением педиатрического протокола разделного болюса (The Royal College of Radiologists. 2014). Разрабатывалось несколько вариантов данной методики, однако единого мнения по стандартизации данного протокола не существует. Небольшое количество исследователей описали различные варианты методики разделенного болюса, как это показано в Таблице 1. (Jeavons C, Hacking C, Beenen LF, Gunn ML, 2018).

Таблица 1 – Варианты методики split-bolus по данным различных авторов

Автор	Концентрация йодсодержащего препарата (мг/мл)	Объем и скорость введения				
		Объем 1ого болюса(мл)	Скорость введения (мл/с)	Задержка между введением (с)	Объем 2ого болюса(мл)	Скорость введения (мл/с)
Beenen	350	80	4	20	40	5
Leung	340	65	2	10	85	3.5
Loupatatzis	300	70	3	8	75	4
Stedman	370	70	3	20	70	4
Stengel	300	80	2.7	30	70	4
Yaniv	350	80	3	13	50	4

Преимущественно используется объем контрастного вещества от 100 до 150 мл с интервалом времени от 0 до 77 сек. от введения первой части болюса до начала сканирования, при этом все авторы используют «фиксированную» задержку сканирования. Во многих из этих исследований было проведено сравнение между методикой split-bolus (раздельного болюса) и исследованием в режиме «венозная фаза» или методом многопроходного (многофазного) сканирования.

В большинстве случаев для оценки наличия и степени повреждений грудной клетки, живота и органов малого таза использовалась методика split-

bolus, которой предшествовала нативная МСКТ головы и шейного отдела позвоночника, при этом только два из шести исследований отдельного болюса включали сосудистую фазу области головы и шеи. В свою очередь, в данных анатомических областях встречаются такие повреждения, как травматическая диссекция артерий, а ранняя постановка диагноза и своевременное лечение снижают частоту случаев посттравматического инсульта (Eastman AL, Muraliraj V, Sperry JL, Minei JP 2009). Исследования показывают, что точность МСКТ-ангиографии для постановки диагноза достигает чувствительности 66% (49-79, 95% ДИ – доверительный интервал) и специфичности 97% (91-99, 95% ДИ) в сравнении с трехмерной субтракционной ангиографией, являющейся методом выбора в диагностике данной патологии (Roberts DJ et al, 2013).

При исследовании легких, дуги аорты и средостения, в сравнении многофазного и «split-bolus» протоколов многие авторы сходятся во мнении, что нет существенной субъективной потери качества изображения (Beenen LF, Sierink JC et al, 2014; С. С. Седельников, Г. Н. Доровских, 2017). В одном проспективном исследовании даже доказывается достижение более высокой контрастности дуги аорты в когорте пациентов, прошедших split-bolus (275,9 HU), по сравнению с многофазными исследованиями, включающими КТ-аортографию (177,8 HU) (Beenen LF, Sierink JC et al, 2014). В другом проспективном исследовании было обнаружено, что протокол отдельного болюса дает лучшее контрастное усиление как восходящей и нисходящей части аорты, так и легочных артерий (Loupatatzis C, 2008). Для сравнения: самое большое когортное исследование (982 пациентов) показало, что изображения при применении методики «split-bolus» все же имели несколько меньшее контрастное усиление грудного отдела аорты (Stengel D, et al, 2012), однако не было обнаружено, что это снижало качество изображения и даже имело дополнительное преимущество: уменьшение артефактов от средостения (Gunn ML, 2012). Кроме того, для диагностики повреждений грудной клетки, в сравнении со стандартным хирургическим осмотром,

интраоперационными результатами, а также данными последующих диагностических исследований и клинических наблюдений, была выявлена чувствительность методики разделенного болюса, которая достигала 87%, а специфичность - 99% (Stengel D, et al, 2012).

Увеличение объема внутривенного введения контрастного вещества до 150 мл. не повышает риск возникновения контраст-индуцированной нефропатии (Руководство Европейского Общества Урогенитальной Радиологии (ESUR) по Безопасности Контрастных Средств, 2018). По данным различных исследований риск повышается до средней группы независимо от их базовой почечной функции, если проводится исследование с более чем 300 мл йодированного контраста или в случае проведения двух исследований с интервалом менее 72 часов (McDonald JS, McDonald RJ, et al. 2013; Aycock RD, Westafer LM, et al. 2018).

МСКТ-брюшной полости играет ключевую роль в диагностике травматических повреждений внутренних органов, имеющих жизненно важные значения, которые, в свою очередь, часто затрудняются клиническим осмотром или другими методиками лучевого обследования. В сравнении с многофазными протоколами, все исследования, изучающие МСКТ брюшной полости, обнаружили, что методика отдельного болюса либо эквивалентна, либо превосходит некоторые диагностические показатели качества изображения (Stengel D, et al, 2012; Loupatatzis C, 2008; Beenen LF, Sierink JC et al, 2014; Stedman JM, et al, 2014). С использованием протокола отдельного болюса было обнаружено как статистически значимое улучшение визуализации всех паренхиматозных органов, так и более высокое контрастное усиление в брюшной аорте и воротной вене (Beenen LF, Sierink JC et al, 2014). Для выявления внутрибрюшных повреждений в самом объемном исследовании (группа из 982 пациентов) была доказана диагностическая эффективность МСКТ-исследования с методикой split-bolus: чувствительность составляла 85,7%, а специфичность - 97,5% (с доверительными интервалами в диапазоне от 80 до 98%) (Stengel D, et al,

2012). МСКТ костных структур и сосудов малого таза у всех пациентов имела чувствительность 86% и специфичность - 99%, а у пациентов с множественной травмой - 89% и 97% соответственно (Stengel D, et al, 2012). Выделительная (экскреторная) фаза проводилась исключительно при предположении о травматическом повреждении мочевыделительной системы (мочевого пузыря, мочеточников и чашечно-лоханочной системы). КТ-цистографию рекомендовано проводить, когда есть подозрение на разрыв устьев мочеточников или мочевого пузыря. При данной методике следует вводить ретроградно через катетер до 350 мл раствора контрастного вещества.

При использовании протокола внутривенного контрастирования по методике split-bolus, по сравнению с трех- и четырехфазными протоколами, отмечается существенное уменьшение лучевой нагрузки, объема полученных цифровых данных, а также времени, проведенного пострадавшим в томографе при выполнении МСКТ. Стандартные многофазные протоколы равноценны или даже уступают протоколам split-bolus в определении интенсивности контрастирования паренхиматозных органов и сосудов. То же можно сказать и о субъективной оценке МСКТ изображения. С целью получения оптимального диагностического алгоритма у пациентов с ТСТ и для снижения дозы облучения, полученной пациентом во время исследования, необходимо проводить МСКТ в режиме «все тело» с применением методики split-bolus. Однако единого мнения относительно стандартизированного протокола разделенного болюса не было принято, что, в свою очередь, определяет важность дальнейших исследований с целью уточнения рекомендуемых объемов йодсодержащего контрастного препарата, а также времени и скорости его введения.

### **1.2.2 Лучевая нагрузка и эффективность рабочего процесса**

Сравнивая методику разделенного болюса и стандартные протоколы, было также проведено измерение дозы радиационного облучения. У

методики «split-bolus» авторы выявили снижение дозы облучения от 31,9% до 68,1% (Leung V. et al, 2015; Yaniv G, Portnoy O, et al, 2013). Эти результаты являются важным показателем для использования данного протокола в качестве стандартного в визуализации повреждений у пациентов с ТСТ.

Часть исследований указывают на то, что МСКТ всего тела снижает как продолжительность пребывания в приемном отделении, так и время, затраченное рентгенологом на визуализацию изображений для постановки диагноза (Beenen LF, Sierink JC et al, 2014). Факторы, влияющие на уменьшение продолжительности пребывания, включают оптимизацию протокола исследования и использование МСКТ рядом или в непосредственной близости к реанимационному залу. Было обнаружено, что время сканирования значительно сокращалось при использовании метода отдельного болюса по сравнению с обычными двух или трёхфазными протоколами (Beenen LF, Sierink JC et al, 2014). Также исследования показывают, что split-bolus «все тело» уменьшает количество цифровых изображений, что приводит к сокращению времени написания заключения и снижению требований к программному обеспечению (Leung V. et al, 2015; Yaniv G, Portnoy O, et al, 2013).

В наши дни при проведении МСКТ-исследований врачам-рентгенологам необходимо проанализировать большой объем цифровой информации, при анализе которой, по мнению различных авторов, неизбежно совершение ошибок в рабочей практике (Brady A.P. 2017). Существуют различные определения и понятия врачебной ошибки, а также различия в подходах к их классификации. В свою очередь, наиболее важной задачей в обсуждаемых статьях является повышение качества интерпретации цифровой информации и формирование точных протоколов врачей-рентгенологов (Brady A.P. 2017; Bruno M.A., Walker E.A., Abujudeh H.H., 2015).

При возникновении безотлагательных ситуаций, когда пациенту необходимо провести экстренную диагностику с целью выявления жизнеугрожающей патологии, а также транспортировать его в операционную для хирургической коррекции, одним из важных факторов является решение задачи по устранению критических ошибок, которые напрямую имеют влияние на проведение мероприятий, направленных на оказание медицинской помощи пациенту. Из вышесказанного следует актуальность решения данной задачи.

При поступлении пострадавших с тяжелой сочетанной травмой в кабинет КТ и при выполнении МСКТ всего тела нагрузка на врача-рентгенолога существенно увеличивается в силу того, что: при обработке данных одновременно формируется до 3 тысяч цифровых изображений; в рамках одного патогенетического фактора необходим анализ всевозможных атомических зон в легочном, костном и мягкотканом окнах; пациент находится в крайне тяжелом или тяжелом клиническом состоянии, что определяет необходимость принятия безошибочного решения с максимально меньшей затратой времени. В данной ситуации велика вероятность возникновения ошибки при интерпретации МСКТ изображений и формировании диагностического заключения. Чтобы снизить вероятность возникновения диагностических ошибок следует провести их анализ и найти инструмент, позволяющий их избежать. Многие авторы сходятся во мнении, что одним из таких инструментов является применение стандартизированных протоколов описаний исследований (Bosmans JML, Weyler JJ, Schepper AM, Parizel PM. 2011). Чек-листы являются особым случаем формирования данного протокола. Данные Meilinger позволяют судить об успешном результате их применения в авиации, а также дают определение чек-листа и основные правила его формирования (Meilinger P.S. 2005).

При анализе структуры чек-листа можно сделать вывод, что важно сочетать в нем:

-наглядность;

-краткость;

-включение необходимых пунктов описываемого процесса.

При данном подходе к созданию чек-листа важно убрать промежуточные и малосущественные составляющие, сохранив при этом основной вектор описания процесса или действий. Всемирная Организация Здравоохранения в 2007-2009 гг в рамках своей исследовательской программы по снижению постоперационных осложнений успешно применила опыт использования чек-листа (© World Health Organization 2009). Несмотря на это, врачи-рентгенологи и врачи иных клинических специальностей были не уверены в целесообразности использования стандартизированного протокола по принципу чек-листа. Таким образом в научных исследованиях была выявлена проблема, состоящая в том, что работа специалистов в новых условиях часто сопровождается повышенным недоверием к нововведениям (Haynes A.B. et al., 2009; Smart G.H., 2008). Из этого следует, что при внедрении в работу чек-листа требуется длительный период адаптации специалистов для формирования устойчивого положительного отношения к его применению.

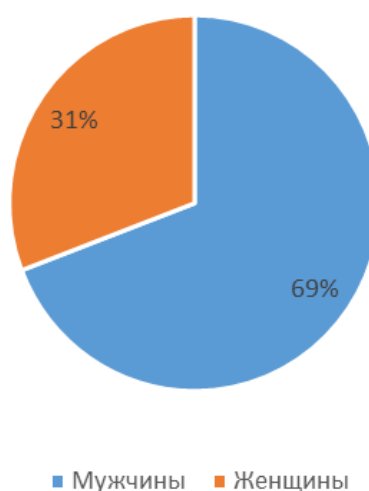
Хотя большая часть исследователей положительно оценивает применение методики «все тело» у пациентов с ТСТ, так как это позволяет сократить время обследования без потери данных визуализации о наличии и характере полученных повреждений, в практическом применении такой методики осталось еще много нерешенных вопросов. В значительной степени это связано с рядом особенностей контингента пациентов, имеющих угрожающие жизни нарушения в связи с шокогенной травмой. Не определены до конца показания и оптимальная методика введения контрастного препарата, существенно отличаются мнения о балансе необходимого и допустимого уровня лучевой нагрузки. Не нашла широкого распространения и практика применения чек-листов с целью унификации

интерпретации полученных результатов в условиях острого дефицита времени. Все эти нерешенные вопросы и обусловили актуальность предпринятого исследования.

## Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Характеристика клинического материала

В исследовании участвовало всего 172 пациента с ТСТ, поступивших в скоруюпомощной стационар с 01.05.2018 г. по 28.01.2019 г. В процентном содержании среди пострадавших большую часть, а именно 69,2% (n=119) составляли мужчины, в то время как на женщин приходилось 30,8% (n=53).



Данные о распределении пострадавших по полу представлены на Рисунке 1.

Рисунок 1 – Распределение пострадавших по полу

Возраст пострадавших колебался от 18 до 93 лет. Средний возраст пострадавших составил 40,5 лет (ДИ 38,1;42,9).

Основным каналом поступления пациентов являлась служба скорой медицинской помощи, на долю которой пришлось 154 (89,6%) госпитализаций, 5 (3,2%) пострадавших доставлены свидетелями или участниками ДТП, в 4 (2,5%) случаях пациенты с места ДТП были доставлены санитарной авиацией, остальные 9(4,7%) госпитализированных, переведены из других лечебных учреждений.

В 85,5% (n=147) пострадавшие имели травмы, связанные с ДТП, в 13,4% (n=24) травмы были получены в результате падения с высоты и один

пациент с поездной травмой 0,1% (n=1). Данные представлены на Рисунке 2.

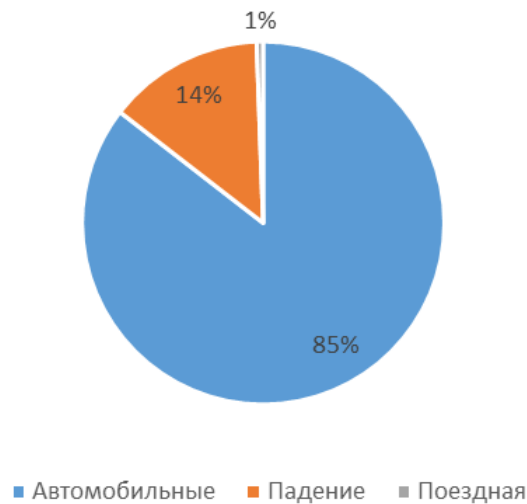


Рисунок 2 – Распределение пострадавших по механизму возникновения травмы

Всего у пациентов было выявлено 351 травматическое повреждение различных анатомических областей (Рисунок 3, 4), из них в 82 (23%) случаях приходилось на травмы головного мозга, в 65 (19%) случаях на травмы органов грудной клетки, в 29 (8%) случаях на травмы органов брюшной полости, в 32 (9%) случаях на травмы малого таза, в 75 (21%) случаях на травмы конечностей и в 68 (20%) случаях на травмы позвоночника.

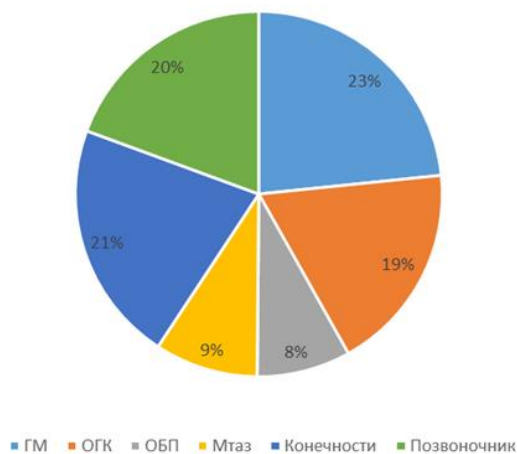


Рисунок 3 – Структура повреждений различных анатомических областей

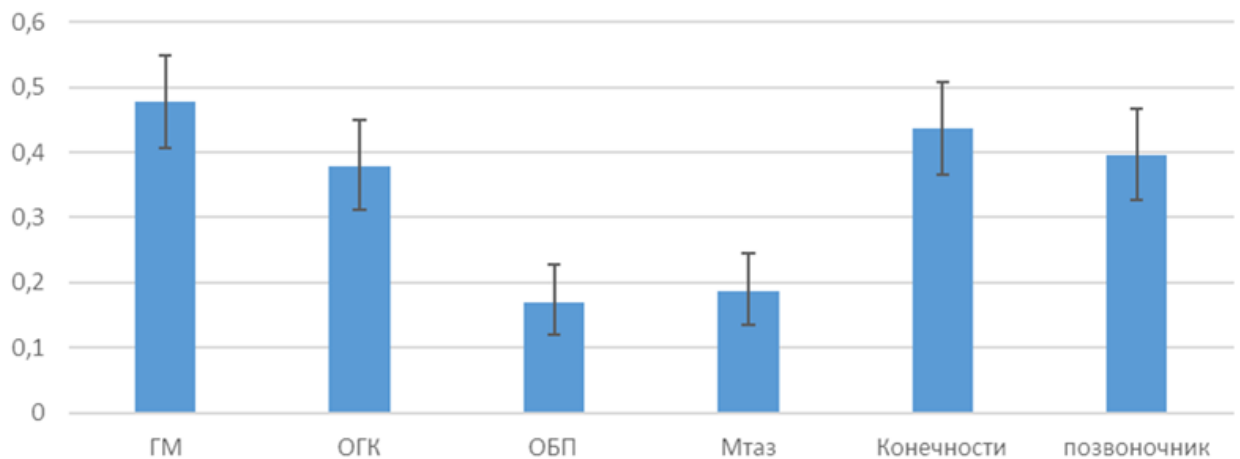


Рисунок 4 – Частота встречаемости повреждений различных анатомических областей

Наиболее часто у пациентов встречаются сочетания травматических повреждений двух анатомических областей (44,8% ДИ: 37,8% - 51,9%). Частота встречаемости повреждений одной и трёх областей составляют 19,2% (ДИ: 14,1% - 25,2%) и 18,0% (ДИ: 13,1% - 24,0%) соответственно. Пациенты с сочетанием четырёх областей отмечены значительно реже (8,1% ДИ: 5,0% - 12,6%), что соответствует частоте встречаемости пациентов без травм (8,1% ДИ: 5,0% - 12,6%). Наиболее редко отмечены пациенты с повреждением пяти областей (1,7% ДИ: 0,6% - 4,1%) (Рисунок 5,6).

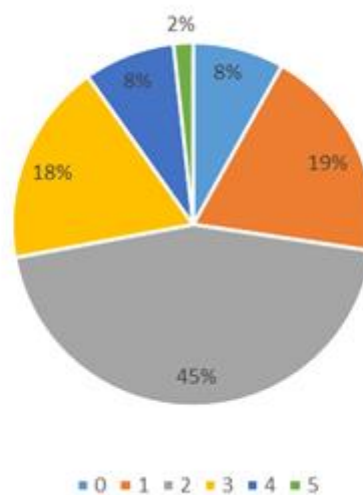


Рисунок 5 – Структура сочетанности повреждений у пациентов с ТСТ

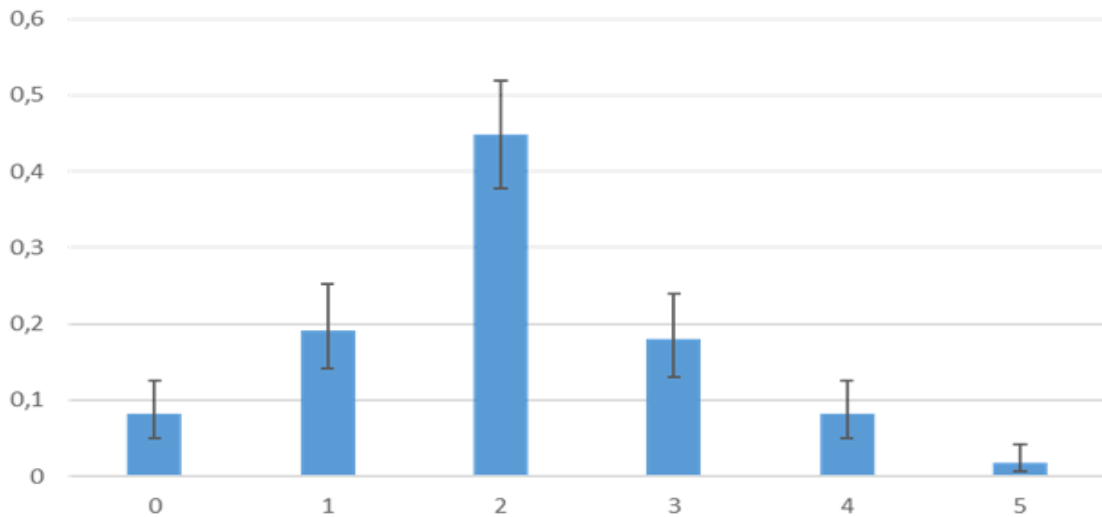


Рисунок 6 – Частота сочетанности повреждений у пациентов с ТСТ

### Методики сканирования пациентов в режиме «все тело»

С целью диагностики повреждений и определения оптимального диагностического протокола у пациентов с ТСТ во всех случаях применяли МСКТ всего-тела с различной методикой сканирования. Пациентов, прошедших протокол исследования «все тело» разделяли на две группы, в зависимости от методики исследования (без и с внутривенным введением йодсодержащего контрастного препарата). Данные представлены на Рисунке 7.

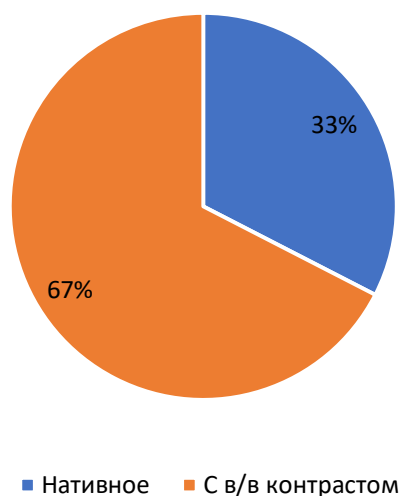


Рисунок 7 – Доля пострадавших, прошедших методику «все тело» без и с введением йодсодержащего контрастного препарата

В свою очередь пациентов с проведенным внутривенным контрастированием, делили на три группы в зависимости от объема, скорости и методики его введения.

В первую группу (32,6% случаев, n=56) вошли пострадавшие, которым провели методику исследования «все тело» без внутривенного введения йодсодержащего контрастного вещества.

Во второй группе (67,4% случаев, n=116 случаев) были применены методики с внутривенным введением йодсодержащего контрастного вещества (данные представлены на Рисунке 8):

- 1) в 29,3% (n=34) с применением методики «все тело» split-bolus и последовательным введением болюсов объемом 100 мл и 50 мл (100/50 мл).
- 2) в 60,35% (n=70) с применением методики «все тело» split-bolus при котором пациенту вводилось два последовательных болюса контрастного вещества объемом 80 мл и 70 мл (80/70 мл).
- 3) в 10,35% (n=12) у пострадавших применялась стандартная трёхфазная методика сканирования с одновременным болюсным введением контрастного вещества, объемом 100мл.

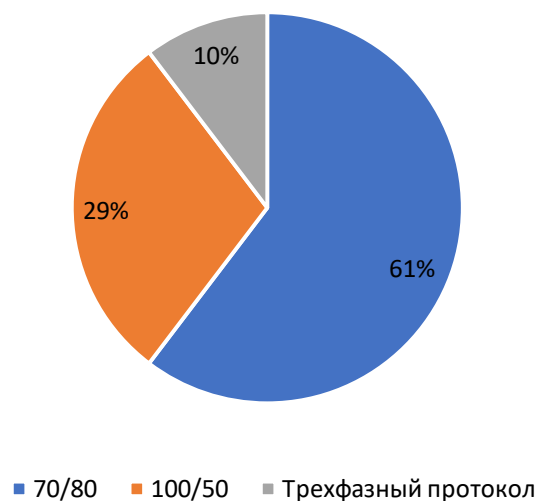


Рисунок 8 – Структура распределения методик контрастирования в режиме «все тело»

Для оценки качества изображения и интенсивности контрастирования при двух различных методиках split-bolus пациенты были разделены на группы по применяемым схемам и последовательностям внутривенного введения йодконтрастного вещества. В первую группу вошло 70 пациентов с применением контрастирования по схеме 80 мл и 70 мл. Структура группы составила 54 (77,1%) мужчин и 16 (22,9%) женщин (Рисунок 9), средний возраст группы составил 41 год (ДИ 37,2;44,8).

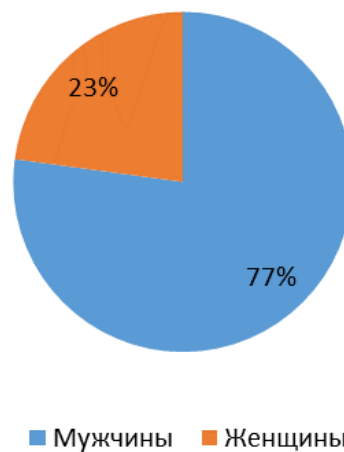


Рисунок 9 – Распределение по полу в группе 80/70 мл

Во вторую группу вошли 34 человека с применением контрастирования по схеме 100 мл и 50 мл. Из них: 20 (58,8%) мужчин и 14 (41,2%) женщин (Рисунок 10), средний возраст группы составил 38,9 лет (ДИ 32,6;45,0).

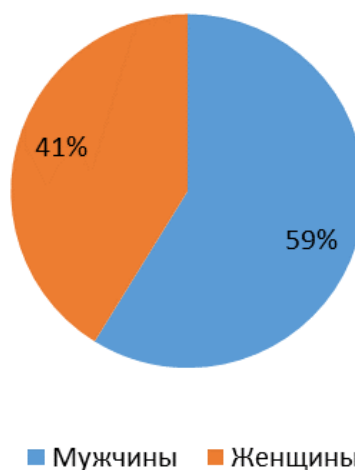


Рисунок 10 – Распределение по полу в группе 100/50 мл

В третью группу вошли 12 человек с применением трехфазной методики. Из них: 8 (66,7%) мужчин и 4 (33,3%) женщин (Рисунок 11), средний возраст группы составил 43 года (ДИ 37,7;48,3).

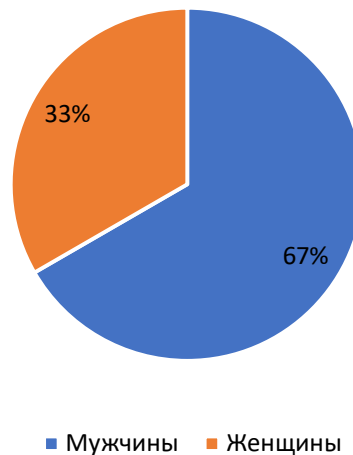


Рисунок 11 – Распределение по полу в группе с применением трехфазной методики

### **Использование чек-листа при интерпретации изображений «все тело»**

С целью уточнения статической значимости и повышения качества диагностики при выявлении травматических повреждений был введён чек-лист. Пациентов разделили на две группы: с использованием чек-листа и без него.

В первую группу пациентов без чек-листа вошло 85 человек. Из них 59 (69,5%) мужчин и 26 (30,5%) женщин (Рисунок 12).

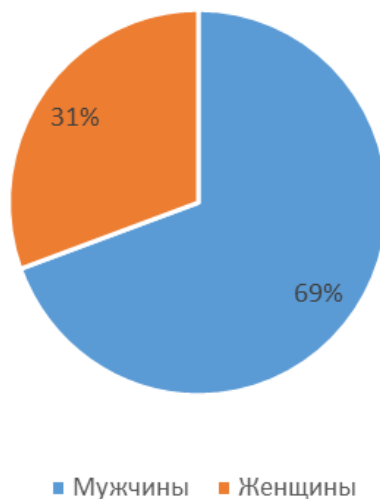


Рисунок 12 – Распределение пострадавших по полу в группе пациентов без использования чек-листа

Средний возраст в группе составил 42,2 (ДИ 38,9;45,4) года. К 44 (51,8%) пациентам в группе был применён нативный метод исследования без контрастирования, к 34 (40,0%) применена методика контрастирования split-bolus, а к 7 (8,2%) – трёхфазная методика (Рисунок 13).

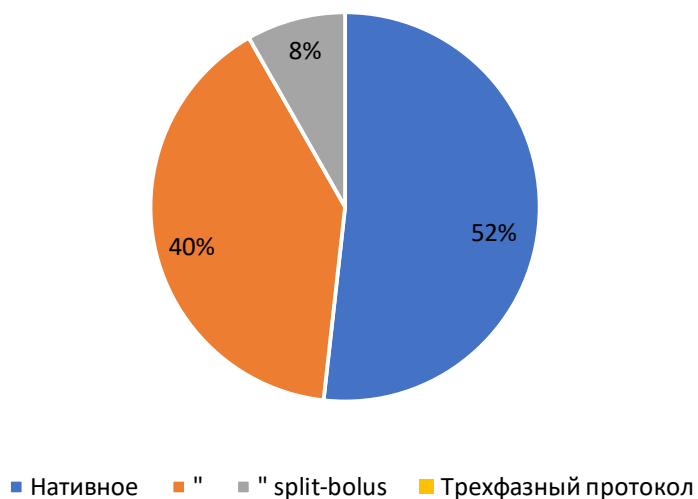


Рисунок 13 – Структура группы без использования чек-листа по типам методики контрастирования

Во вторую группу пациентов с использованием чек-листа вошло 87

человек. Из них 60 (69,0%) мужчин и 27 (31,0%) женщин (Рисунок 14). Средний возраст в группе составил 38,9 (35,5;42,4) лет.

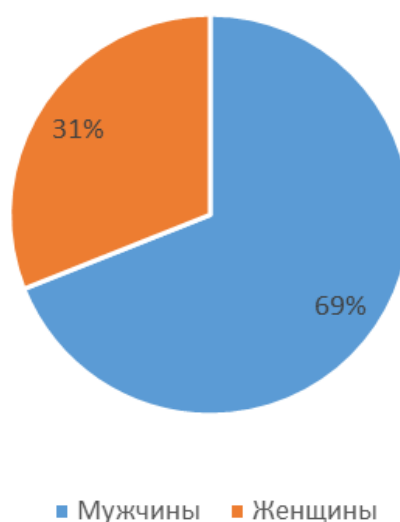


Рисунок 14 – Распределение пострадавших по полу в группе пациентов с использованием чек-листа.

К 12 (13,8%) пациентам в группе был применён нативный метод исследования (без контрастирования), к 70 (80,5%) применена методика контрастирования split-bolus, а к 5 (5,7%) – трёхфазная методика (Рисунок 15).

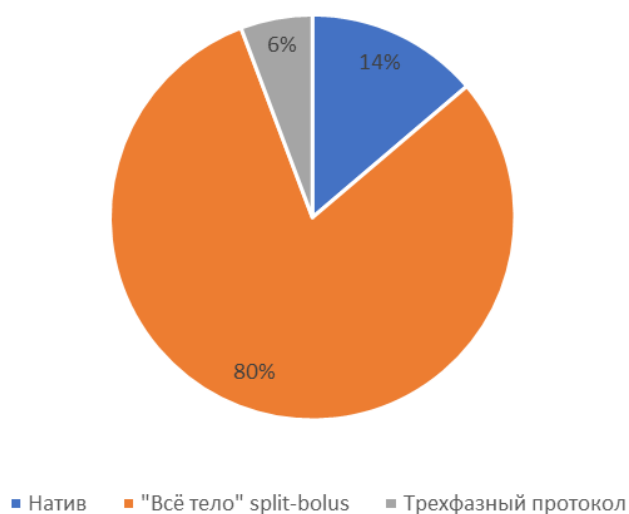


Рисунок 15 – Структура группы с использованием чек-листа по типам методики контрастирования

### Лучевая нагрузка

Для сравнения полученной лучевой нагрузки при обследовании пациентов методами split-bolus, трёхфазной методикой и нативным исследованием была измерена полученная лучевая нагрузка у 104 пациентов, прошедших МСКТ всего тела split-bolus, 12 пациентов, прошедших трёхфазное сканирование и 56 пациентов с нативным исследованием.

Структура распределения по полу в группе split-bolus составила 74 (71,2%) мужчин и 30 (28,8%) женщин (Рисунок 16), средний возраст группы составил 40,3 года (ДИ 37,1;43,6).

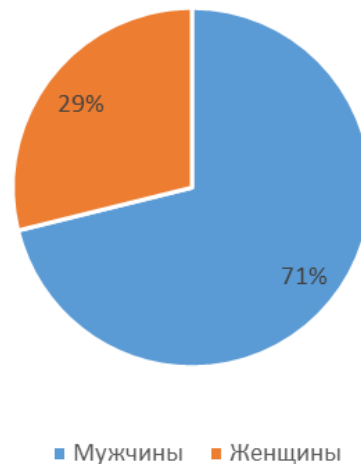


Рисунок 16 – Распределение пострадавших по полу в группе пациентов с применением методики split-bolus

В группу трёхфазной методики контрастирования вошли 12 человек – 8 (66,7%) мужчин и 4 (33,3%) женщин (Рисунок 17), средний возраст группы составил 43 года (ДИ 37,7;48,3).

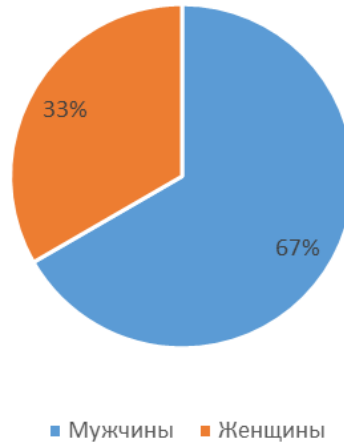


Рисунок 17 – Распределение пострадавших по полу в группе пациентов с применением трехфазной методики сканирования

В группу нативного исследования вошли 56 человек – 37 (66,1%) мужчин и 19 (33,9%) женщин (Рисунок 18), средний возраст группы составил 40 (ДИ 36,3;44,5) лет.

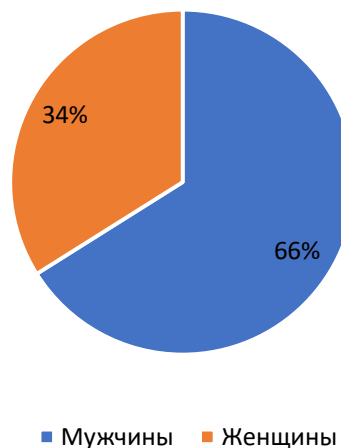


Рисунок 18 – Распределение пострадавших по полу в группе пациентов с применением нативной методики сканирования

### **Время исследования**

Для сравнения времени МСКТ-исследований у пациентов методами split-bolus, трёхфазной методикой и нативным протоколом было измерено время прохождения исследования в тех же группах, на которых изучалась лучевая нагрузка. Время исследования замерялось на секундомере, от

момента начала проведения топограммы до окончания сканирования согласно протоколам МСКТ «все тело». Было измерено время исследования у 104 пациентов, прошедших МСКТ всего тела split-bolus, 12 пациентов, прошедших трехфазное сканирование и 56 пациентов с применением нативного исследования. Половозрастные характеристики этих групп описаны в предыдущем разделе.

## **2.2 Протоколы исследования «все тело»**

### **2.2.1 Нативное исследование «все тело»**

Методику нативного протокола «все тело» выполняли на 64-спиральном компьютерном томографе Toshiba «Aquilion Prime». Исследование проводили в положении лежа на спине, при возможности голову фиксировали в специальной подголовной подставке, руки отводили за голову. При тяжелом состоянии пострадавшего МСКТ выполняли на щите, на котором пациент доставлялся с кабинет КТ, фиксацию головы и рук при этом не осуществляли.

На рабочей консоли томографа выбирали протокол «Whole Body». Для разметки области исследования выбирали топограмму, которую начинали на 1 см выше верхней пластинки свода черепа, и заканчивали на 1 см каудальнее нижнего края лобкового симфиза. Зона исследования составляла около 100 см.

Первым этапом проводили нативное исследование «голова + шея» с параметрами сканирования: напряжение на трубке (Tube voltage) - кВ 100, ток на трубке (Tube current) - мА 320, коллимация (Collimation) - 64x0,6 мм, толщина среза (Slice thickness) – 1,2 мм, время вращения (Time of rotation) - 0,28 с (Таблица 2).

Таблица 2 – Протокол МСКТ нативного исследования области «голова+шея»

Параметры исследования	64-спиральный компьютерный томограф
напряжение на трубке	100 кВ
ток на трубке	320 мА
коллимация	64x0,6 мм
толщина среза	1,2 мм
время вращения	0,28 с

Далее следовало одномоментное сканирование грудной клетки, брюшной полости и малого таза с параметрами сканирования: напряжение на трубке (Tube voltage) - кВ 120, ток на трубке (Tube current) - в зависимости от габаритов пациента, коллимация (Collimation) - 64x0,6 мм, толщина среза (Slice thickness) – 2,5 мм, время вращения (Time of rotation) - 0,28 с (Таблица 3). Область сканирования начинали от уровня тела С7 позвонка (с захватом ключиц) и до уровня верхней трети бедренных костей, с полным захватом костей таза.

Таблица 3 – Протокол МСКТ нативного исследования области грудной клетки, брюшной полости и малого таза

Параметры исследования	64-спиральный компьютерный томограф
напряжение на трубке	120 кВ
ток на трубке	в зависимости от габаритов пациента
коллимация	64x0,6 мм
толщина среза	2,5 мм
время вращения	0,28 с

Примером такого протокола являются иллюстрации МСКТ пациента А., 20 лет, пострадавшего вследствие ДТП и доставленного бригадой скорой

медицинской помощи в приемное отделение. Пациенту проведено нативное исследование в режиме «все тело» (Рисунок 19).

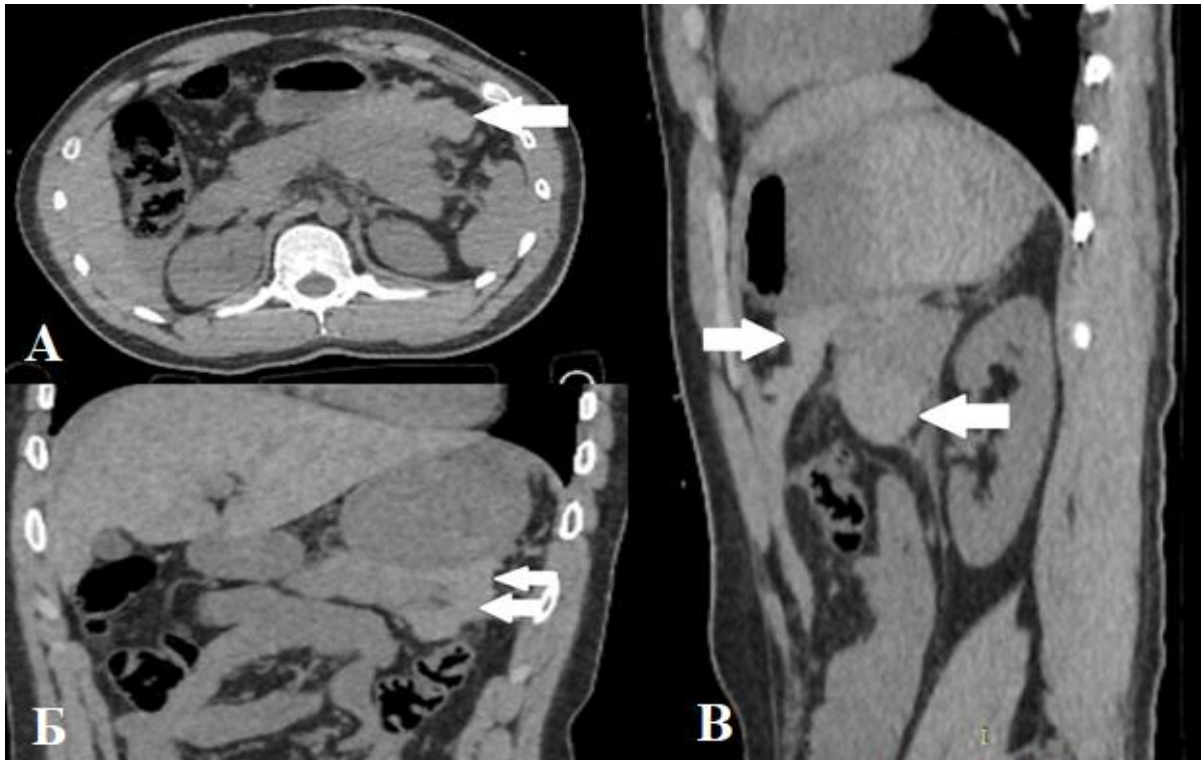


Рисунок 19 – МСКТ. Мультипланарная реконструкция. Нативное исследование «все тело». (А) – аксиальная проекция, (Б) – корональная проекция, (В) – сагиттальная проекция. В брюшной полости определяется наличие свободной геморрагической жидкости (белые стрелки), однако определить источник кровотечения и уточнить степень повреждения паренхиматозных органов не представляется возможным.

Собственное наблюдение

После проведения МСКТ пациент был транспортирован в операционную, где при диагностической лапароскопии выявляются разрыв хвоста поджелудочной железы и разрыв печени, что было подтверждено на повторном постоперационном контрольном КТ-исследовании всего тела с внутривенным контрастированием (Рисунок 20).



Рисунок 20.1 – Постоперационное МСКТ брюшной полости (3 фазы сканирования, венозная фаза). Мультипланарная реконструкция. (А) - корональная проекция, (Б) – аксиальная проекция, (В) – косая сагиттальная проекция. Определяется участок разрыва в области хвоста поджелудочной железы и явления посттравматического панкреатита (белые стрелки).



Рисунок 20.2 – Постоперационное МСКТ брюшной полости (3 фазы сканирования, венозная фаза). (А, В) - мультипланарные реконструкции., (Б) – аксиальная проекции. Определяется участок разрыва в области S2/3 печени (стрелки).

#### Собственное наблюдение

Данный пример бесконтрастной методики позволяет выявить костно-травматическую патологию, определять степень и тип повреждений головного мозга и паренхимы легких. Также можно обнаружить наличие косвенных признаков травмы паренхиматозных органов брюшной полости и малого таза, таких как гемо-пневмоперитонеум, однако достоверно определить объем и степень их повреждения, а также выявить источник кровотечения не представляется возможным.

#### **2.2.2 Методика исследования «все тело» split-bolus с последовательным введением йодсодержащего контрастного вещества объемом 80/70 мл.**

В разработанной методике КТ - раздельного болюса всего тела одномоментному сканированию грудной клетки, брюшной полости и малому

тазу предшествует первая часть болюса, а вторая, с задержкой по времени, вводится во время сканирования. Такая схема позволяет при сканировании получить единовременную качественную визуализацию артериальной и портальной фаз (и, в части случаев, экскреторной фазы).

Методику «все тело» split bolus выполняли на мультиспиральном компьютерном томографе Toshiba «Aquilion Prime». Исследование проводилось в положении лежа на спине, при возможности голова фиксировалась в специальной подставке, руки поднимались за голову. При тяжелом состоянии пострадавшего МСКТ выполняли на щите, на котором пациент доставлялся с кабинет КТ, фиксацию головы и рук при этом не осуществляли. В связи с тяжелым и потенциально опасным для жизни пациента состоянием, введение контрастного препарата выполнялось без проведения дополнительного обследования уровня креатинина крови и сбора аллергологического анамнеза. С целью минимизации рисков нежелательных реакций на введение контрастного препарата использовали неионное изоосмолярное РКС (йодиксанол – Визипак 320). Кроме того, пациенты находились под наблюдением реаниматолога в связи с основным патологическим состоянием, что предполагало возможность немедленного купирования нежелательных реакций в случае их возникновения.

На рабочей консоли томографа выбирали протокол «Whole Body Split-bolus». Разметка области исследования, параметры сканирования для областей «голова+шея» и грудной клетки, брюшной полости, малого таза были аналогичные нативному исследованию (Таблица 2, 3).

Первично проводилось нативное исследование «голова+шея». Исследование сосудов головы и шеи, а также органов грудной клетки, брюшной полости и малого таза, проводилось одномоментно и с введением йодконтрастного препарата (йодиксанол 320 - 150мл) без проведения нативного исследования. Область сканирования начиналась от височных костей (для захвата Виллизиева круга) и до уровня верхней трети бедренных костей, с полным захватом костей таза. Первая часть

контрастного вещества вводилась объемом 80 мл, со скоростью 1,6 мл/секунду. Далее следовала фиксированная пауза в 15 секунд, после которой вводилось 70 мл контрастного вещества, со скоростью 3,5 мл/с (Таблица 4).

Таблица №4 – Последовательность введения контрастного вещества при протоколе split-bolus 80/70 мл.

Концентрация йодсодержащего препарата (мг/мл)	Объем и скорость введения контрастного препарата				
	Объем первого болюса (мл)	Скорость введения (мл/с)	Задержка между введениями (с)	Объем второго болюса (мл)	Скорость введения (мл/с)
320	80	1.6	15	70	3,5

Отслеживание болюса (Bolus tracking) проводилось, только после введения второго объема контрастного препарата, на нисходящей части грудной аорты, пороговые значения болюса (Threshold trigger) 100 HU. Данный протокол позволил улучшить интенсивность контрастирования грудного и брюшного отдела аорты, без потери качества визуализации повреждений паренхиматозных органов (Рисунок 21).

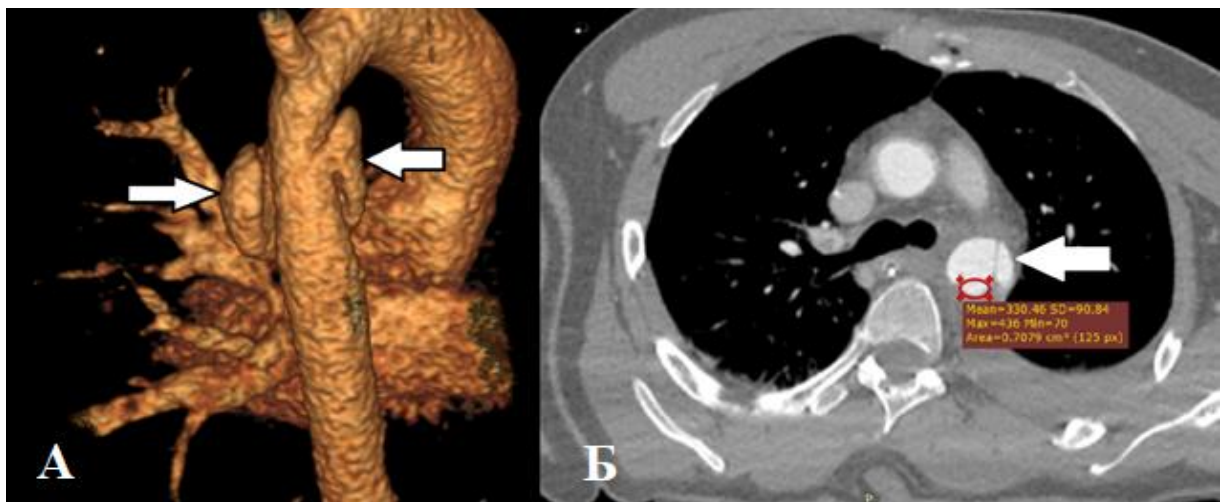


Рисунок 21 – МСКТ. (А) - 3D реконструкция, (Б) - аксиальная проекция. Пациент Н., 35 лет, тяжелая сочетанная травма, полученная вследствие падения с высоты 7 этажа. Определяется травматическая диссекция нисходящего отдела грудной аорты, с формированием интрамуральной гематомы (стрелки). Плотность контрастного вещества в аорте 330 HU.

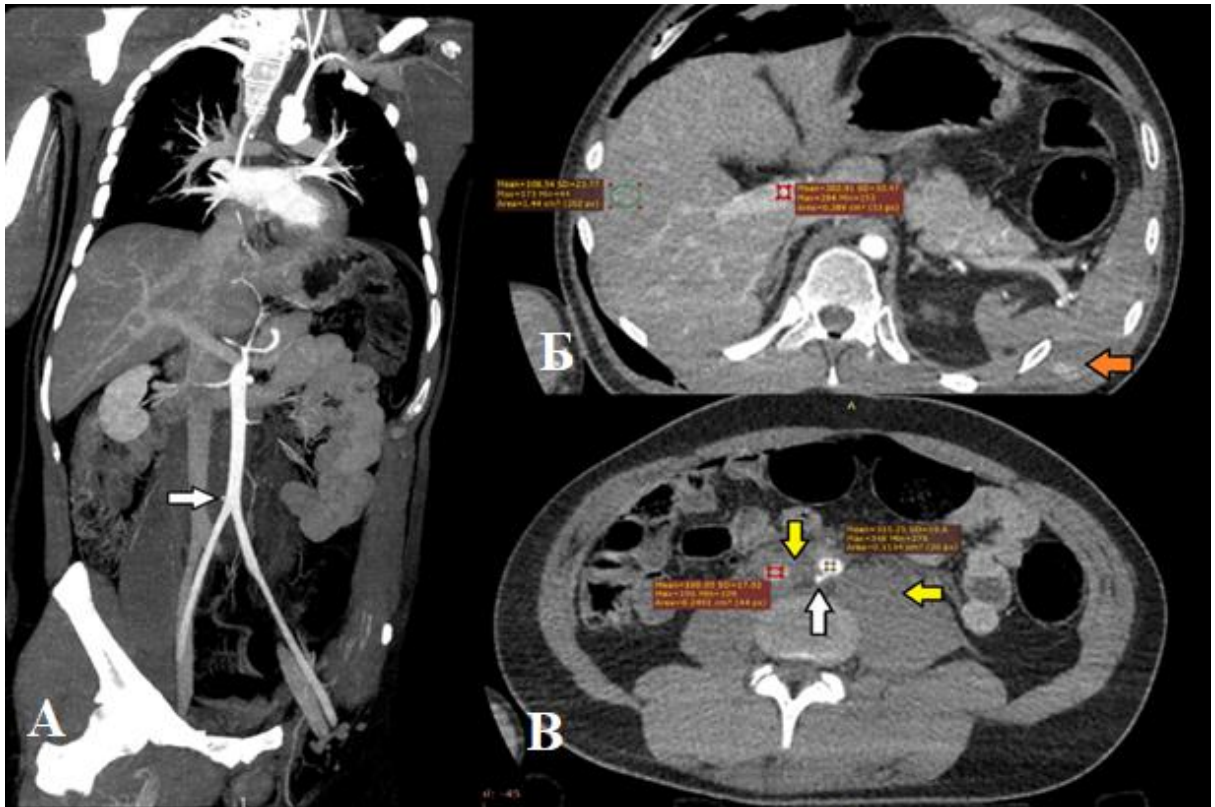


Рисунок 21.1 – МСКТ «все тело» split-bolus 80/70 мл. У этого же пациента определяется разрыв селезенки (Б, оранжевая стрелка), участок разрыва задней стенки брюшного отдела аорты с экстравазацией контрастного вещества (А, В, белые стрелки), и формированием забрюшинной гематомы (В, желтые стрелки). Плотность контрастного вещества в брюшном отделе аорты 315 HU, в воротной вене 202 HU, в нижней полой вене 160 HU. Плотность контрастируемой паренхимы печени 108 HU.

Собственное наблюдение

Экскреторную фазу выполняли только в случае подозрения на повреждение мочевыделительной системы. При подозрении на повреждение мочевого пузыря или устьев мочеточников вводили водорастворимый контрастный препарат через катетер ретроградно (Рисунок 22).

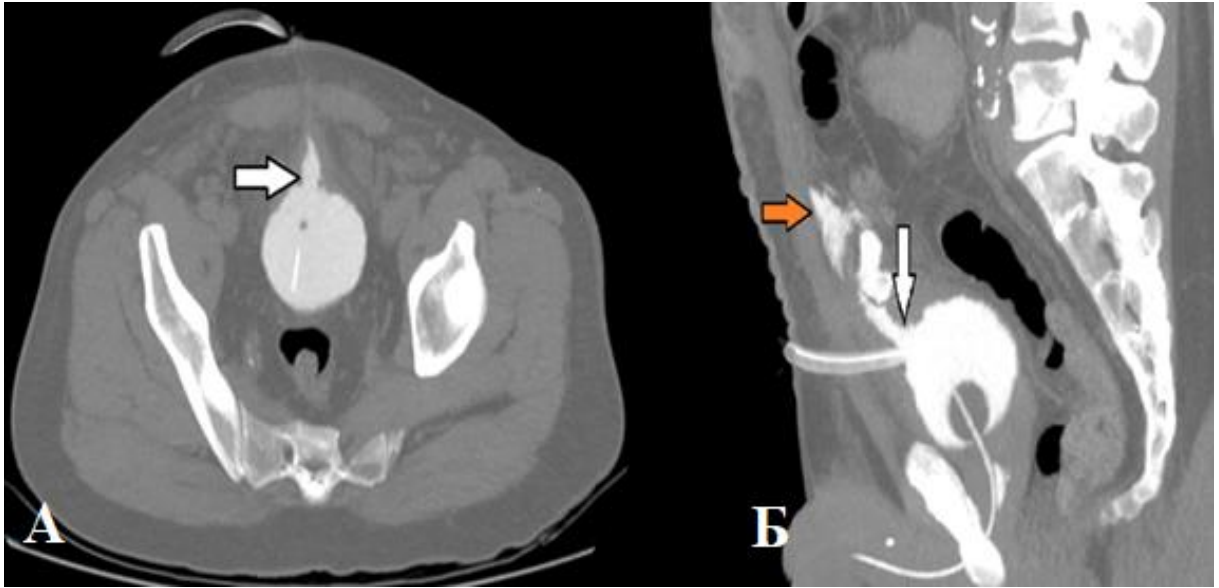


Рисунок 22 – МСКТ. (А) – аксиальная, (Б) - корональная проекция. У пациента, при ретроградном введении контрастного вещества, определяется разрыв передней стенки мочевого пузыря (А, Б, белые стрелки), и излитие контрастного вещества в предбрюшинную клетчатку (Б, оранжевая стрелка).

Собственное наблюдение

### **2.2.3 Методика исследования «все тело» split-bolus с последовательным введением йодсодержащего контрастного вещества объемом 100/50 мл.**

При использовании методики КТ всего тела split-bolus, одномоментному сканированию грудной клетки, брюшной полости и малому тазу предшествует первая часть болюса, а вторая, с задержкой по времени, вводится во время сканирования. Такая схема позволяет при сканировании получить единовременную визуализацию артериальной и портальной фаз (и, в части случаев, экскреторной фазы).

Методика «все тело» split bolus выполнялась на мультиспиральном компьютерном томографе Toshiba Aquilion Prime. Исследование проводилось в положении лежа на спине, при возможности голова фиксировалась в специальной подставке, руки поднимались за голову. При тяжелом состоянии

пострадавшего КТ-исследование выполняли на щите, на котором пациент доставлялся с кабинет КТ, фиксацию головы и рук при этом не осуществляли. В связи с тяжелым и потенциально опасным для жизни пациента состоянием, введение контрастного препарата выполнялось без проведения дополнительного обследования уровня креатинина крови и сбора аллергологического анамнеза. С целью минимизации рисков нежелательных реакций на введение контрастного препарата использовали неионное изоосмолярное РКС (йодиксанол – Визипак 320). Кроме того, пациенты находились под наблюдением реаниматолога в связи с основным патологическим состоянием, что предполагала возможность немедленного купирования нежелательных реакций в случае их возникновения.

На рабочей консоли томографа выбирали протокол «Whole Body Split-bolus». Разметка зоны исследования была аналогичная split-bolus протоколу 80/70мл. Зона исследования составляла около 100 см.

Разметка области исследования, параметры сканирования для областей «голова+шея» и грудной клетки, брюшной полости, малого таза были аналогичные нативному исследованию (Таблица 2, 3).

Первично проводилось нативное исследование «голова+шея». Исследование сосудов головы и шеи, а также органов грудной клетки, брюшной полости и малого таза, проводилось одномоментно и с введением йодконтрастного препарата (йодиксанол 320 - 150мл) без проведения нативного исследования. Область сканирования начиналась от височных костей (для захвата Виллизиева круга) и до уровня верхней трети бедренных костей, с полным захватом костей таза. Первая часть контрастного вещества вводилась объемом 100 мл, со скоростью 1,6 мл/секунду. Далее следовала фиксированная пауза в 15 секунд, после которой вводилось 50 мл контрастного вещества, со скоростью 3,5 мл/с (Таблица 5).

Таблица №5 – Последовательность введения контрастного вещества при протоколе split-bolus 100/50 мл.

Концентрация йодсодержащего препарата (мг/мл)	Объем и скорость введения контрастного препарата				
	Объем первого болюса (мл)	Скорость введения (мл/с)	Задержка между введениями (с)	Объем второго болюса (мл)	Скорость введения (мл/с)
320	100	1,6	15	50	3,5

Отслеживание болюса (Bolus tracking) проводилось, только после введения второго объема контрастного препарата, на нисходящей части грудной аорты, пороговые значения болюса (Threshold trigger) 100 HU.

Примером использования данного протокола, при котором пациенту вводится два последовательных болюса объемом 100 мл и 50 мл, являются иллюстрации МСКТ пациента В., 43 лет (Рисунок 23). Пациент поступил в больницу после дорожно-транспортного происшествия (ДТП). Доставлен бригадой скорой медицинской помощи в реанимационный зал приемного отделения в тяжелом состоянии, на щите, дыхание самостоятельное, уровень сознания – умеренное оглушение.

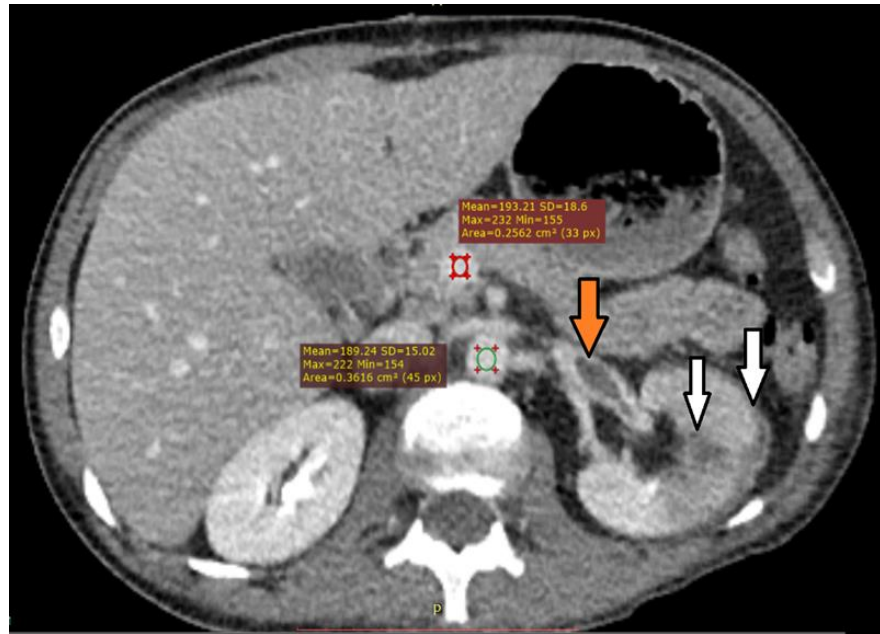


Рисунок 23 – МСКТ. Аксиальная проекция. Компьютерная томография пациента Р., 31 лет. Плотность контрастирования брюшного отдела аорты 189 НУ, плотность контрастирования верхней брыжеечной вены 193 НУ. Интенсивность контрастирования позволяет визуализировать тромбоз кровяным сгустком в просвете левой почечной вены (оранжевая стрелка). Определяются участки разрывов и подкапсульная гематома левой почки (белые стрелки).

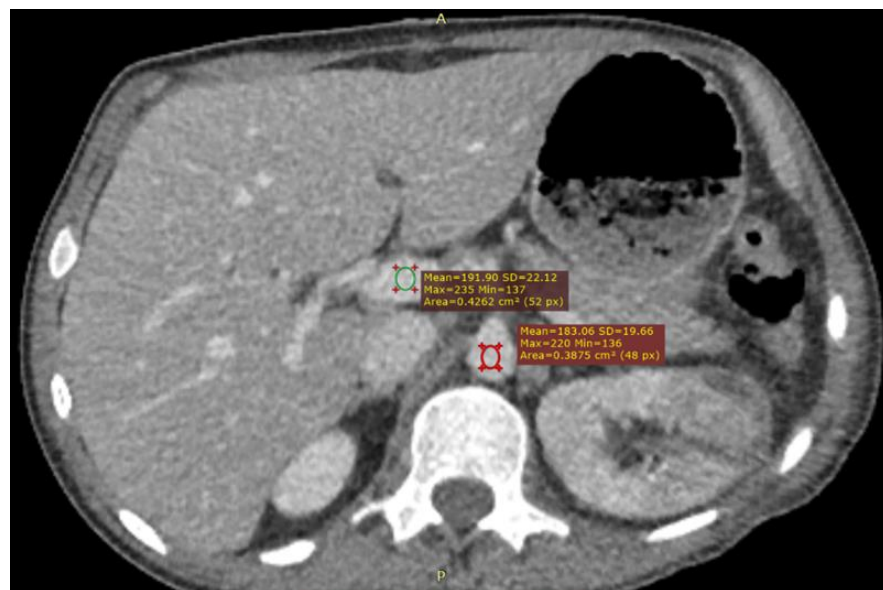


Рисунок 23.1 – МСКТ. Аксиальная проекция. Этот же пациент. Интенсивность контрастирования брюшного отдела аорты ниже (183 НУ), чем плотность контрастного вещества в просвете воротной вены (191 НУ).

Собственное наблюдение

Данный протокол сканирования позволяет выявить травматические изменения со стороны паренхиматозных органов брюшной полости, однако плотностные характеристики контрастного вещества в просвете аорты ниже плотности контрастирования верхней брыжеечной и воротной вен.

Для оценки качества МСКТ-изображений, а также интенсивности контрастирования сосудов и паренхиматозных органов, в методиках «все тело» split-bolus по схеме 80/70 мл и split-bolus по схеме 100/50 мл была измерена плотность контрастирования в 5 ключевых точках: грудной отдел аорты, брюшной отдел аорты, воротная вена, паренхима печени, паренхима селезенки. В первую группу вошло 70 пациентов, прошедших обследование по схеме 80/70 мл, во вторую группу вошло 34 пациента, прошедших обследование по схеме 100/50 мл.

#### **2.2.4 Методика МСКТ всего тела с использованием трехфазного протокола сканирования**

Методика МСКТ всего тела с использованием трехфазного протокола выполнялась на мультиспиральном компьютерном томографе Toshiba Aquilion Prime. Укладка и фиксация пациента, а также показания к введению контрастного препарата были аналогичные split-bolus протоколам. С целью минимизации рисков нежелательных реакций на введение контрастного препарата использовали неионное изоосмолярное РКС (йодиксанол – Визипак 320). Разметка области исследования, параметры сканирования для областей «голова+шея» и грудной клетки, брюшной полости, малого таза были аналогичные нативному исследованию (Таблица 2, 3).

На рабочей консоли томографа выбирали протокол «Whole Body 3 Phase».

Первично проводилось нативное исследование «голова + шея». Далее следовало нативное исследование единого блока «грудная клетка + брюшная полость + малый таз». Область сканирования начиналась от уровня тела С7 позвонка (с захватом ключиц) и до уровня верхней трети бедренных костей, с

полным захватом костей таза.

Далее следовало две последовательных фазы сканирования для визуализации артерий головы и шеи, артерий и вен грудной и брюшной полости, а также малого таза, с введением йодконтрастного препарата (йодиксанол 320 – 100 мл). Контрастное вещество вводилось одномоментно объемом 100 мл, со скоростью 3,5 мл/с (Таблица 6).

Таблица 6 – Протокол введения контрастного препарата при трехфазном протоколе

Концентрация йодсодержащего препарата (мг/мл)	Объем и скорость введения контрастного препарата	
	Объем РКС (мл)	Скорость введения (мл/с)
320	100	3.5

Для своевременной визуализации артериальной фазы отслеживание болюса (Bolus tracking) проводилось, на нисходящей части грудной аорты, пороговые значения болюса (Threshold trigger) 100 HU. После завершения артериальной фазы сканирования следовала фиксированная задержка в 23 секунды. Далее начиналась венозная фаза сканирования с аналогичными параметрами сканирования, как и при артериальной фазе.

Данная группа пациентов не имела лучшего качества МСКТ-изображений, в некоторых случаях даже уступала методике split-bolus (Loupatzis C, 2008; Beenen LF, Sierink JC et al, 2014). Была использована только на начальном этапе научного исследования, в первую очередь с целью определения дозы радиационного облучения и времени исследования. Во время проведения исследования было решено отказаться от данной методики, в пользу split-bolus протоколов.

Примером исследования МСКТ «все тело» с применением стандартного трехфазного протокола сканирования, является наблюдение

пациента Д., 50 лет. Пациент поступил в больницу после дорожно-транспортного происшествия. Доставлен бригадой скорой медицинской помощи в реанимационный зал приемного отделения. Выполнено УЗИ брюшной полости, на котором патологических изменений не было выявлено. Далее провели нативное исследование всего тела при котором, помимо костно-травматических повреждений пояснично-крестцового отдела позвоночника, в брюшной полости определялось небольшое скопление геморрагического содержимого в забрюшинном пространстве справа. Изменений со стороны паренхиматозных органов выявлено не было, также образование в правом надпочечнике никак не интерпретировалось (Рисунок 24).

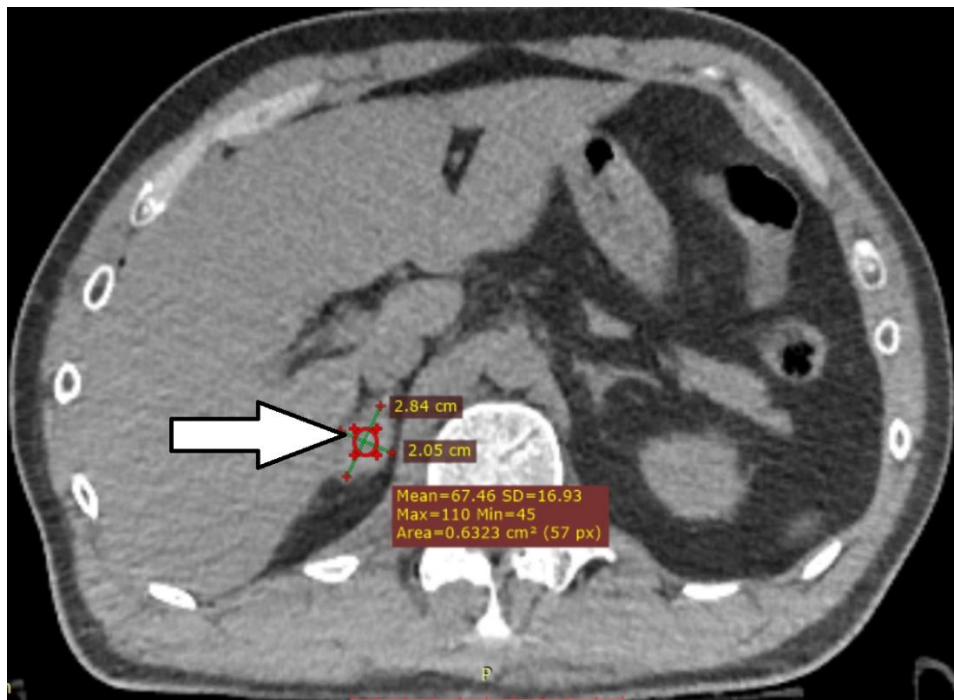


Рисунок 24 – МСКТ. Аксиальная проекция. Нативное исследование. В правом надпочечнике определяется образование (стрелка) размером 28x20мм, гиперденсивной плотности.



Рисунок 24.1 – МСКТ. Аксиальная проекция. Нативное исследование. Определяется небольшое скопление гиперденсивного жидкостного (геморрагического) содержимого в забрюшинном пространстве справа (зеленая стрелка).

Собственное наблюдение

На следующие сутки при ухудшении клинических данных, а также учитывая, что при повторном УЗИ была обнаружена жидкость в брюшной полости, было принято решение о проведении МСКТ всего тела с использованием стандартного трехфазного протокола сканирования (Рисунок 25).

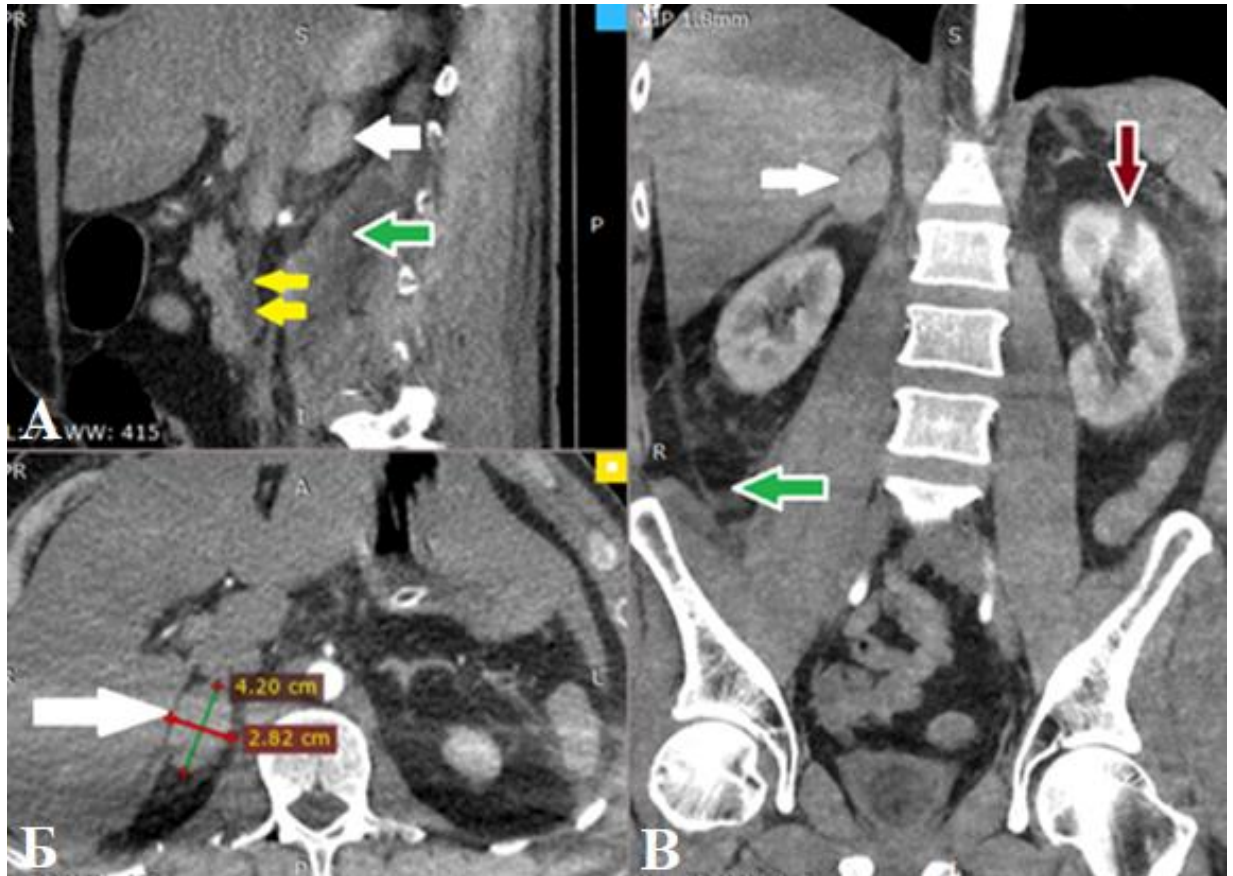


Рисунок 25 – Мультипланарная реконструкция. МСКТ в режиме «все тело» с использованием трехфазного протокола сканирования (артериальная фаза). (А) – сагиттальная проекция, (Б) – аксиальная проекция, (В) – корональная проекция. Определяется ушиб верхнего полюса левой почки (В, красная стрелка), явления посттравматического панкреатита (А. желтые стрелки), увеличение объема забрюшинной гематомы справа (А, В, зеленые стрелки). Также образование в правом надпочечнике увеличилось в размере (42x28мм), что следует интерпретировать как гематому (А, Б, В белые стрелки).

Собственное наблюдение

Данный пример показывает, что исследование с использованием стандартного трехфазного протокола в режиме «все тело» позволяет более точно выявлять травматические повреждения паренхиматозных органов по сравнению с бесконтрастным исследованием. Однако, количество сканирований (фаз) значительно увеличивает время исследования и лучевую нагрузку на пациента.

### **2.3 Применение и использование чек-листа для пациентов с ТСТ в рабочей практике врача-рентгенолога**

Всего было выполнено 172 МСКТ в режиме «все тело» пациентам с тяжелой сочетанной травмой, которые проводились на мультиспиральном компьютерном томографе Toshiba Aquilion Prime.

Исследование было выполнено в два этапа. На первом этапе ретроспективно были проанализированы исследования КТ по методике «все тело» (Whole-Body-Computer-Tomography [WBCT]) и соответствующие им протоколы врачей рентгенологов, которые выполнялись в кабинете КТ приемного отделения пациентам с ТСТ. Первичное описание изначально формировалось дежурным врачом-рентгенологом в электронной карте пациента медицинской информационной системы (МИС) в соответствии с обычным регламентом работы учреждения. Ретроспективный анализ исследований и выполненных описаний осуществлялся двумя независимо работающими врачами рентгенологами со стажем работы по специальности 6 и 20 лет. Диагностические находки в КТ протоколах также сверялись с интраоперационными находками, исследованиями в динамике и патологоанатомическими вскрытиями. В случае расхождений между экспертами выполнялось совместное обсуждение не совпадающих результатов с принятием комиссионного решения. Всего на первом этапе было проанализировано 85 исследований, которые были включены в первую группу (без чек-листа). Протоколы оценивались на предмет пропуска травматической патологии или существенной с клинической точки зрения патологии нетравматического генеза (опухолевые образования, пневмония и т.д.).

Второй этап исследования имел проспективный характер. На основании полученных данных о выявленной патологии мы сформировали стандартизированный протокол по принципу чек-листа для работы с КТ всего тела при ТСТ (Рисунок 26).

## МСКТ-исследование в режиме Whole Body.

Ф.И.О. № исследования Дата Лучевая нагрузка мЗв  
с введением контрастного вещества без введения контрастного вещества

## Головной мозг

- Смещение срединных структур
- Очаги ушибов нет есть локализация наибольший диаметр мм.
- Гематомы нет субдуральная эпидуральная внутримозговая  
слева объемом до мл. объемом до мл. объемом до мл.  
справа объемом до мл. объемом до мл. объемом до мл.
- Наличие субарахноидального кровоизлияния нет есть
- Отек паренхимы нет локальный левосторонний правосторонний бифокальный
- Ствол головного мозга норма очаги ушибов диаметром до мм
- Вентрикулярная система норма геморрагическое содержимое окклюзионная гидроцефалия
- Придаточные пазухи носа воздушные с геморрагическим содержимым
- Ячейки сосцевидных отростков воздушные с содержимым слева справа
- Переломы костей черепа нет есть локализация тип

## Позвоночник

- Переломы нет есть  
Уровень Тип перелома Уровень Тип перелома Уровень Тип перелома Уровень Тип перелома

## Грудная клетка

- Повреждение сосудов нет да локализация
- Средостение без патологии пневмомедиастинум пневмоперикард гемоперикард
- Легочная ткань без патологии ушибы разрывы локализация
- Воздушность трахеи и бронхов проходимы обтурированы
- Плевральная полость без патологии пневмоторакс гидро(гемо-)торакс локализация  
объем мл.
- Диафрагма без патологии разрыв справа слева
- Грудная клетка  
справа без патологии переломы ребер № перелом лопатки перелом ключицы  
слева без патологии переломы ребер № перелом лопатки перелом ключицы  
перелом грудины

## Брюшная полость

- Свободный газ нет есть
- Свободная жидкость нет есть локализация
- Повреждение печени нет ушиб разрыв локализация
- Повреждение селезенки нет ушиб разрыв
- Повреждение почек  
справа нет ушиб разрыв локализация слева нет ушиб разрыв локализация
- Повреждение мочеточников и мочевого пузыря нет разрыв
- Повреждение поджелудочной железы нет ушиб разрыв локализация
- Повреждение кишечника нет ушиб разрыв локализация

## Кости таза и тазобедренные суставы

- Переломы нет да

Локализация Тип перелома Локализация Тип перелома Локализация Тип перелома Локализация Тип перелома

## Случайные находки и сопутствующая патология

Рисунок 26 – Чек-лист у пациентов с ТСТ, прошедших исследование МСКТ  
«все тело»

Содержание чек-листа также определялось потенциально возможными находками, а врачи рентгенологи, принимающие участие в работе КТ-кабинета приемного отделения больницы, прошли инструктаж по его заполнению. В рамках тестового режима были собраны замечания по его форме и содержанию, на основании которых были внесены необходимые правки. Проводились сканирования пациентов с методикой «все тело» в различных режимах. После получения цифровых изображений врачом-рентгенологом в составе мультидисциплинарной бригады проводился анализ и интерпретация исследования на рабочей станции. На данном этапе всем пациентам, поступавшим с диагнозом ТСТ, описание МСКТ всего тела выполнялось дежурным врачом-рентгенологом с использованием утвержденного чек-листа. Заполненный чек-лист вносился в МИС.

При анализе МСКТ-изображений головного мозга, костей свода, основания черепа и лицевого скелета врачу-рентгенологу следовало выявить жизнеугрожающие повреждения и определить доминирующее или конкурирующее повреждение структур головного мозга:

- оценить степень компрессионно-дислокационного синдрома;
- уточнить локализацию, объем и вид гематом (субдуральные, эпидуральные, внутримозговые), в дальнейшем оценить послеоперационные изменения;
- выявить и динамически наблюдать очаги ушибов различных типов;
- определить наличие травматического субарахноидального кровоизлияния;
- определить вид и локализацию переломов как костей свода и основания черепа, так и костей лицевого скелета.

При исследовании шейного отдела позвоночника оценивались тяжесть и виды полученных травм, что давало возможность:

- определить наличие линий перелома, степень смещения костных отломков;
- оценить степень компрессии позвоночного канала;
- уточнить угол кифотической деформации, степень компрессии тел позвонков;
- в послеоперационном периоде следовало оценивать, правильность стояния

элементов металлоконструкции, состоятельность спондилодеза, разрешение компрессии позвоночного канала, коррекцию осевой деформации.

При анализе изображений органов грудной клетки врачом-рентгенологом оценивали степень тяжести повреждения легких, средостения, костных структур:

- выявление зон ушибов, разрывов легочной паренхимы, в динамике отслеживать их регресс;
- выявить наличие гемо-пневмоторакса с оценкой объема коллапса легких, ателектазов компрессионного и обтурационного характера;
- уточнить наличие геморрагического выпота или воздушного содержимого в перикардальной полости и органах средостения, оценить целостность крупных сосудов;
- определить наличие пролабирования органов брюшной полости в плевральную полость (разрывы диафрагмы);
- определить вид и локализацию переломов костных структур грудной клетки.

При оценке области брюшной полости оценивали, как косвенные, так и прямые признаки травматического повреждения:

- выявить наличие свободной жидкости и пневмоперитонеума;
- определить наличие участков паренхиматозных разрывов и ушибов;
- оценить объем гематом (субкапсулярных, в брюшной полости и в мягких тканях);
- введение внутривенного контрастного препарата улучшало качество оценки степени тяжести паренхиматозных повреждений, а также давало информацию о состоянии целостности сосудов (выявление экстравазации контрастного вещества); в дальнейшем оценивать послеоперационные изменения или самостоятельный регресс повреждений.

При анализе МСКТ-данных органов и костных структур малого таза следовало детализировать травматические изменения, выявить жизнеугрожающие повреждения и проспективно оценить объем хирургического вмешательства:

- определить вид и локализацию переломов костей таза, тазобедренных суставов;
- при подозрении на разрыв мочевого пузыря и мочеточников контрастное вещество также рекомендовано ввести ретроградно;
- оценить объем гематом в малом тазу.

Тяжесть и виды полученных травм в грудном и поясничном отделе позвоночника, оценивались аналогично с шейным отделом, и чаще всего являлись частью анализа изображений грудной клетки и брюшной полости.

Дополнительно проводился контроль соответствия выполненных МСКТ всего тела и зафиксированных в чек-листах патологических изменений. Эта часть работы выполнялась двумя независимыми врачами рентгенологами со стажем работы по специальности 6 и 20 лет. В случае расхождения между экспертами выполнялось совместное обсуждение несогласованных исследований с принятием комиссионного решения. Всего на втором этапе исследования было проанализировано 87 исследований. Выявление и классифицирование ошибок строилось по тем же принципам, что и на первом этапе исследования.

В группу пациентов, прошедших исследования *без чек-листа*, вошло 85 человек 59 (69,5%) мужчин 26 (30,5%) женщин. Средний возраст в группе составил 42,2 года (ДИ 38,9;45,4). При повторной проверке результатов в данной группе было обнаружено 30 ошибок диагностики у 24 человек, у 19 человек они являлись клинически значимыми. Эти данные также были подтверждены в составе консилиума. На область головного мозга приходилось 16,7% (n=5) ошибок, 33,3% (n=10) на позвоночник, 13,3% (n=4) на область органов грудной клетки, 16,7% (n=5) на область органов брюшной полости и 20,0% (n=6) на область таза и тазобедренных суставов. Примерами пропуска травматической патологии являются наблюдения пациентов, пострадавших вследствие ДТП и доставленных бригадой скорой медицинской помощи в приемное отделение. Пациентам проведено исследование КТ всего тела (Рисунок 27,28).

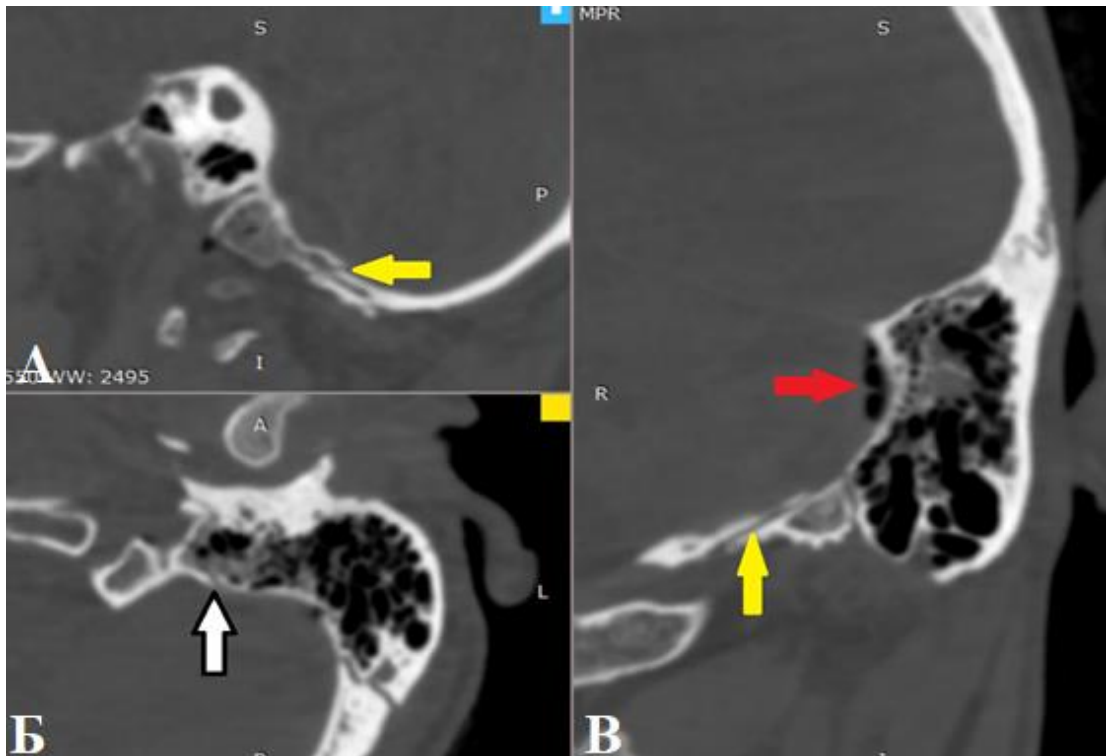


Рисунок 27 – МСКТ исследование области головы. (А) – сагиттальная проекция, (Б) – аксиальная проекция, (В) – корональная проекция. Определяется перелом височной кости (Б, белая стрелка) и пневмоцефалия (В, красная стрелка), которые были отмечены при описании исследования. Однако в протоколе не отображен линейный перелом основания черепа (А, В, желтые стрелки), который, учитывая его локализацию и ход в горизонтальной плоскости, достоверно визуализируется только в корональной и сагиттальной проекции.

Собственное наблюдение



Рисунок 28 – МСКТ исследование органов брюшной полости, область левой почки. (А) – аксиальная, (Б) – корональная плоскость. В протоколе описания пропущены кортикальные разрывы капсулы левой почки (А, Б, белые стрелки) глубиной до 1.4 см. (Grade III), с образованием паранефральной гематомы (А, желтые стрелки).

#### Собственное наблюдение

В группу пациентов, прошедших исследования *с чек-листом*, вошло 87 человек 60 (69,0%) мужчин 27 (31,0%) женщин. Средний возраст в группе составил 38,9 лет (ДИ 35,5;42,4). При повторной проверке результатов в данной группе было обнаружено 10 ошибок диагностики у 7 человек, у 5 человек они являлись клинически значимыми, что также было подтверждено в составе консилиума. 20,0% (n=2) ошибок приходилось на позвоночник, 30,0% (n=3) на область грудной клетки, 30,0% (n=3) на область брюшной полости и 20,0% (n=2) на область таза и тазобедренных суставов (пример пропуска травматической патологии представлен на Рисунке 29).

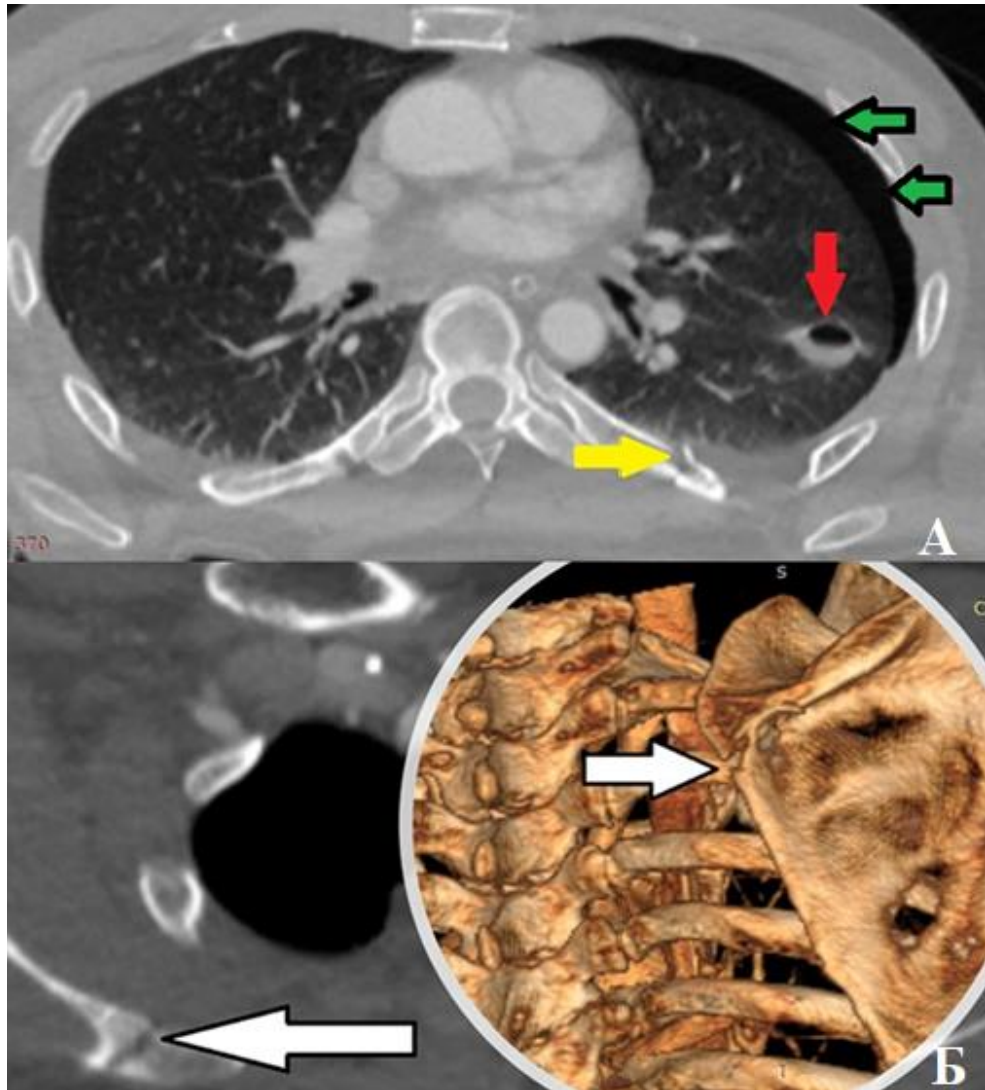


Рисунок 29 – МСКТ исследование грудной полости. (А) – аксиальная, (Б) – 3D-реконструкция. Определяются пневмоторакс (А, зеленые стрелки), разрыв легкого (А, красная стрелка), переломы ребер (А, желтая стрелка), которые описаны рентгенологом. Однако в протоколе описания пропускается перелом правой лопатки (Б, белые стрелки).

Собственное наблюдение

Для оценки эффективности введённого чек-листа, было проведено аналитическое когортное исследование с исторической группой сравнения.

#### **2.4 Сравнение лучевой нагрузки**

Для сравнения дозы облучения, полученной при обследовании пациентов с ТСТ, была измерена лучевая нагрузка. Расчетная величина лучевой нагрузки была получена из отчета сканирования. Показатель,

который формируется томографом, умножали на поправочный коэффициент (с учетом зоны исследования), разработанный производителем оборудования. Окончательный расчет производился по Формулам (1,2):

- для головы и шеи

$$(mG_{уст} - mGy) * 0.0054, \quad (1)$$

- для органов грудной клетки и органов брюшной полости с захватом малого таза

$$(mG_{уст} - mGy) * 0.0081, \quad (2)$$

где  $mG_{уст}$  - произведение длины на дозу облучения;

$mGy$  – миллигрей.

Были сформированы три группы пациентов:

- в первой группе 104 пациента с split-bolus протоколами. Минимальная лучевая нагрузка в данной группе составляет от 16,3 мЗв и до максимального значения 20,6 мЗв.

- во второй группе было 12 пациентов, прошедших стандартную трехфазную методику сканирования. Минимальная лучевая нагрузка в данной группе составила от 38,3 мЗв до 44,0 мЗв.

- в третьей группе было 56 пациентов, прошедших нативную методику сканирования. Минимальная лучевая нагрузка в данной группе составила от 13,0 мЗв до 17,8 мЗв.

С помощью статистической обработки данных проведен анализ и сравнение лучевой нагрузки в этих группах пациентов.

## **2.5 Сравнение времени исследования**

Сравнение времени исследования проводилось в тех же группах, что и сравнение лучевой нагрузки. Время от начала до конца исследования каждого пациента измерялось электронным секундомером.

- в первой группе 104 пациента с split-bolus протоколами. Минимальное время исследования в данной группе составляет 4 минуты и 26 секунд, а максимальное - 4 минуты и 47 секунд.

- во второй группе было 12 пациентов, прошедших стандартную трехфазную методику сканирования. Минимальное время исследования в данной группе составила 7 минут и 18 секунд, а максимальное - 7 минут и 57 секунд.

- в третьей группе было 56 пациентов, прошедших нативную методику сканирования. Минимальное время исследования в данной группе составила 3 минуты и 12 секунд, а максимальное - 3 минуты и 20 секунд.

Для удобства восприятия время отображено в минутах, в то время как непосредственная статистическая обработка проводилась в секундах. Проведен анализ и сравнение времени исследования в этих группах пациентов.

## **2.6 Статистический анализ (методы статистической обработки)**

Статистическая обработка данных проводилась в программах Microsoft Excel 2010, IBM SPSS Statistics 19, EpiInfo STATCALC. Проверка нормального распределения данных проводилась по асимптотическому значению одновыборочного критерия Колмогорова-Смирнова, а также по критерию Шапиро-Уилка и критерию Лиллиефорса. Для данных с нормальным распределением применялись параметрические методы статистического анализа, такие как t-критерий Стьюдента, t-критерий Уэлча, расчёт стандартного отклонения. Также применялись непараметрические методы анализа, такие как U-критерий Манна-Уитни и точный тест Фишера. Проверка нулевой гипотезы проводилась при  $p < 0,05$ .

## **ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **3.1 Преимущество МСКТ всего тела «split-bolus» протокола с последовательным введением йодсодержащего контрастного вещества объемом 80 мл и 70 мл.**

Оценка качества и интенсивности контрастности изображения проводилась в 5 следующих ключевых точках - грудная аорта, брюшная аорта, воротная вена, паренхима печени и паренхима селезёнки. Для сравнения результатов в группах применялись методы описательной статистики, параметрические и непараметрические методы статистического анализа.

Для оценки качества изображения и интенсивности контрастирования при двух различных методиках split-bolus пациенты были разделены на группы по применяемым схемам и последовательностям внутривенного введения йодконтрастного вещества. В первую группу вошло 70 пациентов с применением контрастирования по схеме 80/70 мл. Структура группы составила 54 (77,1%) мужчин и 16 (22,9%) женщин, средний возраст группы составил 41 год (ДИ 37,2;44,8).

Во вторую группу вошли 34 человека с применением контрастирования по схеме 100/50 мл. – 20 (58,8%) мужчин и 14 (41,2%) женщин, средний возраст группы составил 38,9 лет (ДИ 32,6;45,0).

В третью группу вошли 12 человек с применением трехфазной методики - 8 (66,7%) мужчин и 4 (33,3%) женщин, средний возраст группы составил 43 года (ДИ 37,7;48,3).

#### **3.1.1 Интенсивность контрастирования грудного отдела аорты**

Средняя плотность контрастирования в грудной аорте у пациентов в первой группе составил 308,3 НУ (ДИ 304,9; 311,7) от 282 до 331 НУ (Рисунок 30), в то время как средняя плотность в грудной аорте у пациентов по схеме 100мл. и 50 мл. составила 255,6 НУ (ДИ 245,6; 265,5) от 181 до 301

НУ (Рисунок 31). В третьей группе средняя плотность изображения в грудной аорте у пациентов составила 311,8 НУ (280,9; 342,7) от 229 до 400 НУ (Рисунок 32).

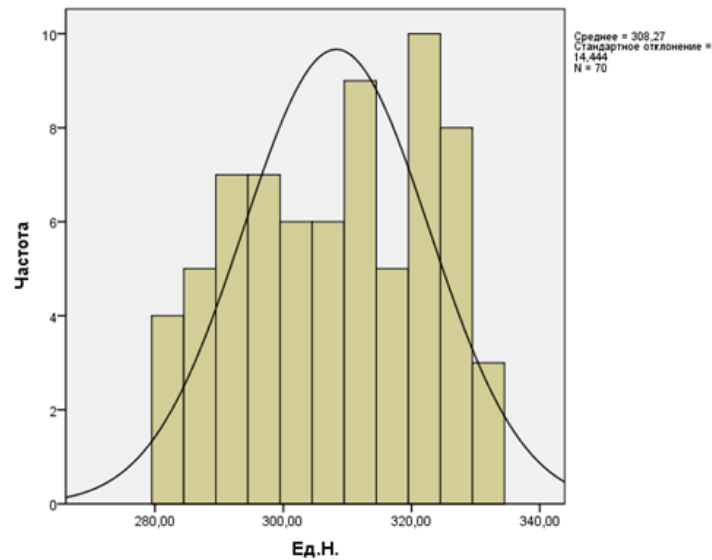


Рисунок 30 – Распределение плотности в грудном отделе аорты 80/70мл.

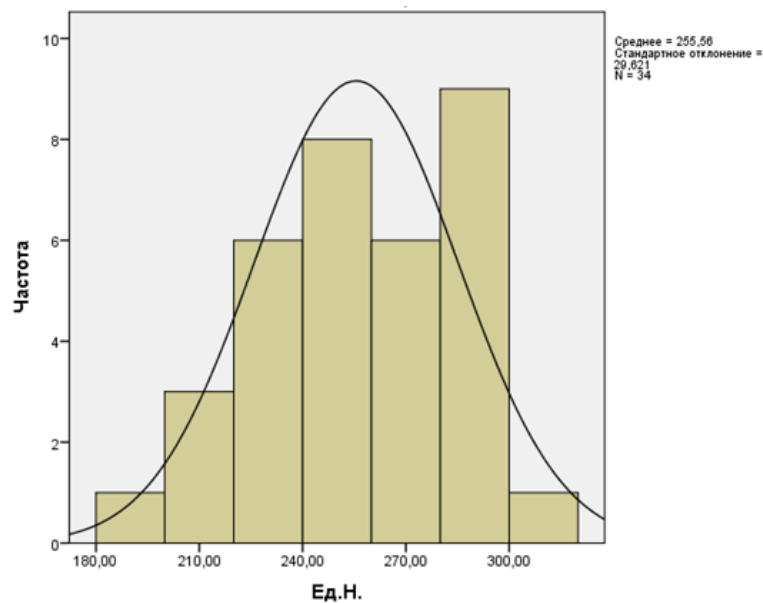


Рисунок 31 – Распределение плотности в грудном отделе аорты в группе 100/50мл.

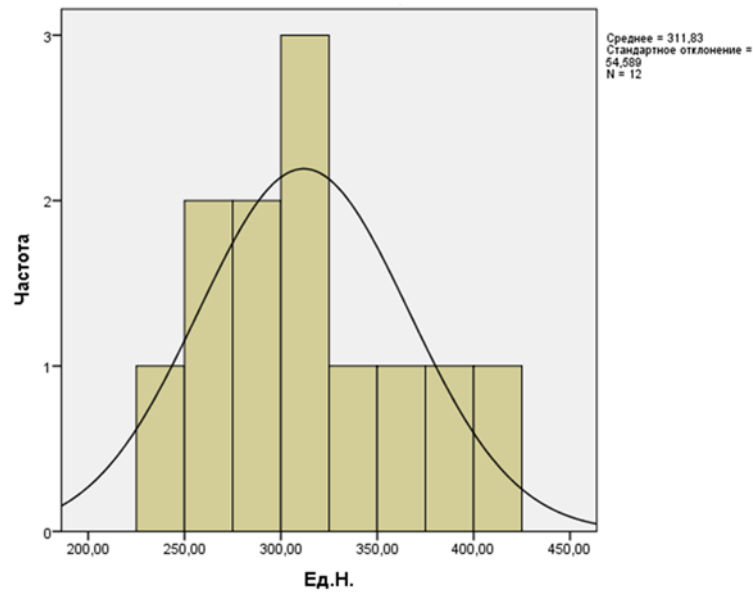


Рисунок 32 – Распределение плотности в грудном отделе аорты в группе с трехфазным протоколом сканирования

Таким образом уровень интенсивность контрастирования в грудной аорте при схеме 80/70 мл на 20,6% выше, чем при схеме 100/50 мл и на 1,1% ниже, чем при трехфазной методике (Рисунок 33).

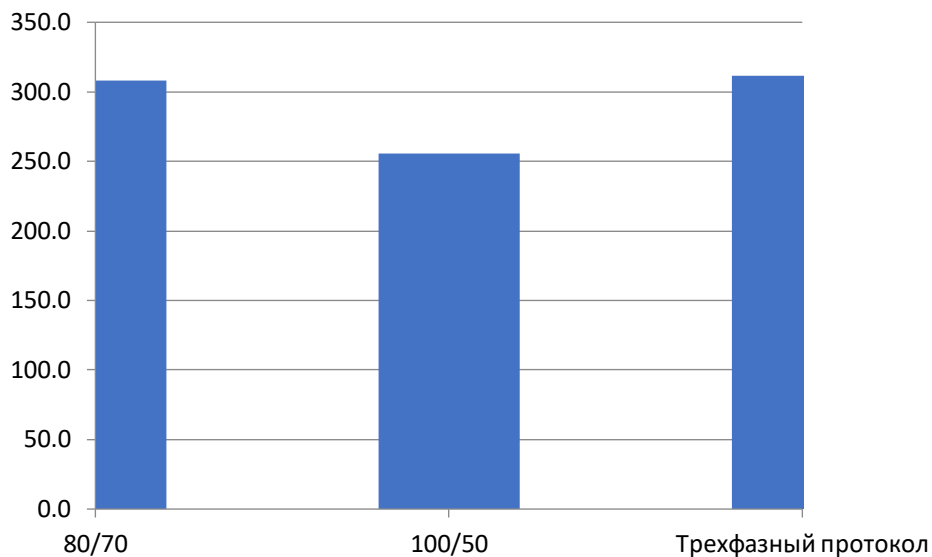


Рисунок 33 – Средняя плотность контрастирования (HU) грудного отдела аорты в группах 80/70, 100/50 и трёхфазным протоколом

Для выбора методики оценки статистической значимости различий среди показателя плотность изображения в группах сперва была проведена оценка параметров распределения значений в группах (Таблица 7).

Таблица 7 – Описательная характеристика групп при контрастировании грудной аорты

Грудная аорта	80/70	100/50	3 фазы
Среднее значение	308,3	255,6	311,8333
Верхняя доверительная граница	311,7	265,5	342,7
Нижняя доверительная граница	304,9	245,6	280,9
Медиана	309,5	251,0	307,5
Дисперсия	208,6	877,4	2979,97

Поскольку показатели средних значений и медианы значений в группах были очень близки, то можно было предположить нормальность распределения.

Для оценки нормальности распределения применяли три методики, с учётом их ограничений (Таблица 8).

Таблица 8 – Оценка нормальности распределения данных по нескольким критериям

Группа 1	Колмогоров-Смирнова		Лиллиефорса		Шапиро-Уилка	
80/70	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=
Грудная аорта	,841	,479	,100	,077	,949	,007
Группа 2	Колмогоров-Смирнова		Лиллиефорса		Шапиро-Уилка	
100/50	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=
Грудная аорта	,522	,948	,089	,200	,962	,281
Группа 3	Колмогоров-Смирнова		Лиллиефорса		Шапиро-Уилка	
Трёхфазный протокол	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=
Грудная аорта	,452	,987	,131	,200	,960	,785

Критерий Колмогорова–Смирнова и критерий Лиллиефорса показали, что распределения значений в трёх группах статистически значимо не различаются от нормального распределения ( $p > 0,05$ ), также критерий Шапиро-Уилка во второй и третьей группе подтверждает гипотезу о нормальности распределения значений. Комплексная оценка критериев нормальности распределения позволяет считать распределения в трёх группах близкими к нормальным и, как следствие, применять методики параметрической статистики. Так как критерий t-Стьюдента применим только в случае небольших различий в показателе дисперсии в группах, то рассчитывался критерий t-Уэлча. Значения t-Уэлча для пар сравнений составили  $t-U_{1-2}=9,83$ ,  $t-U_{1-3}=0,23$ ,  $t-U_{2-3}=3,40$ .

Оценка критерия t-Уэлча производилась с учётом степеней свободы сравниваемых групп. Пороговые значения критерия t для сравниваемых групп приведены в Таблице 9.

Таблица 9 – Пороговые значения критерия t для сравниваемых групп

Сравниваемые группы	Степень свободы, df	Пороговое значение t для $p=0,05$	Пороговое значение t для $p=0,01$	Пороговое значение t для $p=0,001$
Для 1-2	102	1,984	2,626	3,390
Для 2-3	44	2,015	2,692	3,526
Для 1-3	80	1,99	2,639	3,416

Поскольку рассчитанный  $t-U_{1-2} > 3,390$ , то различия в средней плотности изображения между первой и второй группой можно считать статически значимым ( $p < 0,001$ ). Так как рассчитанный  $t-U_{2-3} > 2,692$ , то различия в средней плотности изображения между второй и третьей группой можно считать статически значимым ( $p < 0,01$ ). Учитывая, что расчётный  $t-U_{1-3} < 1,99$ , то различия в средней плотности изображения между первой и третьей группой не имеют статистической значимости.

Для контроля результатов также применялся непараметрический метод оценки – критерий U-Манна-Уитни. ( $U_{1-2}=106$ ,  $U_{1-3}=479,5$ ,  $U_{2-3}=669,5$ ) Несмотря на то, что имеется возможность оценить критерий Манна-Уитни, используя таблицу критических значений критерия для  $U_{2-3}$ , и поскольку её использование не подходит для оценки  $U_{1-2}$ ,  $U_{1-3}$ , то для удобства оценки был проведён перерасчёт критерия U-Манна-Уитни в показатель Z-Статистика.  $Z_{1-2}=7,514$ ,  $Z_{1-3}=0,243$ ,  $Z_{2-3}=3,241$

Оценка критерия Z производилась с учётом степеней свободы сравниваемых групп. Пороговые значения критерия Z для сравниваемых групп приведены в Таблице 10.

Таблица 10 – Пороговые значения критерия Z для сравниваемых групп

Сравниваемые группы	Степень свободы, df	Пороговое значение Z для $p=0,05$	Пороговое значение Z для $p=0,01$	Пороговое значение Z для $p=0,001$
Для 1-2	102	1,984	2,626	3,390
Для 2-3	44	2,015	2,692	3,526
Для 1-3	80	1,99	2,639	3,416

Поскольку  $Z_{1-2} > 3,390$ , то различия в средней плотности изображения между первой и второй группой стоит считать статистически значимыми ( $p < 0,001$ ). Так как  $Z_{2-3} > 2,692$ , то различия в средней плотности изображения между второй и третьей группой стоит также считать статистически значимыми ( $p < 0,01$ ). Учитывая, что  $Z_{1-3} < 1,99$ , то различия в средней плотности изображения между первой и третьей группой не имеют статистически значимых различий ( $p = 0,808$ ).

### 3.1.2 Интенсивность контрастирования в брюшном отделе аорты

Средняя плотность контрастирования в брюшной аорте у пациентов в первой группе составила 310,2 HU (ДИ 304,4; 316,0) от 271 до 350 HU (Рисунок 34), в то время как средняя плотность у пациентов по схеме 100/50 мл. составила 246,2 HU (ДИ 238,7; 253,7) от 180 до 279 HU (Рисунок 35). В третьей группе средняя плотность изображения в брюшной аорте у пациентов составила 315,5 HU (287,8; 343,2) от 243 до 403 HU (Рисунок 36).

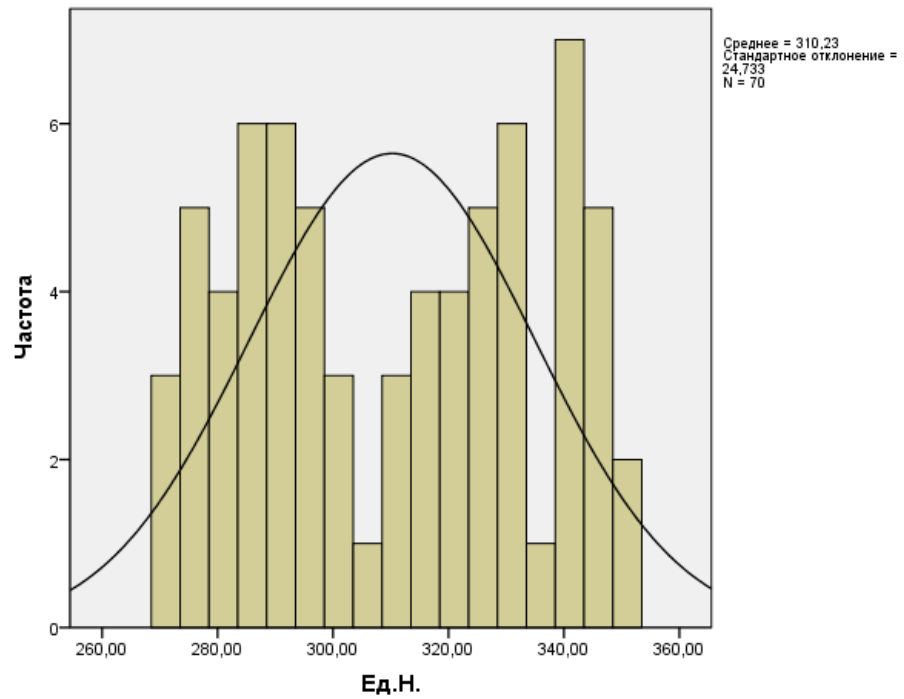


Рисунок 34 – Распределение плотности в брюшном отделе аорты 80/70мл.

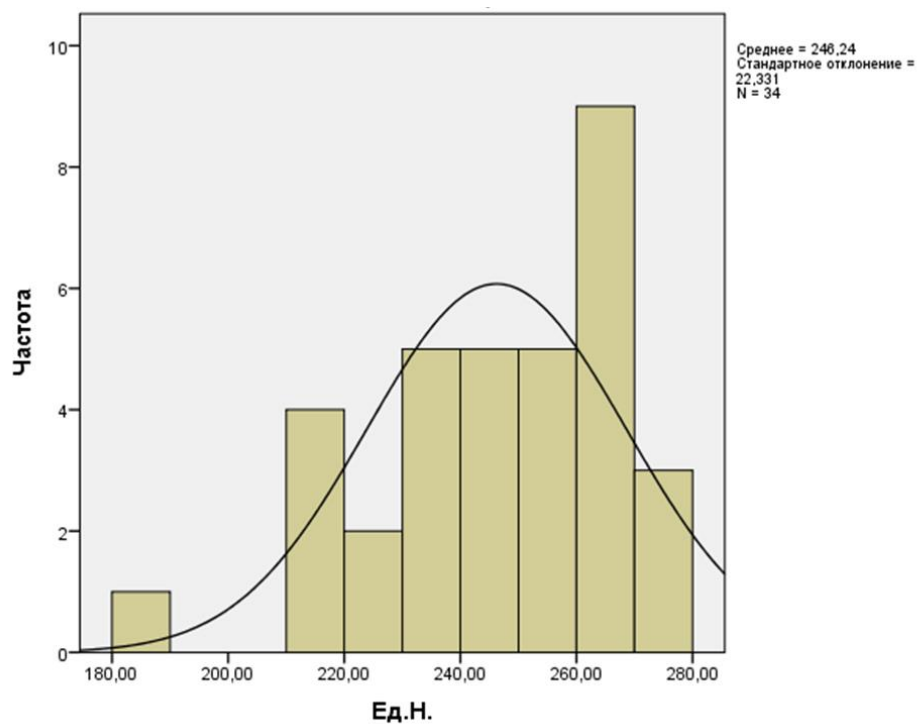


Рисунок 35 – Распределение плотности в брюшном отделе аорты в группе 100/50мл.

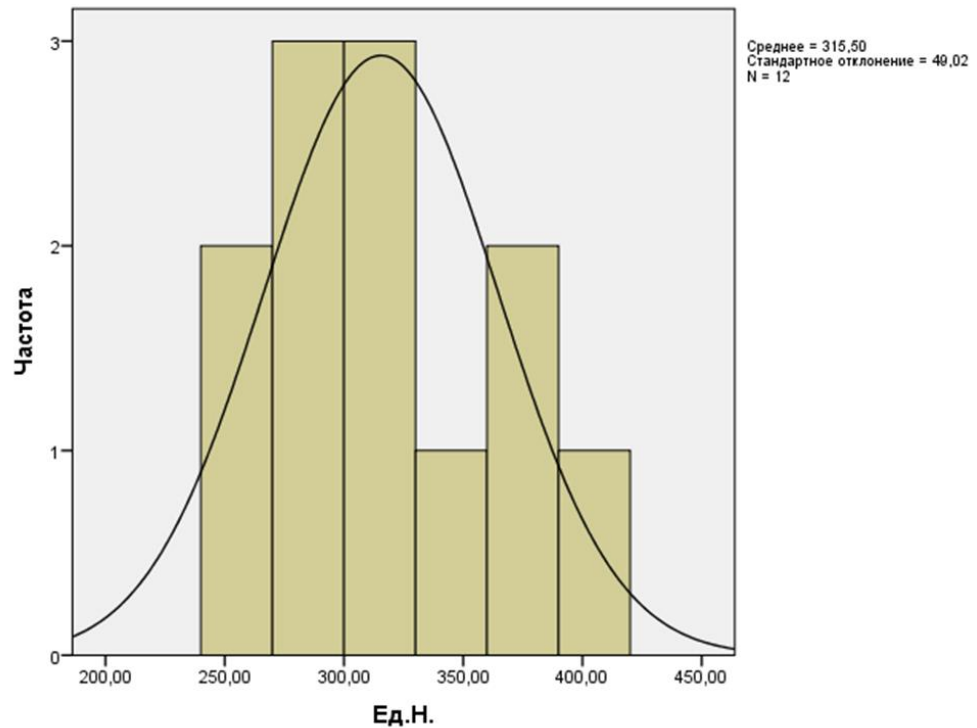


Рисунок 36 – Распределение плотности в брюшном отделе аорты группе с трехфазным протоколом

Таким образом интенсивность контрастирования в брюшном отделе аорты при схеме 80/70 мл. на 26,0% выше, чем при схеме 100/50 мл (Рисунок 37) и на 1,7% ниже, чем при 3 фазной методике.

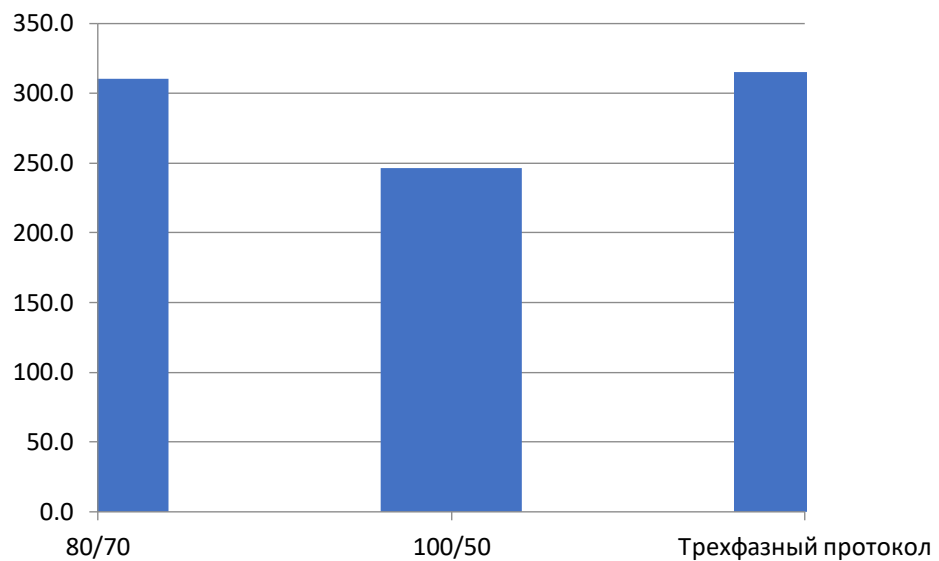


Рисунок 37 – Средняя плотность контрастирования (HU) брюшного отдела аорты в группах 80/70 мл, 100/50 мл и трехфазного протокола

Для выбора методики оценки статистической значимости различий среди показателя плотность изображения в группах сперва была проведена оценка параметров распределения значений в группах (таблица 11). Поскольку показатели средних значений и медианы значений в группах были очень близки, то можно было предположить нормальность распределения.

Таблица 11 – Описательная характеристика групп при контрастировании брюшного отдела аорты

Брюшная аорта	80/70	100/50	Трехфазный протокол
Среднее значение	310,2	246,2	315,5
Верхняя доверительная граница	316,0	253,7	343,2
Нижняя доверительная граница	304,4	238,7	287,8
Медиана	312,5	251,0	307
Дисперсия	611,7	498,7	2403

Для оценки нормальности распределения применялось три методики, с учётом их ограничений, данные представлены в Таблице 12.

Таблица 12 – Оценка нормальности распределения данных по нескольким критериям при контрастировании брюшного отдела аорты

Группа 1	Колмогорова-Смирнова		Лиллиефорса		Шапиро-Уилка	
80/70	Z-Статистика	p =	Z-Статистика	p =	Z-Статистика	p =
Брюшная аорта	,921	,364	,110	,035	,930	,001
Группа 2	Колмогорова-Смирнова		Лиллиефорса		Шапиро-Уилка	
100/50	Z-Статистика	p =	Z-Статистика	p =	Z-Статистика	p =
Брюшная аорта	,694	,721	,119	,200	,943	,076
Группа 3	Колмогорова-Смирнова		Лиллиефорса		Шапиро-Уилка	
Трехфазный протокол	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=
Брюшная аорта	,648	,795	,187	,200	,947	,601

Критерий Колмогорова–Смирнова показал, что распределения значений в обеих группах статистически значимо не различаются от нормального распределения ( $p > 0,05$ ), однако критерий Лиллиефорса и критерий Шапиро-Уилка в первой группе эту гипотезу опровергают. Как следствие, для сравнения с первой группой будут применяться только непараметрические методы. Оценка критериев нормальности распределения для второй и третьей группы позволяют их считать нормально распределёнными и применять для их сравнения параметрические методики.

Так как критерий t-Стьюдента применим только в случае небольших различий в показателе дисперсии в группах, то для второй и третьей группы рассчитывается критерий t-Уэлча.  $t_{2-3}=4,725$  Оценка критерия t-Уэлча производилась с учётом степеней свободы сравниваемых групп. Пороговые значения критерия t для сравниваемых групп приведены в таблице выше. Поскольку рассчитанный  $t_{2-3}>3,526$ , то различия в средней плотности изображения между второй и третьей группой можно считать статически значимыми ( $p<0,001$ ).

Для оценки статистической значимости различий между первой и второй, первой и третьей группой, а также для контроля результатов статистической значимости различий между второй и третьей группой применялся непараметрический метод оценки – критерий U-Манна-Уитни. ( $U_{1-2}=20$ ,  $U_{1-3}=489$ ,  $U_{2-3}=620,5$ ) Несмотря на то, что имеется возможность оценить критерий Манна-Уитни, используя таблицу критических значений критерия для  $U_{2-3}$ , и поскольку её использование не подходит для оценки  $U_{1-2}$ ,  $U_{1-3}$ , то для удобства оценки был проведён перерасчёт критерия U-Манна-Уитни в показатель Z-Статистика.  $Z_{1-2}=8,109$ ,  $Z_{1-3}=0,118$ ,  $Z_{2-3}=4,467$

Оценка критерия Z производилась с учётом степеней свободы сравниваемых групп. Пороговые значения критерия Z для сравниваемых групп приведены в таблице выше.

Поскольку  $Z_{1-2}>3,390$ , то различия в средней плотности изображения между первой и второй группой стоит считать статически значимыми ( $p<0,001$ ). Так как  $Z_{2-3}>3,526$ , то различия в средней плотности изображения между второй и третьей группой стоит также считать статически значимыми ( $p<0,001$ ). Учитывая, что  $Z_{1-3}<1,99$ , то различия в средней плотности изображения между первой и третьей группой не имеют статически значимых различий ( $p=0,906$ ).

### 3.1.3 Интенсивность контрастирования в воротной вене

Средняя интенсивности контрастирования в воротной вене у пациентов в первой группе составила 145,6 HU (ДИ 142,0; 149,2) от 115 до 202 HU (Рисунок 38), в то время как средняя плотность изображения в воротной вене у пациентов по 100мл. и 50 мл. составила 147,6 HU (ДИ 141,6; 153,6) от 120 до 180 HU (Рисунок 39). В третьей группе средняя плотность изображения в воротной вене у пациентов составила 136,4 HU (125,7; 147,1) от 103 до 161 HU (Рисунок 40).

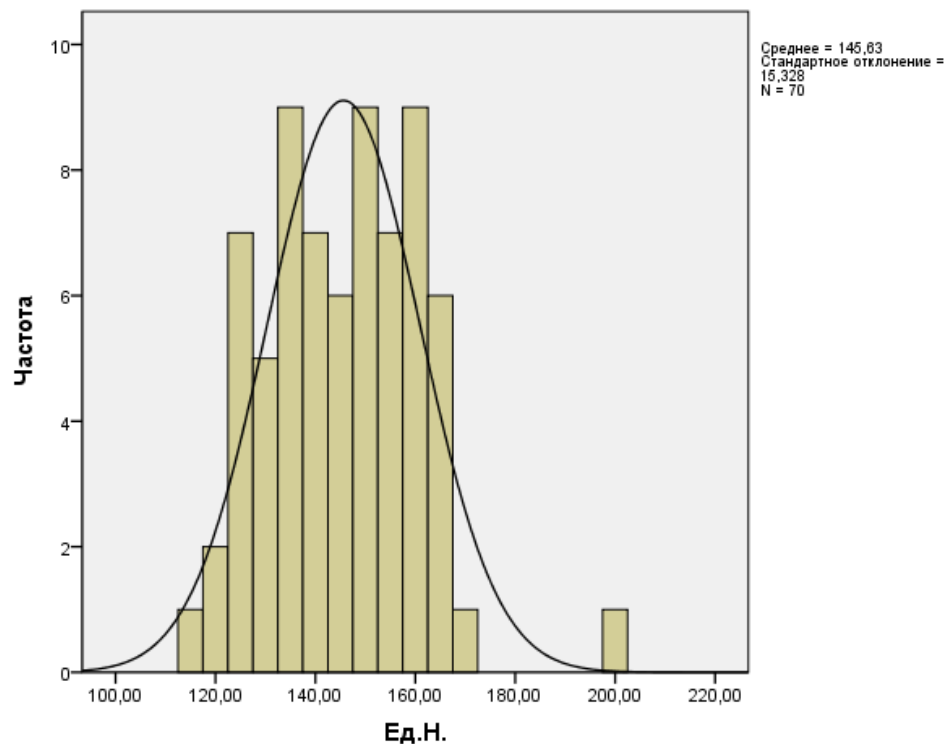


Рисунок 38 – Распределение плотности в воротной вене 80/70 мл.

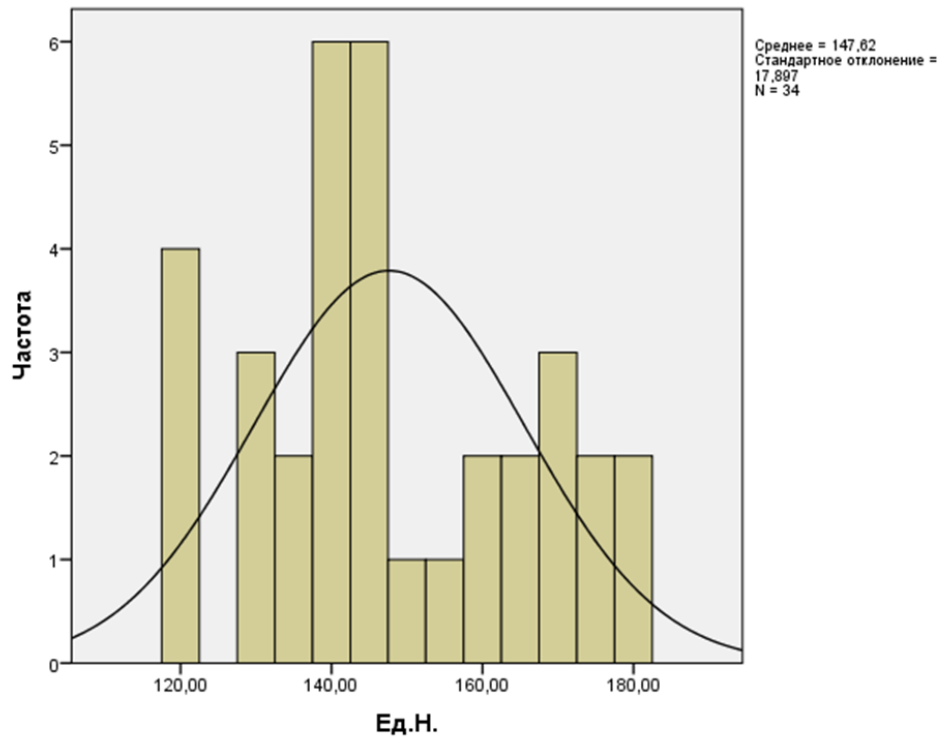


Рисунок 39 – Распределение плотности контрастирования в воротной вене 100/50 мл.

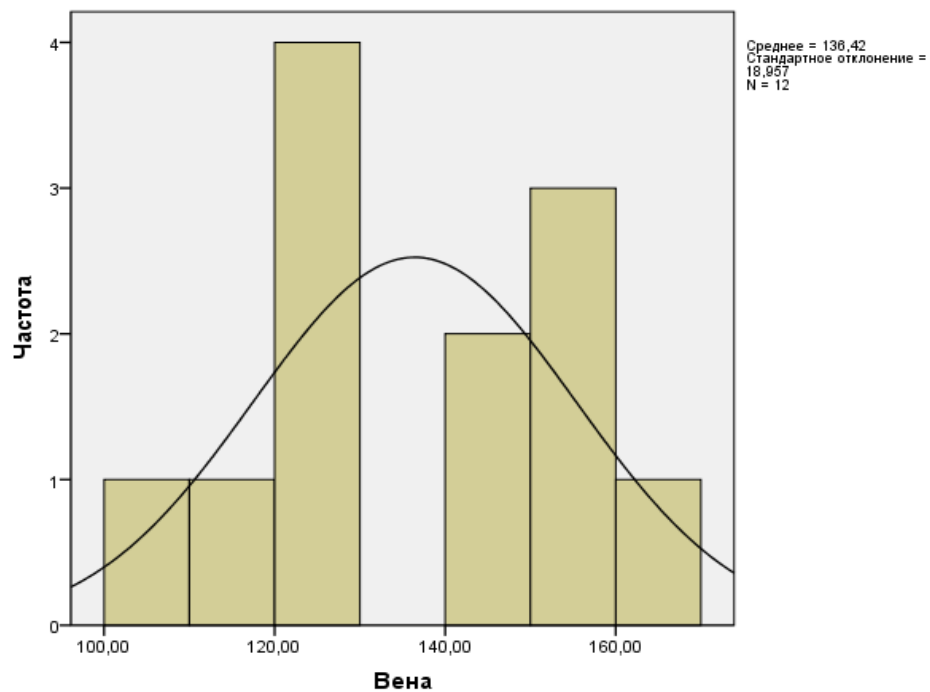


Рисунок 40 – Распределение плотности контрастирования в воротной вене с применением трехфазного протокола

Таким образом интенсивность контрастирования в воротной вене при схеме 80мл/70 мл. на 1,4% ниже, чем при схеме 100/50 мл и на 6,7% выше, чем при трехфазной методике (Рисунок 41).

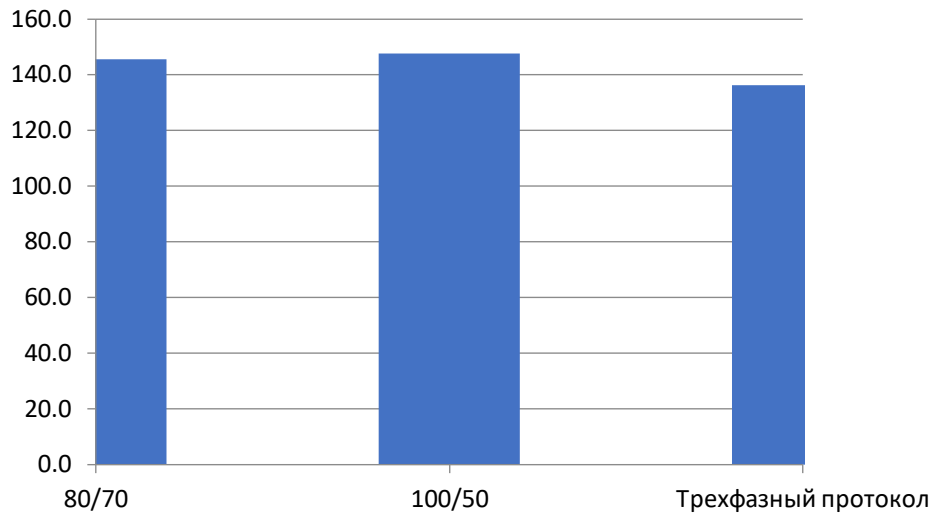


Рисунок 41 – Средняя плотность контрастирования (HU) воротной вены в группах 80/70 мл, 100/50 мл и трехфазным протоколом

Для выбора методики оценки статистической значимости различий среди показателя плотность изображения в группах сперва была проведена оценка параметров распределения значений в группах (Таблица 13). Поскольку показатели средних значений и медианы значений в группах были очень близки, то можно было предположить нормальность распределения.

Таблица 13 – Описательная характеристика групп при контрастировании грудной аорты

Воротная вена	80/70	100/50	3 фазы
Среднее значение	145,6	147,6	136,4167
Верхняя доверительная граница	149,2	153,6	147,1
Нижняя доверительная граница	142,0	141,6	125,7
Медиана	145,0	144,0	135,5
Дисперсия	234,9	320,3	359,3561

Для оценки нормальности распределения применялось три методики, с учётом их ограничений (Таблица 14).

Таблица 14 – Оценка нормальности распределения данных по нескольким критериям при контрастировании воротной вены

Группа 1	Колмогорова-Смирнова		Лиллиефорса		Шапиро-Уилка	
80/70	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=
Воротная вена	,721	,677	,086	,200	,959	,022
Группа 2	Колмогорова-Смирнова		Лиллиефорса		Шапиро-Уилка	
100/50	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=
Воротная вена	,896	,398	,154	,041	,944	,084
Трехфазный протокол	Колмогорова-Смирнова		Лиллиефорса		Шапиро-Уилка	
Воротная вена	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=
Воротная вена	,527	,944	,152	,200	,937	,458

Критерий Колмогорова–Смирнова и критерий Лиллиефорса показали, что распределения значений в первой группе статистически значимо не различаются от нормального распределения ( $p > 0,05$ ), также критерий Колмогорова–Смирнова и критерий Шапиро-Уилка во второй группе подтверждают гипотезу о нормальности распределения значений, однако так как во второй группе всего 34 человека, то критерий Колмогорова–Смирнова может иметь завышенный результат. Учитывая, что критерий Шапиро-Уилка более показателен для небольших выборок, то распределение значений во второй группе можно принять за нормальное. Значения критериев нормальности распределения в третьей группе также позволяют оценивать, как нормальное. Комплексная оценка критериев нормальности

распределения позволяет считать распределения в трёх группах близкими к нормальным и, как следствие, применять методики параметрической статистики. Критерий t-Стьюдента применим только в случае небольших различий в показателе дисперсии в группах, учитывая это рассчитывался критерий t-Уэлча. Значения t-Уэлча для пар сравнений составили  $t-U_{1-2}=0,556$ ,  $t-U_{1-3}=1,596$ ,  $t-U_{2-3}=1,785$ .

Оценка критерия t-Уэлча производилась с учётом степеней свободы сравниваемых групп. Пороговые значения критерия t для сравниваемых групп приведены в таблице выше.

Поскольку рассчитанный  $t-U_{1-2}<1,984$ , то различия в средней плотности изображения между первой и второй группой являются статически не значимым. Рассчитанный  $t-U_{2-3}<2,015$  говорит, что различия в средней плотности изображения между второй и третьей группой нельзя считать статически значимыми. Учитывая, что расчётный  $t-U_{1-3}<1,99$ , то различия в средней плотности изображения между первой и третьей группой не имеют статистической значимости.

Для контроля результатов также применялся непараметрический метод оценки – критерий U-Манна-Уитни. ( $U_{1-2}=1121,5$ ,  $U_{1-3}=383,5$ ,  $U_{2-3}=218,0$ ) Несмотря на то, что имеется возможность оценить критерий Манна-Уитни, используя таблицу критических значений критерия для  $U_{2-3}$ , и поскольку её использование не подходит для оценки  $U_{1-2}$ ,  $U_{1-3}$ , то для удобства оценки был проведён перерасчёт критерия U-Манна-Уитни в показатель Z-Статистика.  $Z_{1-2}=0,475$ ,  $Z_{1-3}=1,503$ ,  $Z_{2-3}=1,602$

Оценка критерия Z производилась с учётом степеней свободы сравниваемых групп. Пороговые значения критерия Z для сравниваемых групп приведены в таблице выше.

Поскольку  $Z_{1-2}<1,984$ , то различия в средней плотности изображения между первой и второй группой стоит считать статически не значимыми ( $p=0,082$ ). Так как  $Z_{2-3}<2,015$ , то различия в средней плотности изображения

между второй и третьей группой также не имеют статистически значимых различий ( $p=0,109$ ). Учитывая, что  $Z_{1-3} < 1,99$ , то различия в средней плотности изображения между первой и третьей группой не имеют статистически значимых различий ( $p=0,133$ ).

### 3.1.4 Интенсивность контрастирования паренхимы печени

Средняя плотность контрастирования в паренхиме печени у пациентов в первой группе составила 91,0 HU (ДИ 89,5; 92,5) от 80 до 101 HU (Рисунок 42), в то время как средний коэффициент плотности в паренхиме печени у пациентов по схеме 100/50 мл. составила 94,4 HU (ДИ 91,3; 97,6) от 80 до 110 HU (Рисунок 43). В третьей группе средняя плотность изображения в паренхиме печени у пациентов составила 97,0 HU (91,4; 102,8) от 85 до 116 HU (Рисунок 44).

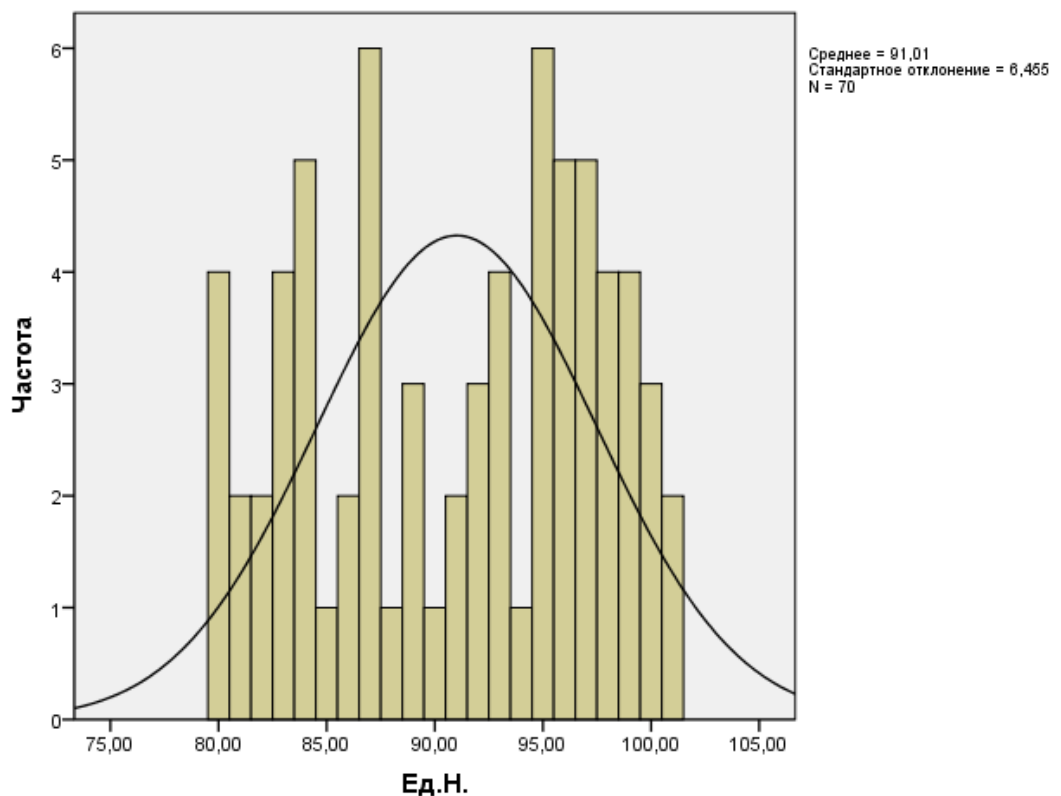


Рисунок 42 – Распределение плотности контрастирования паренхимы печени 80/70 мл.

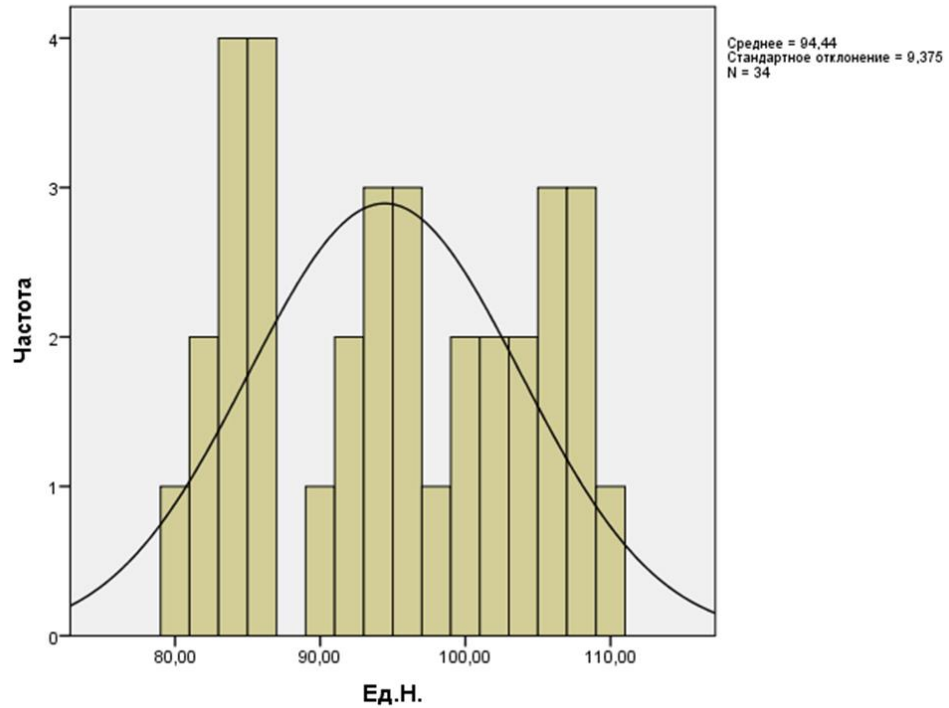


Рисунок 43 – Распределение плотности контрастирования паренхимы печени 100/50 мл.

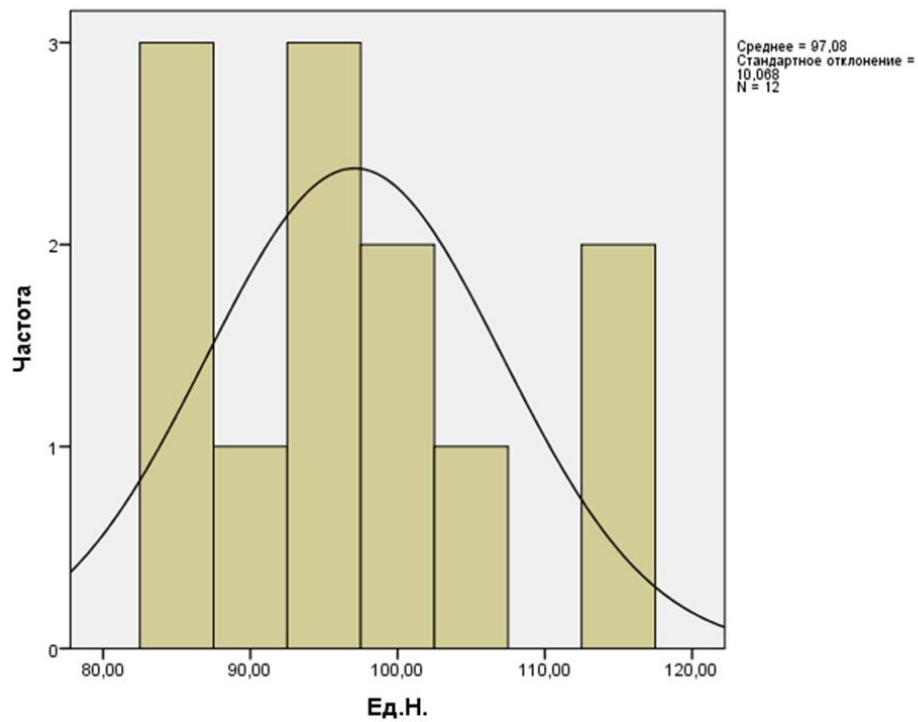


Рисунок 44 – Распределение плотности контрастирования паренхимы печени, трехфазный протокол

Таким образом интенсивности контрастности изображения в паренхиме печени при схеме 80/70 мл на 3,7% ниже, чем при схеме 100/50 мл и на 6,6% ниже, чем при трехфазной методике (Рисунок 45).

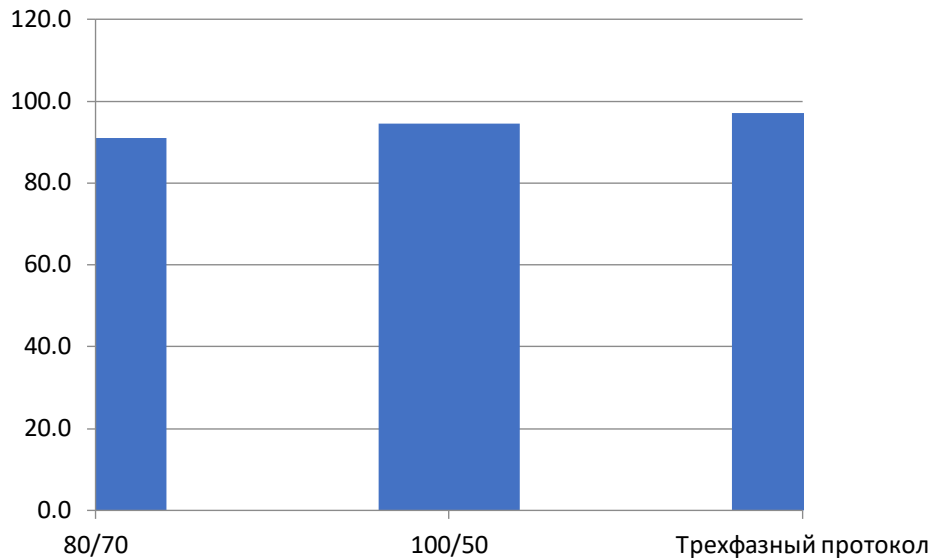


Рисунок 45 – Средняя плотность контрастирования (HU) паренхимы печени в группах 80/70 мл, 100/50 мл и трехфазного протокола

Для выбора методики оценки статистической значимости различий среди показателя плотность изображения в группах сперва была проведена оценка параметров распределения значений в группах (Таблица 15). Поскольку показатели средних значений и медианы значений в группах были очень близки, то можно было предположить нормальность распределения.

Таблица 15 – Описательная характеристика групп при контрастировании паренхимы печени

Паренхима печени	80/70	100/50	3 фазы
Среднее значение	91,0	94,4	97,08333
Верхняя доверительная граница	92,5	97,6	102,8
Нижняя доверительная граница	89,5	91,3	91,4
Медиана	92,0	94,5	95,5
Дисперсия	41,7	87,9	101,3561

Для оценки нормальности распределения применялось три методики, с учётом их ограничений (Таблица 16).

Таблица 16 – Оценка нормальности распределения данных по нескольким критериям при контрастировании паренхимы печени

Группа 1	Колмогорова-Смирнова		Лиллиефорса		Шапиро-Уилка	
80/70	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=
Паренхима печени	1,220	,102	,146	,001	,932	,001
Группа 2	Колмогорова-Смирнова		Лиллиефорса		Шапиро-Уилка	
100/50	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=
Паренхима печени	,814	,522	,140	,091	,931	,033
Группа 3	Колмогорова-Смирнова		Лиллиефорса		Шапиро-Уилка	
Трехфазный протокол	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=
Паренхима печени	,437	,991	,126	,200	,924	,320

Критерий Колмогорова–Смирнова показал, что распределения значений в трёх группах статистически значимо не различаются от нормального распределения ( $p > 0,05$ ), однако критерий Лиллиефорса и критерий Шапиро-Уилка в первой группе эту гипотезу опровергают. Также более значимый для небольших выборок критерий Шапиро-Уилка опровергает гипотезу о нормальности распределения для второй группы. Все три критерия подтверждают гипотезу о нормальности распределения для третьей группы. Поскольку для оценки достоверности различий

параметрическим методом необходима нормальность распределения показателя в двух сравниваемых группах, а комплексная оценка критериев нормальности распределения не позволяет считать распределение в первой и второй группе нормальным, то параметрические методы оценки применяться не будут. Исходя из этого, для оценки статистической значимости интенсивности контрастирования паренхимы печени применялся непараметрический метод оценки – критерий U-Манна-Уитни ( $U_{1-2}=393,5$ ,  $U_{1-3}=2759,5$ ,  $U_{2-3}=771,5$ ).

Несмотря на то, что имеется возможность оценить критерий Манна-Уитни, используя таблицу критических значений критерия для  $U_{2-3}$ , и поскольку её использование не подходит для оценки  $U_{1-2}$ ,  $U_{1-3}$ , то для удобства оценки был проведён перерасчёт критерия U-Манна-Уитни в показатель Z-Статистика.  $Z_{1-2}=1,738$ ,  $Z_{1-3}=1,912$ ,  $Z_{2-3}=0,689$ .

Оценка критерия Z производилась с учётом степеней свободы сравниваемых групп. Пороговые значения критерия Z для сравниваемых групп приведены в таблице выше.

Поскольку  $Z_{1-2}<1,984$ , то различия в средней плотности изображения между первой и второй группой стоит считать статистически не значимыми ( $p=0,082$ ). Так как  $Z_{2-3}<2,015$ , то различия в средней плотности изображения между второй и третьей группой также не имеют статистически значимых различий ( $p=0,491$ ). Учитывая, что  $Z_{1-3}<1,99$ , то различия в средней плотности изображения между первой и третьей группой не имеют статистически значимых различий ( $p=0,056$ ).

### **3.1.5 Интенсивность контрастирования паренхимы селезенки**

Средняя плотность контрастирования паренхимы селезёнки у пациентов в первой группе составила 111,9 HU (110,4; 113,4) от 101 до 124 HU (Рисунок 46), в то время как средний коэффициент плотности в паренхиме селезёнки у пациентов по схеме 100/50 мл. составил 112,6 HU (110,0; 115,2) от 100 до 125 HU (Рисунок 47). В третьей группе средняя

плотность изображения в грудной аорте у пациентов составила 106,3 HU (100,0; 112,5) от 89 до 127 HU (Рисунок 48).

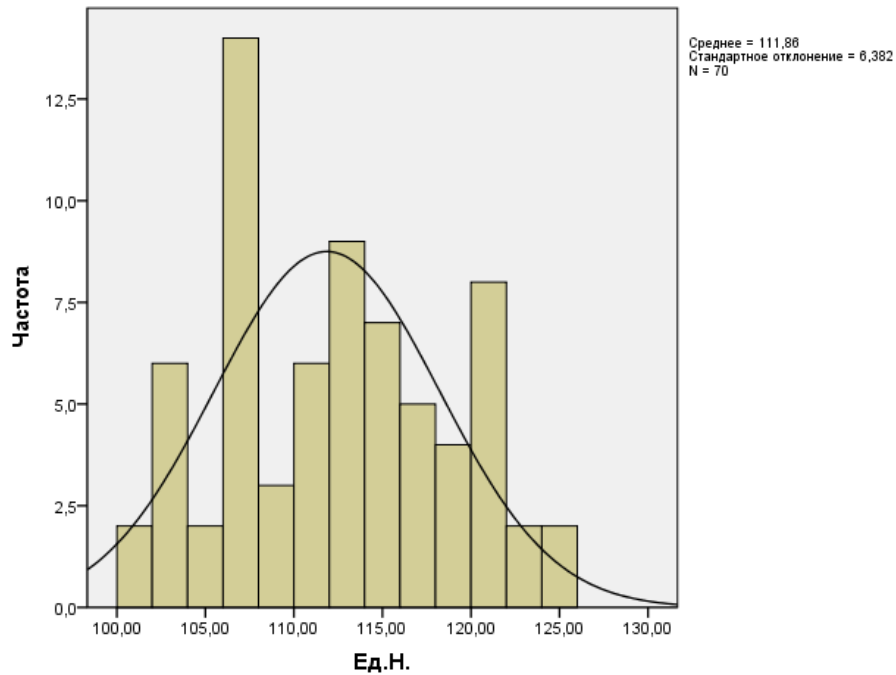


Рисунок 46 – Распределение плотности контрастирования паренхимы селезенки 80/70 мл.

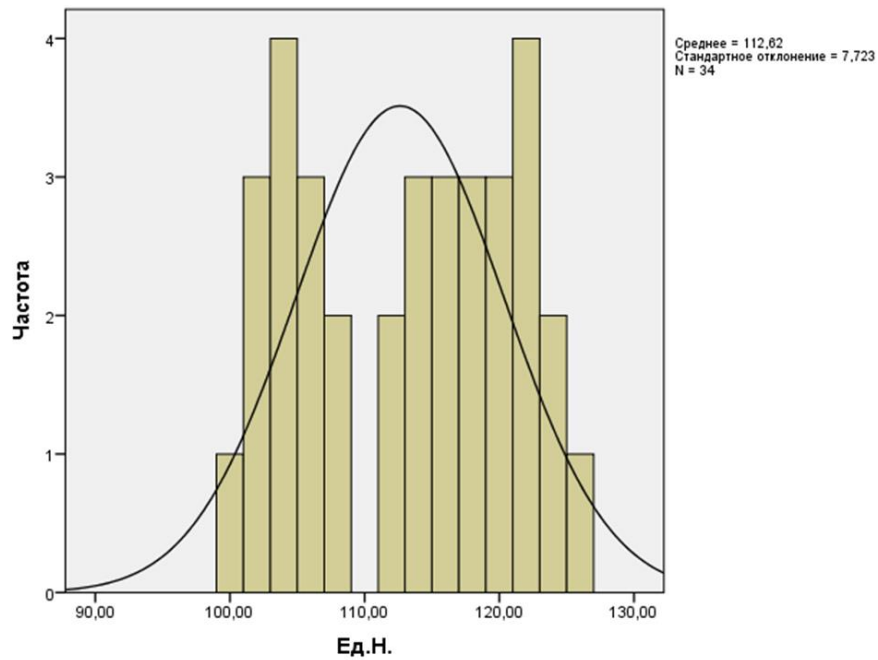


Рисунок 47 – Распределение плотности контрастирования паренхимы селезенки 100/50мл.

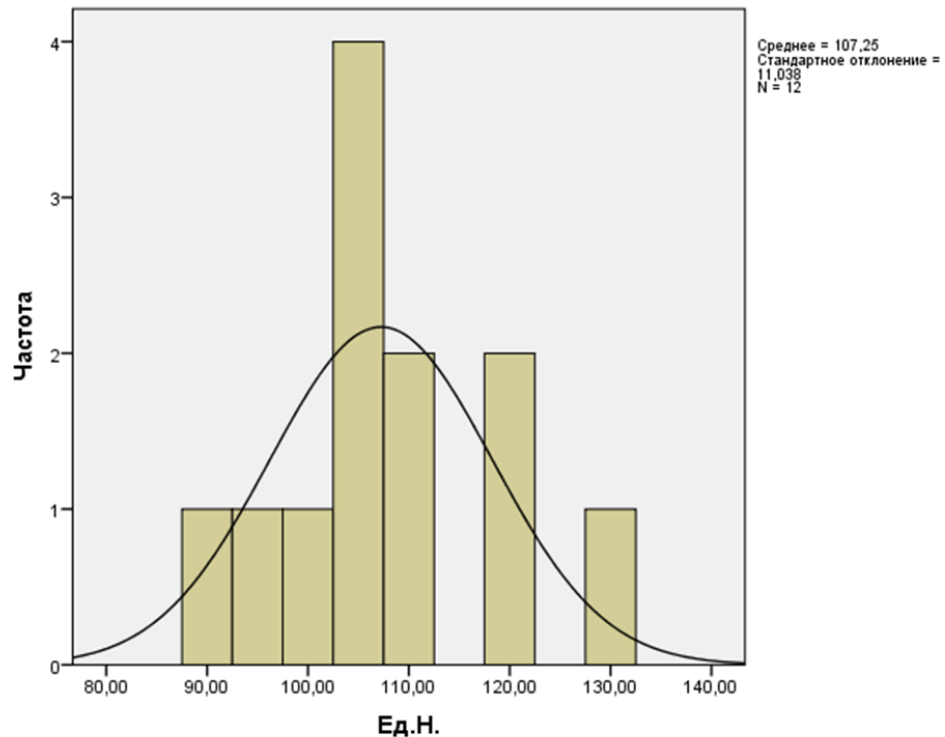


Рисунок 48 – Распределение плотности контрастирования паренхимы селезенки, трехфазный протокол

Таким образом интенсивность контрастирования паренхимы селезёнки при схеме 80 мл и 70 мл на 0,6% ниже, чем при схеме 100 мл и 50 мл и на 5,3% выше, чем при трехфазной методике. (Рисунок 49).

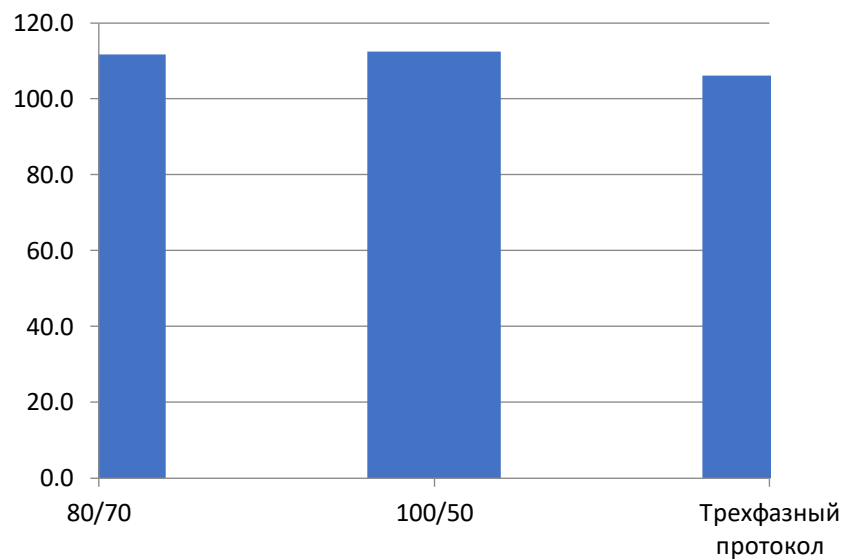


Рисунок 49 – Средняя плотность контрастирования (HU) паренхимы селезенки в группах 80/70 мл, 100/50 мл и трехфазном протоколе

Для выбора методики оценки статистической значимости различий среди интенсивности плотности контрастирования в группах, была проведена оценка параметров распределения значений в группах (Таблица 12). Поскольку показатели средних значений и медианы значений в группах были очень близки, то можно было предположить нормальность распределения.

Таблица 12 – Описательная характеристика групп при контрастировании паренхимы селезенки

Паренхима селезенки	80/70	100/50	Трехфазный протокол
Среднее значение	111,9	112,6	106,25
Верхняя доверительная граница	113,4	115,2	112,5
Нижняя доверительная граница	110,4	110,0	100,0
Медиана	112,0	113,0	104
Дисперсия	40,7	59,6	121,8409

Для оценки нормальности распределения применялось три методики, с учётом их ограничений (Таблица 17).

Таблица 17 – Оценка нормальности распределения данных по нескольким критериям при контрастировании паренхимы печени

Группа 1	Колмогорова-Смирнова		Лиллиефорса		Шапиро-Уилка	
80/70	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=
Паренхима селезенки	1,000	,270	,120	,015	,960	,025
Группа 2	Колмогорова-Смирнова		Лиллиефорса		Шапиро-Уилка	
100/50	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=
Паренхима селезенки	,745	,635	,128	,174	,931	,034
Группа 3	Колмогорова-Смирнова		Лиллиефорса		Шапиро-Уилка	
Трехфазный протокол	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=
Паренхима селезенки	,568	,903	,164	,200	,962	,810

Критерий Колмогорова–Смирнова показал, что распределения значений в трёх группах статистически значимо не различаются от нормального распределения ( $p > 0,05$ ), однако критерий Лиллиефорса в первой группе и критерий Шапиро-Уилка в первой и второй группах не подтверждают гипотезу о нормальности распределения значений. Для третьей группы все три критерия подтверждают гипотезу о нормальности распределения. Поскольку для оценки достоверности различий параметрическим методом необходима нормальность распределения

показателя в двух сравниваемых группах, а комплексная оценка критериев нормальности распределения не позволяет считать распределение в первой и второй группе нормальным, то параметрические методы оценки применяться не будут.

Исходя из этого, для оценки статистической значимости интенсивности контрастирования паренхимы селезёнки применялся непараметрический метод оценки – критерий U-Манна-Уитни ( $U_{1-2}=1114$ ,  $U_{1-3}=365,5$ ,  $U_{2-3}=217$ ).

Несмотря на то, что имеется возможность оценить критерий Манна-Уитни, используя таблицу критических значений критерия для  $U_{2-3}$ , и поскольку её использование не подходит для оценки  $U_{1-2}$ ,  $U_{1-3}$ , то для удобства оценки был проведён перерасчёт критерия U-Манна-Уитни в показатель Z-Статистика.  $Z_{1-2}=0,528$ ,  $Z_{1-3}=1,859$ ,  $Z_{2-3}=1,628$

Оценка критерия Z производилась с учётом степеней свободы сравниваемых групп. Пороговые значения критерия Z для сравниваемых групп приведены в таблице выше.

Поскольку  $Z_{1-2}<1,984$ , то различия в средней плотности изображения между первой и второй группой стоит считать статистически не значимыми ( $p=0,598$ ). Так как  $Z_{2-3}<2,015$ , то различия в средней плотности изображения между второй и третьей группой также не имеют статистически значимых различий ( $p=0,104$ ). Учитывая, что  $Z_{1-3}<1,99$ , то различия в средней плотности изображения между первой и третьей группой не имеют статистически значимых различий ( $p=0,063$ ).

Таким образом, при использовании протокола 80 мл. и 70 мл., интенсивность плотности контрастирования в грудном и брюшном отделе аорты, достоверно выше на 20,6% и 26,0% соответственно (со статистической надёжностью  $p<0,001$ ), чем при схеме 100 мл. и 50 мл., при статистически незначительном снижении плотности изображения в воротной вене, паренхиме печени и паренхиме селезёнки (Таблица 18). Статистически

значимых различий в плотности контрастирования между протоколом split-bolus 80 мл и 70 мл и трехфазной методикой не выявлено.

Таблица 18 – Результаты применения методик расчёта статистической значимости

<b>Группы 80/70 и 100/50</b>					
	Грудная аорта	Брюшная аорта	Воротная вена	Паренхима печени	Паренхима селезенки
t-Стьюдента	12,232	12,765	-,587	-2,179	-,532
t-Уэлча	9,825	13,227	-,556	-1,922	-,498
U-Манна-Уитни	106,000	20,000	1121,500	939,500	1114,000
Z-Статистика	-7,514	-8,109	-,475	-1,738	-,528
p	,000	,000	,635	,082	,598
<b>Группы 80/70 и трехфазный протокол</b>					
	Грудная аорта	Брюшная аорта	Воротная вена	Паренхима печени	Паренхима селезенки
t-Стьюдента	-,469	-,576	1,857	-2,751	2,047
t-Уэлча	-,225	-,365	1,596	-2,018	1,406
U-Манна-Уитни	479,500	489,000	383,500	2759,500	356,500
Z-Статистика	-,243	-,118	-1,503	-1,912	-1,859
p	,808	,906	,133	,056	,063
<b>Группы 100/50 и трехфазный проткол</b>					
	Грудная аорта	Брюшная аорта	Воротная вена	Паренхима печени	Паренхима селезенки
t-Стьюдента	-4,474	-6,607	1,836	-,824	1,844
t-Уэлча	-3,399	-4,725	1,785	-,796	1,556
U-Манна-Уитни	669,500	620,500	218,000	771,500	217,000
Z-Статистика	-3,241	-4,467	-1,602	-,689	-1,628
p	,001	,000	,109	,491	,104

### **3.2. Снижение лучевой нагрузки у пациентов с использованием split-bolus протоколов**

Для сравнения лучевой нагрузки, при применении методик split-bolus «все тело», стандартного трехфазного протокола и нативного измерения, проводилось измерение в трёх группах пациентов. В первую группу (гр1) вошли 104 пациента, которым применялась методика split-bolus. Структура первой группы составила 74 (71,2%) мужчин и 30 (28,8%) женщин, средний возраст группы составил 40,3 года (ДИ 37,1;43,6).

Во вторую группу (гр2), с применением трехфазного протокола сканирования, вошли 12 человек – 8 (66,7%) мужчин и 4 (33,3%) женщин, средний возраст группы составил 43 года (ДИ 37,7;48,3).

В третью группу (гр3) с применением нативного исследования вошли 56 человек – 37 (66,1%) мужчин и 19 (33,9%) женщин, средний возраст группы составил 40 (ДИ 36,3;44,5) лет.

Средняя лучевая нагрузка у пациентов, прошедших методику «все тело» split-bolus составила 18,59 мЗв (ДИ 18,38; 18,80), от 16,3 мЗв до 20,6 мЗв (Рисунок 50). Средняя лучевая нагрузка у пациентов с прошедших трехфазную методику составила 40,67 мЗв (ДИ 39,47; 41,87), от 38,3 мЗв до 44,0 мЗв (Рисунок 51). Средняя лучевая нагрузка у пациентов, прошедших нативную методику составила 16,19 мЗв (ДИ 15,95; 16,44), от 13,0 мЗв до 17,8 мЗв (Рисунок 52)

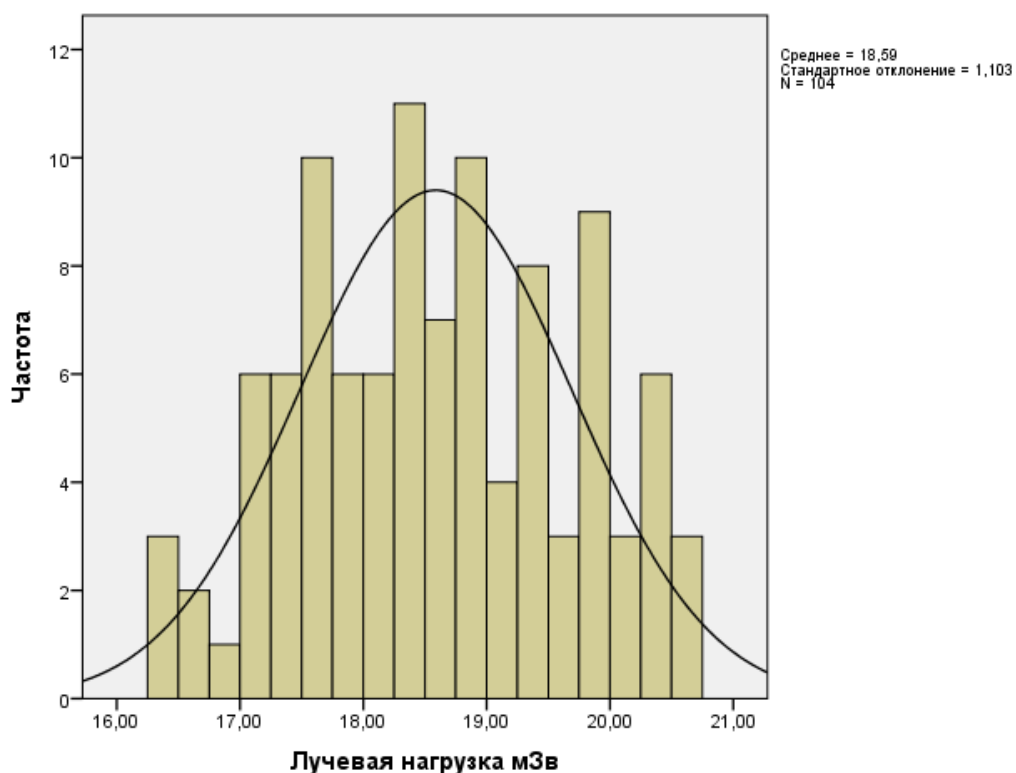


Рисунок 50 – Распределение лучевой нагрузки в группе split-bolus

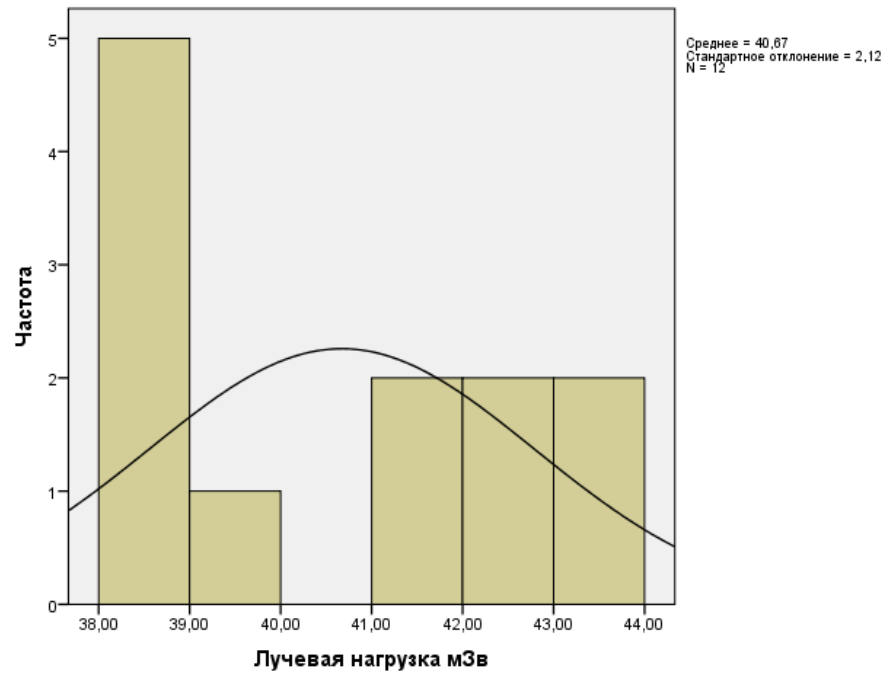


Рисунок 51 – Распределение лучевой нагрузки в группе трехфазного протокола

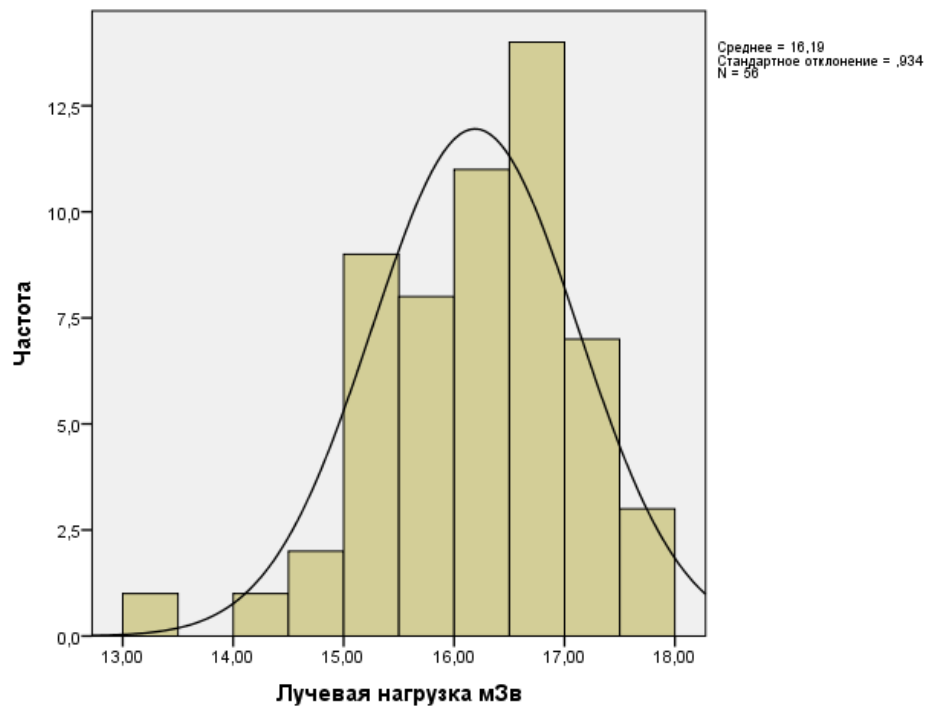


Рисунок 52 – Распределение лучевой нагрузки в группе с применением нативной методики

Таким образом лучевая нагрузка при методике «все тело» split-bolus снижается в 2,2 раза, по сравнению с трёхфазным протоколом сканирования и лишь на 15% выше по сравнению с нативным исследованием (Рисунок 53).

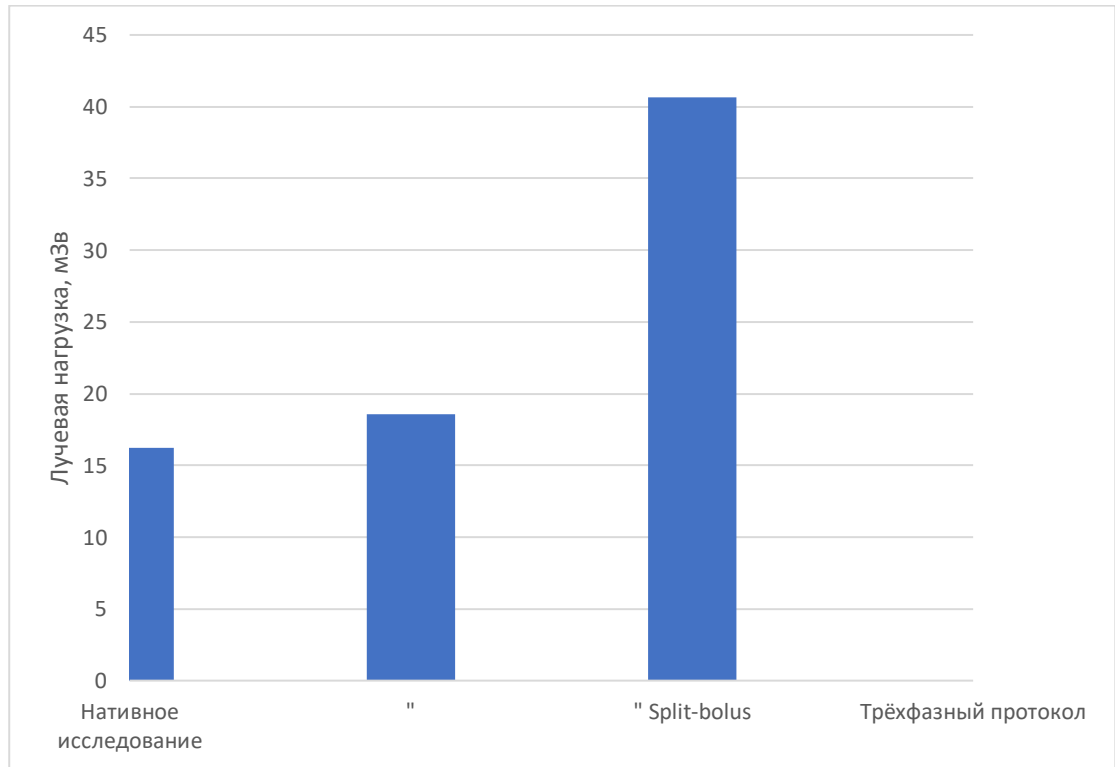


Рисунок 53 – Средняя лучевая нагрузка в трёх группах (мЗв)

Для выбора методики оценки статистической значимости различий среди показателя лучевой нагрузки в группах сперва была проведена оценка параметров распределения значений в группах. Поскольку показатели средних значений и медианы значений в группах были очень близки, то можно было предположить нормальность распределения (Таблица 19).

Таблица 19 – Описательная характеристика групп для сравнения лучевой нагрузки

Лучевая нагрузка	Split-bolus	Трехфазный протокол	Нативное исследование
Среднее значение	18,59	40,67	16,19
Верхняя доверительная граница	18,80	41,87	16,44
Нижняя доверительная граница	18,38	39,47	15,95
Медиана	18,59	40,71	16,38
Дисперсия	1,22	4,49	0,87

Для оценки нормальности распределения применялось три методики, с учётом их ограничений. Критерий Колмогорова–Смирнова и критерий Лиллиефорса показали, что распределения значений в трёх группах статистически значимо не различаются от нормального распределения ( $p > 0,05$ ). Критерий Шапиро-Уилка также указывает на нормальность распределения в группах Split-bolus и трехфазного протокола, однако в группе нативного исследования критерий Шапиро-Уилка гипотезу о нормальности распределения отвергает ( $p < 0,05$ ). (Таблица 20).

Таблица 20 – Оценка нормальности распределения данных по нескольким критериям при оценке лучевой нагрузки

	Колмагоров-Смирнова		Лиллиефорса		Шапиро-Уилка	
	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=
Split-bolus	,616	,842	,060	,200*	,977	,062
Трёхфазный протокол	,820	,512	,237	,062	,875	,076
Нативное исследование	,816	,518	,109	,094	,954	,032

Комплексная оценка критериев нормальности распределения позволяет считать все распределения близким к нормальному и, как следствие, позволяет применять для сравнения групп методики параметрической статистики (Таблица 21).

Таблица 21 – Результаты применения методик расчёта статистической значимости при сравнения лучевой нагрузки при split-bolus протоколе, трёхфазной методике и нативном исследовании

Метод	Гр1-2	Гр1-3	Гр2-3
t-Уэлча	35,535	14,508	39,196
U-Манна-Уитни	0,00	241,00	0,00
Z-Статистика	5,66	9,56	5,41
p	0,000	0,000	0,000

Так как критерий t-Стьюдента применим только в случае небольших различий в показателе дисперсии в группах, то рассчитывался критерий t-Уэлча. Значение t-Уэлча составило  $t_{1-2}=35,5$ ,  $t_{1-3}=14,5$ ,  $t_{2-3}=39,2$  Для степеней свобод  $df_{1-2}=114$ ,  $df_{1-3}=158$ ,  $df_{2-3}=66$  критические значения критерия t при  $p=0,001$  составляют 3,381, 3,357 и 3,444 соответственно. Поскольку

расчётный  $t$  во всех группах превышает критическое значение показателя, то различия в средних уровнях лучевой нагрузки во всех группах можно считать статически значимым ( $p < 0,001$ ).

Для контроля результата также применялся непараметрический метод оценки – критерий U-Манна-Уитни, который для группы Split-bolus и группы нативного исследования (Гр1-3) составил  $U=241$ . Так как диапазон переменных группы трёхфазной методики не пересекается с диапазонами методики Split-bolus и нативного исследования, то тест Манна-Уитни при их сравнении (Гр1-2, Гр2-3) равен нулю ( $U=0$ ). Учитывая, что численность групп превышала 20 человек, то был проведён перерасчёт критерия U-Манна-Уитни в показатель Z-Статистика ( $Z_{1-2}=5,66$ ,  $Z_{1-3}=9,56$ ,  $Z_{2-3}=5,41$ ). Поскольку  $Z$  во всех случаях превышает критические значения для соответствующих степеней свобод при  $p=0,001$ , то различия в средних уровнях лучевой нагрузки во всех случаях стоит также считать статически значимыми. Уровень надёжности статистической значимости различий при оценке U-Критерия Манна Уитни составил  $p < 0,001$ .

Таким образом, методика «все тело» split-bolus оказывает лучевую нагрузку на обследуемого в 2,2 раза меньше, чем трёхфазная методика со статистической надёжностью  $p < 0,001$ . При этом методика «все тело» split-bolus в 1,15 раза больше оказывает лучевую нагрузку по сравнению с нативным исследованием со статистической надёжностью  $p < 0,001$ .

### **3.3 Сравнение времени исследования среди различных методик МСКТ «все тело»**

Для сравнения времени исследования, при применении методик split-bolus «все тело», стандартного трехфазного протокола и нативного исследования, проводилось измерение в трёх группах пациентов. В первую группу (гр1) вошли 104 пациента, которым применялась методика split-bolus. Во вторую группу (гр2), вошли 12 человек с применением трехфазного протокола сканирования. В третью группу (гр3) вошли 56 человек нативного

исследования. Для удобства восприятия время выражено в минутах и секундах. Статистические расчёты проводились в секундах.

Среднее время исследования у пациентов, прошедших методику «все тело» split-bolus составило 4 минуты 36 секунд (ДИ 4.35; 4.37), от 4.26 до 4.47 (Рисунок 54). Среднее время исследования у пациентов прошедших трехфазную методику составила 7 минут 41 секунд (ДИ 7.35; 7.48), от 7.18 до 7.57 (Рисунок 55). Среднее время исследования у пациентов, прошедших нативную методику составила 3 минуты 16 секунд (ДИ 3.15; 3.16), от 3.12 до 3.20 (Рисунок 56)

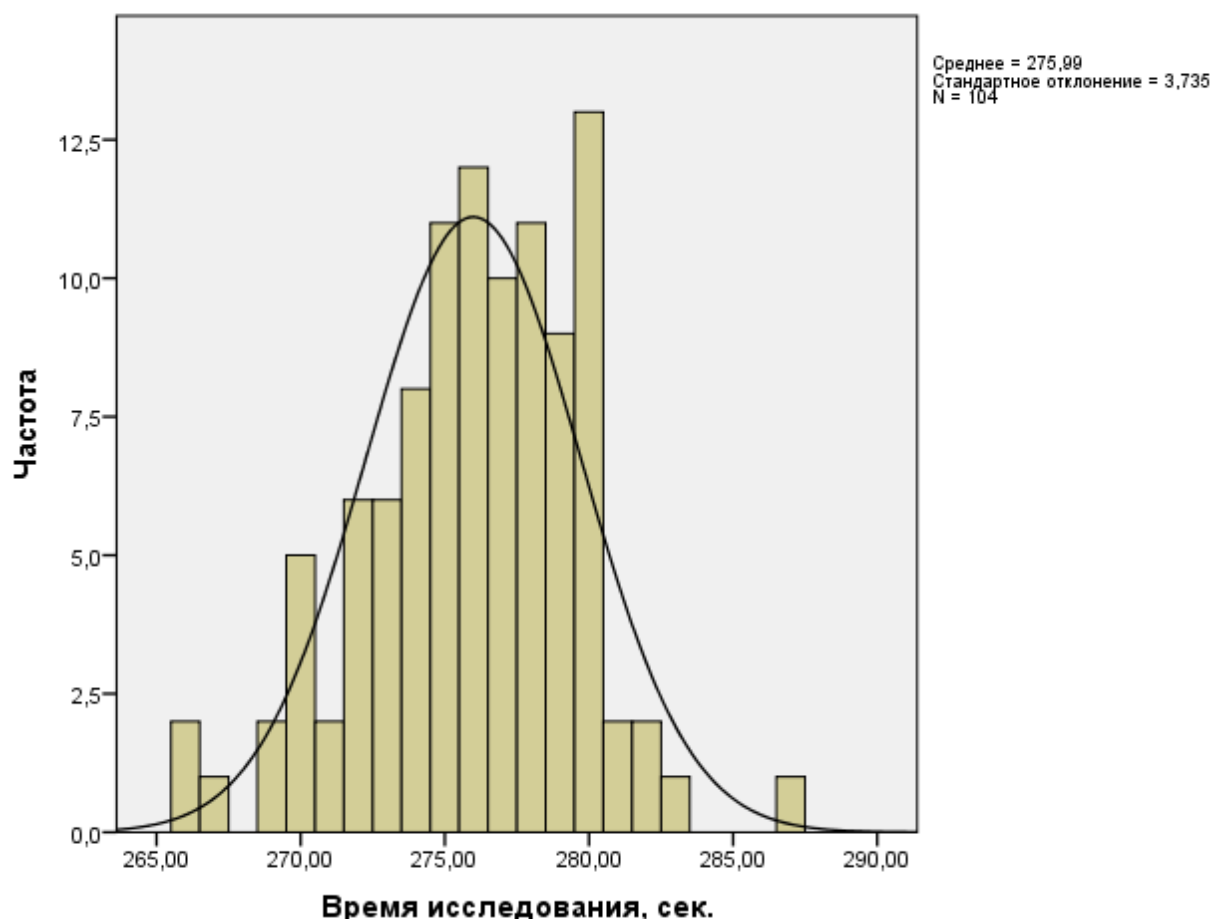


Рисунок 54 – Распределение времени исследования в группе split-bolus

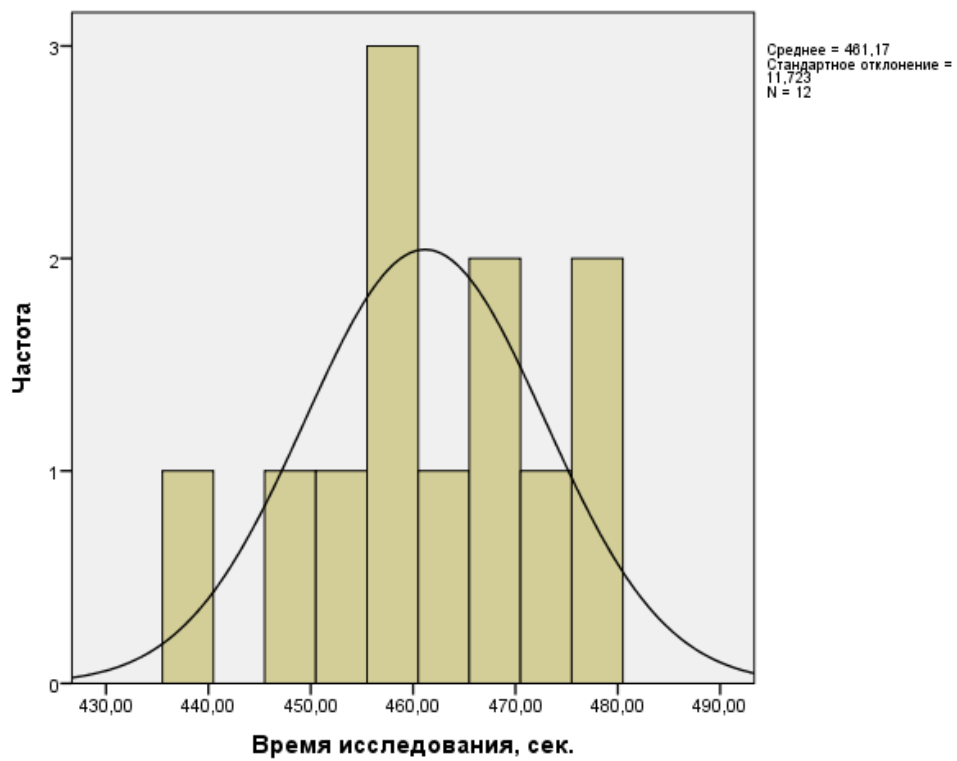


Рисунок 55 – Распределение времени исследования в группе трехфазного протокола

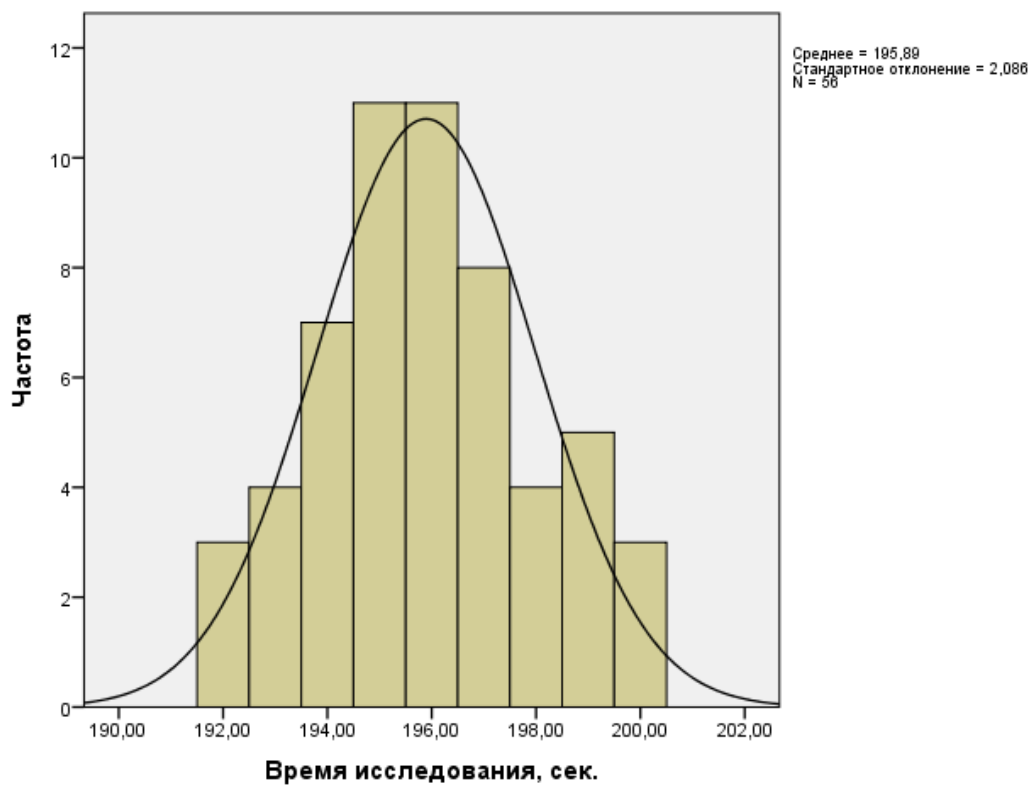


Рисунок 56 – Распределение времени исследования в группе нативного метода

Таким образом время исследования при методике «все тело» split-bolus в 1,7 раза короче, по сравнению с трёхфазным протоколом сканирования и в 1,3 раза продолжительнее по сравнению с нативным исследованием (Рисунок 57).

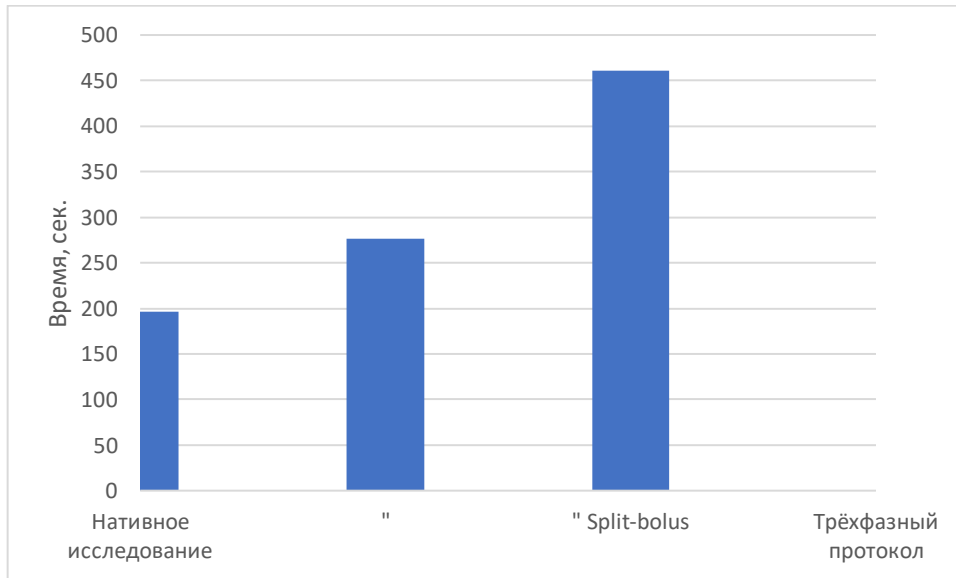


Рисунок 57 – Среднее время исследования в трёх группах

Для выбора методики оценки статистической значимости различий среди времени исследования в группах сперва была проведена оценка параметров распределения значений в группах. Поскольку показатели средних значений и медианы значений в группах были очень близки, то можно было предположить нормальность распределения (Таблица 22).

Таблица 22 – Описательная характеристика групп для сравнения времени исследования

Время исследования	Нативное исследование	Split-bolus	Трёхфазный протокол
Среднее значение	3.16	4.36	7.41
Верхняя доверительная граница	3.16	4.37	7.48
Нижняя доверительная граница	3.15	4.35	7.35
Медиана	3.16	4.36	7.41
Дисперсия	4,351948	13,95136	137,424242

Для оценки нормальности распределения применялось три методики, с учётом их ограничений. Критерий Колмогорова–Смирнова показывает, что распределения значений в трёх группах статистически значимо не различаются от нормального распределения ( $p > 0,05$ ). Согласно критерию Шапиро-Уилка от нормального распределения статистически значимо не различаются группы трёхфазного протокола и нативного исследования. Критерий Лиллиефорса указывает на нормальность распределения только в группе трёхфазного протокола (Таблица 23).

Таблица 23 – Оценка нормальности распределения данных по нескольким критериям при оценке лучевой нагрузки

	Колмагоров-Смирнова		Лиллиефорса		Шапиро-Уилка	
	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=	Z-Статистика	p=
Split-bolus	,895	,400	,088	,047	,975	,047
Трёхфазный протокол	,372	,999	,107	,200*	,967	,873
Нативное исследование	,916	,371	,122	,036	,963	,086

Комплексная оценка критериев нормальности распределения позволяет считать распределение близким к нормальному только в случае данных трёхфазного протокола и нативного исследования и, как следствие, позволяет применять методики параметрической статистики только для сравнения этих двух групп. Поскольку графическая оценка распределения split-bolus напоминает нормальное, то было принято решение включить эту группу в параметрическую оценку различий, но основное решение по ней принимать на основании непараметрических методов сравнения (Таблица 24).

Так как критерий t-Стьюдента применим только в случае небольших различий в показателе дисперсии в группах, то рассчитывался критерий t-

Уэлча. Значение t-Уэлча составило  $t_{1-2}=54,4$ ,  $t_{1-3}=174,0$ ,  $t_{2-3}=78,1$ . Для степеней свобод  $df_{1-2}=114$ ,  $df_{1-3}=158$ ,  $df_{2-3}=66$  критические значения критерия t при  $p=0,001$  составляют 3,381, 3,357 и 3,444 соответственно. Поскольку расчётный t во всех группах превышает критическое значение показателя, то различия в средних уровнях лучевой нагрузки во всех группах можно считать статически значимым ( $p<0,001$ ).

Для контроля результата также применялся непараметрический метод оценки – критерий U-Манна-Уитни. Так как диапазоны переменных всех группы не пересекается, то тест Манна-Уитни при их сравнении (Гр1-2, Гр1-3, Гр2-3) равен нулю ( $U=0$ ). Для возможности оценки результата был проведён перерасчёт критерия U-Манна-Уитни в показатель Z-Статистика ( $Z_{1-2}=5,67$ ,  $Z_{1-3}=10,4$ ,  $Z_{2-3}=5,44$ ). Для степеней свобод  $df_{1-2}=114$ ,  $df_{1-3}=158$ ,  $df_{2-3}=66$  критические значения критерия Z при  $p=0,001$  составляют 3,381, 3,357 и 3,444 соответственно. Поскольку Z во всех случаях превышает критические значения для соответствующих степеней свобод при  $p=0,001$ , то различия в средних уровнях лучевой нагрузки во всех случаях стоит также считать статически значимыми. Уровень надёжности статистической значимости различий при оценке U-Критерия Манна Уитни составил  $p<0,001$ .

Таблица 24 – Результаты применения методик расчёта статистической значимости при сравнении времени исследования при split-bolus протоколе, трёхфазном протоколе и нативном исследовании

Метод	Гр1-2	Гр1-3	Гр2-3
t-Уэлча	54,4	174,0	78,1
U-Манна-Уитни	0,00	0,00	0,00
Z-Статистика	5,67	10,4	5,44
p	0,000	0,000	0,000

Таким образом, методика «все тело» split-bolus оказывается в 1,7 раза быстрее, чем трёхфазная методика со статистической надёжностью  $p<0,001$ .

При этом методика «все тело» split-bolus в 1,3 раза дольше, по сравнению с нативным исследованием со статистической надёжностью  $p < 0,001$ . То есть применение методики split-bolus показывает на 67% менее продолжительное время исследования по сравнению с трёхфазным протоколом, в то время, как по сравнению с нативным исследованием она даёт на 29% увеличение времени.

### **3.4 Снижение количества диагностически значимых ошибок, при использовании чек-листа у пациентов с ТСТ в рабочей практике врача-рентгенолога**

Для оценки эффективности введённого чек-листа, было проведено аналитическое когортное исследование с исторической группой сравнения. Для бинарных данных с нормальным распределением применялся непараметрический метод статистического анализа - тест Фишера. Проводился расчет доверительного интервала для генеральной доли к вероятности возникновения клинически значимой ошибки. Проверка нулевой гипотезы проводилась при  $p < 0,05$ .

В рамках оценки эффективности чек-листа оценивалась встречаемость пациентов на предмет пропуска травматической патологии или существенной с клинической точки зрения патологии нетравматического генеза (опухолевые образования, пневмония и т.д.) в двух группах. В первую группу вошли пациенты, у которых при интерпретации МСКТ-изображений и формировании рентгенологического заключения чек-лист не применялся. Во вторую группу вошли пациенты, у которых чек-лист применялся во время интерпретации изображений и формирования рентгенологического заключения. Группы были сопоставимы по половой и возрастной структуре.

В первую группу вошло 85 человек, из них 59 (69,5%) мужчин и 26 (30,5%) женщин. Средний возраст в группе составил 42,2 года (ДИ 38,9;45,4). При повторной проверке результатов в данной группе было обнаружено 30

ошибок диагностики у 24 человек, у 19 человек они являлись клинически значимыми. Эти данные также были подтверждены в консилиуме, при участии трех врачей-рентгенологов. На область головного мозга приходилось 16,7% (n=5) ошибок, 33,3% (n=10) на позвоночник, 13,3% (n=4) на область органов грудной клетки, 16,7% (n=5) на область органов брюшной полости и 20,0% (n=6) на область таза и тазобедренных суставов (Рисунок 58).

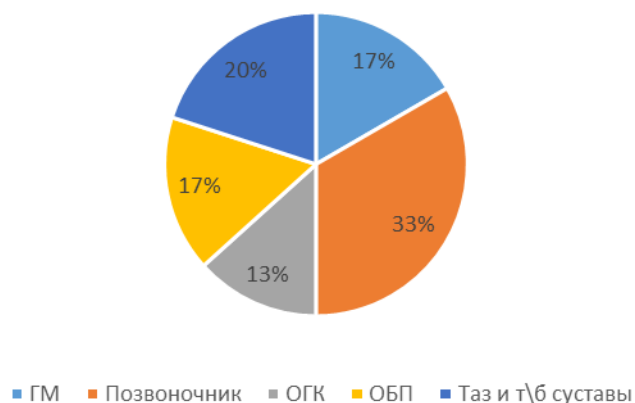


Рисунок 58 – Структура диагностических ошибок по анатомическим зонам без использования чек-листа

Во вторую группу вошло 87 человек, из них 60 (69,0%) мужчин и 27 (31,0%) женщин. Средний возраст в группе составил 38,9 лет (ДИ 35,5;42,4). При повторной проверке результатов в данной группе было обнаружено 10 ошибок диагностики у 7 человек, у 5 человек они являлись клинически значимыми, что также было подтверждено в составе консилиума. 20,0% (n=2) ошибок приходилось на позвоночник, 30,0% (n=3) на область грудной клетки, 30,0% (n=3) на область брюшной полости и 20,0% (n=2) на область таза и тазобедренных суставов (Рисунок 59).

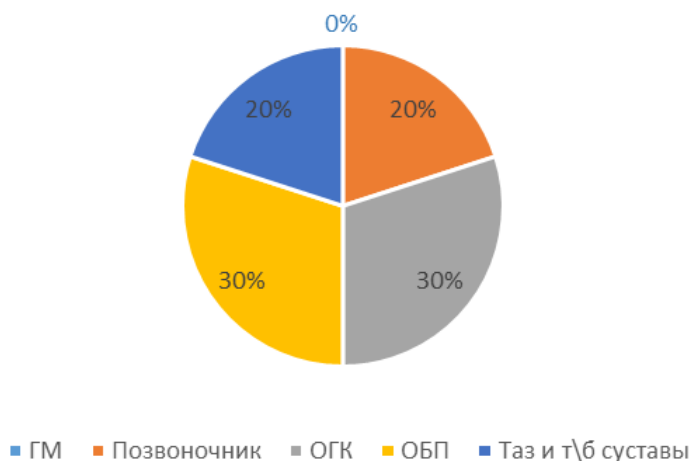


Рисунок 59 – Структура диагностических ошибок по анатомическим зонам с использованием чек-листа

Поскольку данные по наличию или отсутствию клинически значимой ошибки у пациента представлены в номинальной шкале и имеют всего два значения – ошибка есть или ошибки нет, то наиболее подходящим методом оценки распределения ошибок в группах является непараметрический метод – точный тест Фишера. Для расчёта была составлена таблица сопряжённости (Таблица 25).

Таблица 25 – Таблица сопряженности по группам пациентов и соотношению наличия ошибок

	Клинически значимая ошибка есть	Клинически значимой ошибки нет	Всего
Чек листа нет (Группа 1)	19	66	85
Чек лист есть (Группа 2)	5	82	87
Всего	24	148	172

Вероятность возникновения клинически значимой ошибки в первой группе составила 22,4% CL95% (ДИ 14,2:35,0), вероятность возникновения клинически значимой ошибки во второй группе составила 5,7% CL95% (ДИ 2,4:13,8). Данные представлены на Рисунке 60.

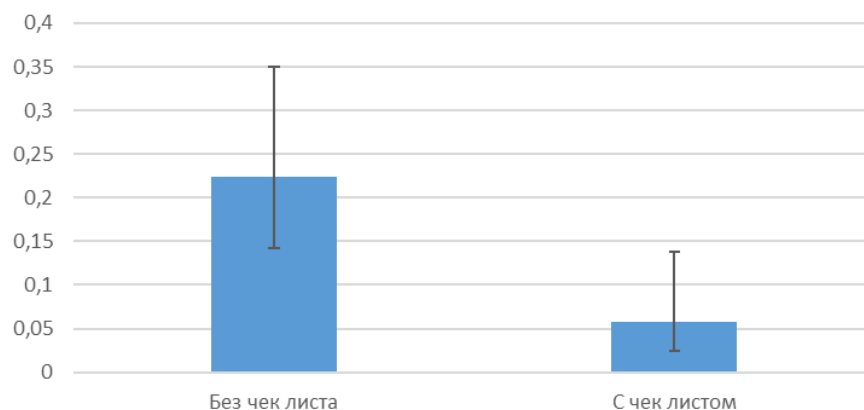


Рисунок 60 – Абсолютный риск возникновения клинически значимой ошибки в группах с и без использования чек-листа

Расчёт точного критерия Фишера составил  $p=0,0014$ , что говорит о статистической значимости полученных результатов. Доля разницы показателей составила 74,6%, что говорит о значительно выраженном снижении риска возникновения клинически значимой диагностической ошибки. Относительный риск (во сколько раз снизилось количество ошибок) составил  $RR=3,89$  ( $CL95\% 1,52:9,94$ ).

Для уточнения влияния преобладания методики split-bolus в группе с чек-листом на полученные результаты, был проведён контрольный расчёт рисков возникновения клинически значимой диагностической ошибки в зависимости от применения чек-листа только среди пациентов с методикой split-bolus (Рисунок 61). Вероятность возникновения клинически значимой ошибки в группе без чек-листа 23,5%  $CL95\%$ (ДИ 11,8:47,1), вероятность возникновения клинически значимой ошибки во второй группе составила 7,1%  $CL95\%$  (ДИ 3,0:17,2). Относительный риск составил  $RR=3,29$   $CL95\%$  (ДИ 1,16:9,32).

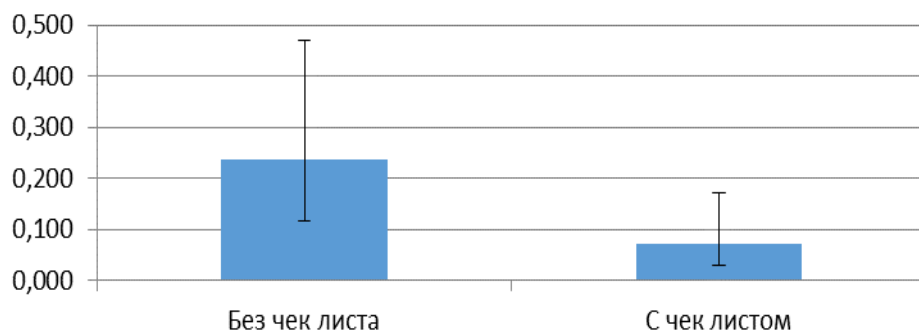


Рисунок 61 – Абсолютный риск возникновения клинически значимой ошибки среди методики split-bolus

Расчёт точного критерия Фишера составил  $p=0,026$ , что говорит о статистической значимости полученных результатов. Доля разницы показателей составила 69,8%, что говорит о выраженном снижении риска возникновения клинически значимой диагностической ошибки.

Использование чек-листа в рабочей практике врача-рентгенолога более чем в 3 раза снижает вероятность возникновения ошибки диагностики как в группах с традиционными протоколами сканирования, так и среди методик split-bolus.

\*\*\*

Таким образом, при использовании протокола 80/70 мл, интенсивность плотности контрастирования в грудном и брюшном отделе аорты выше на 20,6% и 26% соответственно, чем при схеме 100/50 мл, при статистически незначительном снижении плотности изображения в воротной вене, паренхиме печени и паренхиме селезёнки. Исходя из полученных данных протокол split-bolus 80/70 мл имеет объективно лучшее качество изображения (артериального контрастирования) по сравнению со схемой 100/50 мл, и может быть использован в качестве стандартного протокола split-bolus у пациентов с политравмой.

Измерения паренхиматозного и сосудистого контрастного усиления, а также оценка качества изображения протокола «все тело» по

схеме split-bolus 80/70мл, эквивалентны стандартным многофазным протоколам, для диагностики травматических повреждений. При этом лучевая нагрузка при методике «все тело» split-bolus снижается в 2,2 раза, по сравнению с трёхфазным протоколом сканирования и лишь на 15% выше по сравнению с нативным исследованием. В свою очередь применение методики split-bolus показывает на 67% менее продолжительное время исследования по сравнению с трёхфазным протоколом, в то время, как по сравнению с нативным исследованием она даёт на 29% увеличение времени (Таблица 26).

Таблица 26 – Лучевая нагрузка и время исследования среди различных протоколов МСКТ «все тело»

Методика	Нативная фаза	Артериальная фаза	Венозная фаза	Лучевая нагрузка, мЗв	Время исследования, мин.сек
"Всё тело" Split-bolus	-	+	+	18,59	4.36
Трёхфазный протокол	+	+	+	40,67	7.41
Нативное исследование	+	-	-	16,19	3.16

Также было доказано, что вероятность возникновения клинически значимой ошибки в группе исследований с чек-листом составила 22,4% CL95% (ДИ 14,2:35,0), а вероятность возникновения клинически значимой ошибки во второй группе составила 5,7% CL95% (ДИ 2,4:13,8). Относительный риск (во сколько раз снизилось количество ошибок) составил RR=3,89 (CL95%1,52:9,94). В свою очередь был проведён контрольный расчёт рисков возникновения клинически значимой диагностической ошибки в зависимости от применения чек-листа только среди пациентов с методикой split-bolus, где вероятность возникновения клинически значимой ошибки в группе без чек-листа составила 23,5% CL95% (ДИ11,8:47,1), а вероятность возникновения клинически значимой ошибки в группе с чек-листом составила 7,1% CL95% (ДИ 3,0:17,2). Относительный риск составил RR=3,29 CL95% (ДИ 1,16:9,32). Таким образом использование чек-листа в рабочей

практике врача-рентгенолога более чем в 3 раза снижает вероятность возникновения ошибки диагностики как в группах с традиционными протоколами сканирования, так и среди методик split-bolus.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К настоящему времени существует достаточно много отечественных и зарубежных классификаций политравмы, но общепринятой классификации, которая бы удовлетворяла всех специалистов, участвующих в оказании помощи пациентам с такими травмами, нет. При этом множественность и сочетанность повреждений рассматривается не как простая сумма травм, а как качественно новое состояние больного, сопровождающееся развитием острых нарушений жизненно важных функций организма.

Учитывая свою распространенность и влияние на социально-экономическую обстановку в мире, травматизм является одной из самых значимых проблем как во всем мире, а главной особенностью в диагностике и лечении пациентов с ТСТ является коллективное и оперативное ведение пациента с момента его поступления в приемное отделение. Применение мультиспиральной компьютерной томографии на начальном этапе ведения пациента с ТСТ дает важную информацию для оперативного решения конкретных клинических задач, направленных на выбор своевременной и адекватной лечебной тактики.

Обзор научной литературы показывает, что несмотря на определенные стандарты ведения пациентов, основной сдвиг тактики лучевого обследования идет в сторону проведения МСКТ в режиме «все тело». В этой ситуации главной проблемой выступают не столько вопросы семиотики, которые уже исследованы до этого, а организационные вопросы, направленные на разработку оптимального диагностического алгоритма этого исследования, а также повышения их эффективности и значимости в комплексе мероприятий направленных на ведение пациентов с ТСТ. Также учитывая, что рентгенолог сталкивается с большим объемом информации в условиях крайне сжатого времени для получения протокол, немало важно, как качество описания рентгенологом данной патологии, так и избежание диагностических ошибок.

Цель настоящего исследования – совершенствование лучевой диагностики ТСТ и определение оптимального протокола МСКТ в режиме «все тело» с применением методики split-bolus, повышение его эффективности и значимости в комплексе диагностических мероприятий направленных на ведение пациентов с ТСТ.

Для достижения цели исследования и решения поставленных задач был проведен ретро- и проспективный анализ сплошной выборки 172 МСКТ в режиме «все тело» у пострадавших с политравмой, госпитализированных в 2018-2019 гг. в Государственное бюджетное учреждение «Городскую клиническую больницу им А.К. Ерамишанцева» департамента здравоохранения Москвы (ГБУЗ «ГКБ им. А.К. Ерамишанцева» ДЗМ). Пациенты соответствовали следующим условиям: 1) наличие политравмы (согласно отчетам отдела статистики и данным истории болезни за исследуемый период); 2) возраст от 18 до 93 лет; 3) отсутствие тяжелой соматической патологии, которая могла бы конкурировать с полученной травмой.

На основании данных литературных источников и собственных наблюдений был проведен многофакторный анализ, показавший, что основными нерешенными вопросами, препятствовавшими дальнейшему улучшению результатов диагностики ТСТ, являлись:

-отсутствие оптимального диагностического протокола проведения МСКТ в режиме «все тело»

-высокая лучевая нагрузка на пациента при проведении многофазных МСКТ-исследований в режиме «все тело».

-отсутствие единого мнения по оптимальному объему введения йодсодержащего контрастного вещества при применении методики split-bolus

-частота встречаемости диагностически значимых ошибок, допущенных врачом-рентгенологом при анализе МСКТ-изображений в режиме «все тело».

Исходя из этого были определены основные задачи исследования, а этапное решение этих задач позволило объективно обосновать с позиций доказательной медицины диагностический протокол проведения МСКТ в режиме «все тело» с применением методики split bolus у пострадавших в остром периоде политравмы.

На начальном этапе была скоординирована работа отделения рентгенодиагностических и радиоизотопных методов исследования (ОРРМИ) больницы. Внедрены в практику несколько различных протоколов МСКТ-исследований всего тела, применяемых у пациентов с ТСТ. Выделены их преимущества и недостатки. Создан и утвержден для применения «чек-лист» в рабочей практике врача-рентгенолога, с дальнейшим использованием специалистами, входящими в мультидисциплинарную бригаду, ведущих пациентов с ТСТ.

Ряд организационных мероприятий проведенных в отделении, позволил: улучшить качество визуализации МСКТ-изображений при использовании методики split-bolus; ускорить проведение МСКТ-исследования всего тела у пострадавших; снизить лучевую нагрузку на пациента; повысить внимание врачей лучевой диагностики направленное на выявление травматической патологии; улучшить уровень взаимодействия врачей лучевой диагностики и врачей клинических отделений; проводить консилиумы врачей рентгенологов при выявлении диагностически значимых ошибок, тем самым повышая их квалификацию.

МСКТ больных с политравмой проводилось в первые минуты поступления по назначению врачей дежурной бригады.

Результаты МСКТ всего тела сравнивали с данными протоколов оперативных вмешательств, исследований в динамике и судебно-медицинских вскрытий.

В разработанной методике КТ - всего тела split-bolus одномоментному сканированию грудной клетки, брюшной полости и малого таза предшествует первая часть болюса, а вторая, с задержкой по времени, вводится во время сканирования. Такая схема позволяет при сканировании получить единовременную качественную визуализацию артериальной и портальной фаз (и, в части случаев, экскреторной фазы).

Методики «все тело» split-bolus выполнялись на мультиспиральном компьютерном томографе Toshiba Aquilion Prime. Исследование проводилось в положении лежа на спине, при возможности голова фиксировалась в специальной подставке, руки поднимались за голову. При тяжелом состоянии пострадавшего КТ-исследование выполняли на щите, на котором пациент доставлялся с кабинет КТ, фиксацию головы и рук при этом не осуществляли. В связи с тяжелым и потенциально опасным для жизни пациента состоянием, введение контрастного препарата выполнялось без проведения дополнительного обследования уровня креатинина крови и сбора аллергологического анамнеза. С целью минимизации рисков нежелательных реакций на введение контрастного препарата использовали неионное изоосмолярное РКС (йодиксанол – Визипак 320). Кроме того, пациенты находились под наблюдением реаниматолога в связи с основным патологическим состоянием, что предполагала возможность немедленного купирования нежелательных реакций в случае их возникновения.

На рабочей консоли томографа выбирали протокол «Whole Body Split-bolus». Для разметки области исследования выбирали топограмму, которую начинали на 1 см выше верхней пластинки свода черепа, и заканчивали на 1 см каудальнее нижнего края лобкового симфиза. Зона исследования составляла около 100 см.

Первично проводилось нативное исследование «голова+шея» с параметрами сканирования: напряжение на трубке (Tube voltage) - кВ 100, ток на трубке (Tube current) - mA 320, коллимация (Collimation) - 64x0.6 мм, толщина среза (Slice thickness) – 1.2 мм, время вращения (Time of rotation) - 0,28.

Исследование сосудов головы и шеи, а также органов грудной клетки, брюшной полости и малого таза, проводилось одномоментно и с введением йодконтрастного препарата (йодиксанол 320 - 150мл) без проведения нативного исследования, с параметрами сканирования: напряжение на трубке (Tube voltage) - кВ 120, ток на трубке (Tube current) - в зависимости от габаритов пациента, коллимация (Collimation) - 64x0.6 мм, толщина среза (Slice thickness) - 2.5 мм, время вращения (Time of rotation) - 0,28. Область сканирования начиналась от височных костей (для захвата Виллизиева круга) и до уровня верхней трети бедренных костей, с полным захватом костей таза. Первая часть контрастного вещества вводилась объемом 80 или 100 мл, со скоростью 1,6 мл/секунду. Далее следовала фиксированная задержка в 15 секунд, после которой вводилось 70 или 50 мл контрастного вещества соответственно, со скоростью 3.5 мл/с. Отслеживание болюса (Bolus tracking) проводилось, только после введения второго объема контрастного препарата, на нисходящей части грудной аорты, пороговые значения болюса (Threshold trigger) 100 HU.

Методика исследования «все тело» с использованием трехфазного протокола выполнялась на мультиспиральном компьютерном томографе Aquilion Prime (Toshiba). Укладка пациента и показания к введению контрастного препарата были аналогичные, как и при проведении методики split-bolus. С целью минимизации рисков нежелательных реакций на введение контрастного препарата использовали неионное изоосмолярное РКС (йодиксанол – Визипак 320). Пациенты также находились под наблюдением реаниматолога в связи с основным патологическим

состоянием, что предполагало возможность немедленного купирования нежелательных реакций в случае их возникновения.

На рабочей консоли томографа выбирали протокол «Whole Body 3 Phase». Для разметки области исследования выбирали топограмму, которую начинали на 1 см выше верхней пластинки свода черепа, и заканчивали на 1 см каудальнее нижнего края лобкового симфиза. Зона исследования составляла около 100 см.

Первично проводилось нативное исследование «голова + шея» с параметрами сканирования: напряжение на трубке (Tube voltage) - кВ 100, ток на трубке (Tube current) - mA 320, коллимация (Collimation) - 64x0.6 мм, толщина среза (Slice thickness) – 1.2 мм, время вращения (Time of rotation) - 0,28. Далее следовало нативное исследование единого блока «грудная клетка + брюшная полость + малый таз» с параметрами сканирования: напряжение на трубке (Tube voltage) - кВ 120, ток на трубке (Tube current) - в зависимости от габаритов пациента, коллимация (Collimation) - 64x0.6 мм, толщина среза (Slice thickness) - 2.5 мм, время вращения (Time of rotation) - 0,28. Область сканирования начиналась от уровня тела С7 позвонка (с захватом ключиц) и до уровня верхней трети бедренных костей, с полным захватом костей таза.

Далее следовало две последовательных фазы сканирования для визуализации артерий головы и шеи, артерий и вен грудной и брюшной полости, а также малого таза, с введением йодконтрастного препарата (йодиксанол 320 – 100 мл). Контрастное вещество вводилось одномоментно объемом 100 мл, со скоростью 3,5 мл/с. Для своевременной визуализации артериальной фазы отслеживание болюса (Bolus tracking) проводилось, на нисходящей части грудной аорты, пороговые значения болюса (Threshold trigger) 100 HU. Параметры сканирования были аналогичными с бесконтрастным исследованием данной области. После завершения артериальной фазы сканирования следовала фиксированная задержка в 23

секунды. Далее начиналась венозная фаза сканирования с аналогичными параметрами сканирования, как и при артериальной фазе. Показания и условия введения контрастного препарата пациенту были аналогичными, как и у split-bolus протоколов.

Всего было проведено 104 исследования с различными методиками split-bolus и 12 исследований со стандартным трехфазным протоколом исследования. Для оценки качества изображения было проведен анализ МСКТ всего тела split-bolus протоколов и стандартных трехфазных протоколов исследования на предмет качества изображений, а именно сравнивался градиент плотности соседних тканей в таких ключевых точках как грудная и брюшная отделы аорты, воротная вена печени, паренхима печени и селезёнки.

Для оценки качества изображения и интенсивности контрастирования при двух различных методиках split-bolus пациенты были разделены на группы по применяемым схемам и последовательностям внутривенного введения йодконтрастного вещества.

В первую группу вошло 70 пациентов с применением контрастирования по схеме 80/70 мл. Структура группы составила 54 (77,1%) мужчин и 16 (22,9%) женщин, средний возраст группы составил 41 год.

Во вторую группу вошли 34 человека с применением контрастирования по схеме 100/50 мл – 20 (58,8%) мужчин и 14 (41,2%) женщин, средний возраст группы составил 38,9 лет.

В третью группу вошли 12 человек с применением трехфазной методики - 8 (66,7%) мужчин и 4 (33,3%) женщин, средний возраст группы составил 43 года.

Для сравнения результатов в группах применялись методы описательной статистики, параметрические и непараметрические методы статистического анализа.

Средняя плотность контрастирования в грудной аорте у пациентов в группе 80/70 составил 308,3 HU (ДИ 304,9; 311,7) от 282 до 331 HU, в то время как средняя плотность в грудной аорте у пациентов по схеме 100мл/50 мл. составила 255,6 HU (ДИ 245,6; 265,5) от 181 до 301 HU. В третьей группе средняя плотность изображения в грудной аорте у пациентов составила 311,8 HU (280,9; 342,7) от 229 до 400 HU. Таким образом уровень интенсивности контрастирования в грудной аорте при схеме 80мл. и 70 мл. на 20,6% выше, чем при схеме 100мл. и 50 мл. и на 1,1% ниже, чем при трехфазной методике.

Средняя плотность контрастирования в брюшной аорте у пациентов в первой группе составила 310,2 HU (ДИ 304,4; 316,0) от 271 до 350 HU, в то время как средняя плотность у пациентов по схеме 100/50 мл. составила 246,2 HU (ДИ 238,7; 253,7) от 180 до 279 HU. В третьей группе средняя плотность изображения в брюшной аорте у пациентов составила 315,5 HU (287,8; 343,2) от 243 до 403 HU. Таким образом интенсивность контрастирования в брюшном отделе аорты при схеме 80/70 мл. на 26,0% выше, чем при схеме 100/50 мл и на 1,7% ниже, чем при трехфазной методике.

Средняя интенсивности контрастирования в воротной вене у пациентов в первой группе составила 145,6 HU (ДИ 142,0; 149,2) от 115 до 202 HU, в то время как средняя плотность изображения в воротной вене у пациентов по 100мл. и 50 мл. составила 147,6 HU (ДИ 141,6; 153,6) от 120 до 180 HU. В третьей группе средняя плотность изображения в воротной вене у пациентов составила 136,4 HU (125,7; 147,1) от 103 до 161 HU. Таким образом интенсивность контрастирования в воротной вене при схеме 80мл/70 мл. на 1,4% ниже, чем при схеме 100/50 мл и на 6,7% выше, чем при трехфазной методике.

Средняя плотность контрастирования в паренхиме печени у пациентов в первой группе составила 91,0 HU (ДИ 89,5; 92,5) от 80 до 101 HU, в то время как средний коэффициент плотности в паренхиме печени у пациентов

по схеме 100/50 мл. составила 94,4 HU (ДИ 91,3; 97,6) от 80 до 110 HU. В третьей группе средняя плотность изображения в паренхиме печени у пациентов составила 97,0 HU (91,4; 102,8) от 85 до 116 HU. Таким образом интенсивности контрастности изображения в паренхиме печени при схеме 80/70 мл на 3,7% ниже, чем при схеме 100/50 мл и на 6,6% ниже, чем при трехфазной методике.

Средняя плотность контрастирования паренхимы селезёнки у пациентов в первой группе составила 111,9 HU (110,4; 113,4) от 101 до 124 HU, в то время как средний коэффициент плотности в паренхиме селезёнки у пациентов по схеме 100/50 мл. составил 112,6 HU (110,0; 115,2) от 100 до 125 HU. В третьей группе средняя плотность изображения в грудной аорте у пациентов составила 106,3 HU (100,0; 112,5) от 89 до 127 HU. Таким образом интенсивность контрастирования паренхимы селезёнки при схеме 80 мл и 70 мл на 0,6% ниже, чем при схеме 100 мл и 50 мл и на 5,3% выше, чем при трехфазной методике.

По результатам применения методик статистической значимости было доказано, что при использовании протокола 80/70 мл, интенсивность плотности контрастирования в грудном и брюшном отделе аорты статически значимо выше на 20,6% и 26% соответственно, чем при схеме 100/50 мл, при статистически незначительном снижении плотности изображения в воротной вене, паренхиме печени и паренхиме селезёнки. Исходя из этого протокол 80/70 мл имеет объективно лучшее качество изображения (артериального контрастирования) по сравнению со схемой 100/50 мл, и может быть использована в качестве стандартного протокола split-bolus у пациентов с политравмой. Измерения паренхиматозного и сосудистого контрастного усиления, а также оценка качества изображения протокола «все тело» в режиме раздельного болуса, эквивалентны стандартным многофазным протоколам, для диагностики травматических повреждений.

Для сравнения дозы облучения, полученной при обследовании пациентов с ТСТ, была измерена лучевая нагрузка среди методик split-bolus и трехфазного протокола исследования. Расчетная величина лучевой нагрузки была получена из отчета сканирования. Показатель, который формируется томографом, умножали на поправочный коэффициент (с учетом зоны исследования), разработанный производителем оборудования. Окончательный расчет производился по формулам: для головы и шеи  $(mGust - mGy) * 0.0054$ , для органов грудной клетки и органов брюшной полости с захватом малого таза  $(mGust - mGy) * 0.0081$ .

Для сравнения лучевой нагрузки, при применении методик «все тело» split-bolus и стандартного трехфазного протокола, проводилось измерение в двух группах пациентов. В первую группу вошли 104 пациента, которым применялась методика «все тело» split-bolus. Структура первой группы составила 74 мужчины и 30 женщин, средний возраст группы составил 40,3 года. Во вторую группу вошли 12 человек – 8 (66,7%) мужчин и 4 (33,3%) женщин, средний возраст группы составил 43 года.

Средняя лучевая нагрузка у пациентов, прошедших методику «все тело» split-bolus составил 18,59 мЗв (ДИ 18,38; 18,80), от 16,3 мЗв до 20,6 мЗв. Средняя лучевая нагрузка у пациентов с прошедших трехфазную методику составила 40,67 мЗв (ДИ 39,47; 41,87), от 38,3 мЗв до 44,0 мЗв. Средняя лучевая нагрузка у пациентов, прошедших нативную методику составила 16,19 мЗв (ДИ 15,95; 16,44), от 13,0 мЗв до 17,8 мЗв. Таким образом лучевая нагрузка при методике «все тело» split-bolus снижается в 2,2 раза, по сравнению с трёхфазным протоколом сканирования и лишь на 15% выше по сравнению с нативным исследованием.

Сравнение времени исследования проводилось в тех же группах, что и сравнение лучевой нагрузки. Время от начала до конца исследования каждого пациента измерялось электронным секундомером.

- в первой группе 104 пациента с split-bolus протоколами. Минимальное время исследования в данной группе составляет 4 минуты и 26 секунд, а максимальное - 4 минуты и 47 секунд.

- во второй группе было 12 пациентов, прошедших стандартную трехфазную методику сканирования. Минимальное время исследования в данной группе составила 7 минут и 18 секунд, а максимальное - 7 минут и 57 секунд.

- в третьей группе было 56 пациентов, прошедших нативную методику сканирования. Минимальное время исследования в данной группе составила 3 минуты и 12 секунд, а максимальное - 3 минуты и 20 секунд.

Для удобства восприятия время отображено в минутах, в то время как непосредственная статистическая обработка проводилась в секундах.

Таким образом, методика «все тело» split-bolus оказывается в 1,7 раза быстрее, чем трёхфазная методика со статистической надёжностью  $p < 0,001$ . При этом методика «все тело» split-bolus в 1,3 раза дольше, по сравнению с нативным исследованием со статистической надёжностью  $p < 0,001$ . То есть применение методики split-bolus показывает на 67% менее продолжительное время исследования по сравнению с трёхфазным протоколом, в то время, как по сравнению с нативным исследованием она даёт на 29% увеличение времени.

Для уменьшения количества ошибок диагностики было решено предпринять исследование, при котором, на первом этапе ретроспективно были проанализированы исследования КТ по методике «все- тело» и соответствующие им протоколы врачей рентгенологов. Диагностические находки в КТ протоколах также сверялись с интраоперационными находками, исследованиями в динамике и патологоанатомическими вскрытиями. В случае расхождений мнений выполнялось совместное обсуждение не совпадающих результатов с принятием коллегиального решения.

В первую группу пациентов без чек-листа вошло 85 человек. У 44 (51,8%) пациентов в группе был применён нативный метод исследования без контрастирования, к 34 (40,0%) применена методика контрастирования split-bolus, а к 7 (8,2%) – трёхфазная методика. Во вторую группу пациентов с чек-листом вошло 87 человек. У 11 (12,6%) пациентов в группе был применён нативный метод исследования (без контрастирования), к 69 (79,3%) применена методика контрастирования split-bolus, а к 5 (5,7%) – трёхфазная методика.

Всего было проанализировано 172 исследования. Протоколы оценивались на предмет пропуска травматической патологии или существенной с клинической точки зрения патологии нетравматического генеза (опухолевые образования, пневмония и т.д.).

На основании полученных данных о выявленной патологии был сформирован стандартизированный протокол по принципу чек-листа для работы с КТ всего тела при ТСТ. Второй этап исследования имел проспективный характер, где анализировались ошибки диагностики, но уже с использованием «чек-листа».

При проверке результатов в первой группе (без использования чек-листа) было обнаружено 30 ошибок диагностики у 24 человек, у 19 человек они являлись клинически значимыми. На область головного мозга приходилось 16,7% (n=5) ошибок, 33,3% (n=10) на позвоночник, 13,3% (n=4) на область органов грудной клетки, 16,7% (n=5) на область органов брюшной полости и 20,0% (n=6) на область таза и тазобедренных суставов

Во второй группе было обнаружено 10 ошибок диагностики у 7 человек, у 5 человек они являлись клинически значимыми. 20,0% (n=2) ошибок приходилось на позвоночник, 30,0% (n=3) на область грудной клетки, 30,0% (n=3) на область брюшной полости и 20,0% (n=2) на область таза и тазобедренных суставов.

Для оценки эффективности введённого чек-листа, было проведено аналитическое когортное исследование с исторической группой сравнения. Было доказано, что вероятность возникновения клинически значимой ошибки в группе исследований с чек-листом составила 22,4% CL95% (ДИ 14,2:35,0), а вероятность возникновения клинически значимой ошибки во второй группе составила 5,7% CL95% (ДИ 2,4:13,8). Относительный риск (во сколько раз снизилось количество ошибок) составил  $RR=3,89$  (CL95% 1,52:9,94). В свою очередь был проведён контрольный расчёт рисков возникновения клинически значимой диагностической ошибки в зависимости от применения чек-листа только среди пациентов с методикой split-bolus, где вероятность возникновения клинически значимой ошибки в группе без чек-листа составила 23,5% CL95% (ДИ 11,8:47,1), а вероятность возникновения клинически значимой ошибки в группе с чек-листом составила 7,1% CL95% (ДИ 3,0:17,2). Относительный риск составил  $RR=3,29$  CL95% (ДИ 1,16:9,32). Таким образом использование чек-листа в рабочей практике врача-рентгенолога более чем в 3 раза снижает вероятность возникновения ошибки диагностики как в группах с традиционными протоколами сканирования, так и среди методик split-bolus.

## ВЫВОДЫ

1. Разработанная и усовершенствованная методика МСКТ всего тела с использованием split-bolus протокола не снижает качество данных визуализации в диагностике травматических повреждений всех анатомических зон по сравнению с трехфазными протоколами сканирования.
2. Применение протокола «все тело» split-bolus является оптимальной методикой у пациентов с политравмой, при этом интенсивность контрастирования грудной и брюшной части аорты возрастает при использовании схемы контрастирования 80/70 мл по сравнению с протоколом 100/50 мл до 20% и 26%, соответственно. Статистически значимых различий в плотности контрастирования между протоколом split-bolus 80/70 мл и трехфазной методикой не выявлено.
3. Предложенный протокол МСКТ в режиме «все тело» с применением методики split-bolus до 2,2 раз снижает дозу ионизирующего излучения на пациента, по сравнению с многофазными протоколами сканирования.
4. МСКТ по методике «все тело» split-bolus в 1,7 раза быстрее, чем трёхфазная методика. То есть применение методики split-bolus показывает на 67% менее продолжительное время исследования по сравнению с трёхфазным протоколом.
5. Использование чек-листа в рабочей практике врача-рентгенолога более, чем в 3 раза снижает вероятность возникновения ошибки диагностики как в группах с трехфазными протоколами сканирования, так и среди методик split-bolus.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При тяжелой сочтенной травме обязательным этапом диагностики травматических повреждений у пострадавших в остром периоде политравмы должна быть проведена МСКТ в режиме «все тело» с применением методик split-bolus, так как это наиболее информативные и быстрые протоколы, позволяющий выявить характер, локализацию и объем всех повреждений.
2. Для уменьшения лучевой нагрузки и времени исследования по сравнению со стандартными трехфазными протоколами МСКТ пациентов с ТСТ следует проводить в режиме «все тело» с применением методик split-bolus.
3. Оптимальным последовательным болюсным введением йодконтрастного препарата для протокола «все тело» split-bolus является схема 80 мл и 70 мл, что позволяет улучшить интенсивность контрастирования артерий грудной и брюшной полости, без потери качества контрастирования венозной системы и паренхиматозных органов.
4. МСКТ «все тело» с применением методики split-bolus по схеме 80 мл и 70 мл следует проводить по следующему алгоритму:
  - первично проводить нативное исследование «голова+шея» с параметрами сканирования: напряжение на трубке (Tube voltage) - kV 100, ток на трубке (Tube current) - mA 320, коллимация (Collimation) - 64x0.6 mm, толщина среза (Slice thickness) – 1.2 mm, время вращения (Time of rotation) - 0,28.
  - нативное исследование органов грудной клетки и брюшной полости не проводится

- исследование сосудов головы и шеи, а также органов грудной клетки, брюшной полости и малого таза, проводить одновременно и с введением йодконтрастного препарата (объемом 150 мл) без проведения нативного исследования, с параметрами сканирования: напряжение на трубке (Tube voltage) - kV 120, ток на трубке (Tube current) - в зависимости от габаритов пациента, коллимация (Collimation) - 64x0.6 мм, толщина среза (Slice thickness) - 2.5 мм, время вращения (Time of rotation) - 0,28 с. Область сканирования начинать от височных костей (для захвата Виллизиева круга) и до уровня верхней трети бедренных костей, с полным захватом костей таза. Первая часть контрастного вещества вводится объемом 80 мл, со скоростью 1,6 мл/секунду. Далее следует фиксированная пауза 15 секунд, после которой вводят 70 мл контрастного вещества со скоростью 3,5-4,0 мл/с.

- отслеживание болюса (Bolus tracking) проводить, только после введения второго объема контрастного препарата, на нисходящей части грудной аорты, пороговые значения болюса (Threshold trigger) 100 HU.

5. Следует проводить последовательный анализ МСКТ-изображений в режиме «все тело» с использованием чек-листа и своевременным выделением наиболее критически витальнозначимых факторов у пациентов с ТСТ, для определения дальнейшей тактики лечения и ведения пострадавшего, а также с целью уменьшения диагностических ошибок.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ВНП – валовый национальный продукт

ДАП – диффузно-аксональное повреждение

ДИ – доверительный интервал

ДТП – дорожно-транспортное происшествие

ИВЛ – искусственная вентиляция легких

КАТ – кранио-абдоминальная травма

МРТ – магнитно-резонансная томография

МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография

РКТ – рентгеновская компьютерная томография

ТСТ – тяжелая сочетанная травма

УЗИ – ультразвуковое исследование

ШКГ – шкала комы Глазго

ЧМТ – черепно-мозговая травма

AIS (Abbreviated Index Severity) – сокращенная шкала оценки тяжести повреждений разработанная в Америке

ALARA (as low as reasonably achievable) – принцип рациональной минимизации дозы облучения

ATLS (Advanced Trauma Life Support) – протокол ведения пациентов с тяжелой сочетанной травмой

CCR (Canadian C-spine Rule) – канадский алгоритм определения травматического повреждения шейного отдела позвоночника

E-FAST (focused assessment with sonography for trauma) – протокол ультразвукового метода исследования пострадавшего с ТСТ.

HU – единицы Хаунсфилда.

ISS (Injury Severity Score) – шкала оценки тяжести повреждения разработанная в Америке

NEXUS (National Emergency X-Radiography Use Study) – исследование и критерии использования экстренной рентгенографии для оценки

травматического повреждения позвоночника.

RCR (The Royal College of Radiologists) – королевский колледж радиологов в Великобритании

WBCT – whole body computed tomography – мультиспиральная компьютерная томография в режиме все тело.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Агаджанян, В. В. Организационные проблемы оказания помощи пострадавшим с политравмами. // Политравма. 2012. №1. С. 5-9.
2. Агаджанян, В. В. Политравма / В. В. Агаджанян, А. А. Пронских, И. М. Устьянцева [и др.]. – Новосибирск: Наука, 2003. – 492 с.
3. Багненко С. Ф. Прогнозирование осложнений травматической болезни / С. Ф. Багненко, Ю. Б. Шапот, С. А. Селезнев [др.] // Скорая медицинская помощь. – 2008. – № 1. – С. 50–55.
4. Багненко С. Ф., Ермолов А. С., Стожаров В. В., Чикин А. Е. Основные принципы диагностики и лечения тяжелой сочетанной травмы. Скорая медицинская помощь. – 2008. – № 3. – 13-10 с.
5. Багненко, С. Ф. Совершенствование медицинской помощи пострадавшим при дорожно-транспортных повреждениях / С. Ф. Багненко, И. П. Миннуллин, А. Е. Чикин [др.] // Вестник Росздравнадзора. – 2013. – № 5. – С. 25–30.
6. Васильев, А. Ю. Лучевая диагностика политравмы // Вестник рентгенологии и радиологии. – 2010. – № 4. – С. 13–17.
7. Всемирная организация здравоохранения. Дорожно-транспортные травмы. Информационный бюллетень №358. Май 2017.
8. Гуманенко, Е. К. Военно-полевая хирургия. Учебник. 2–е изд., измен. и доп. / Е. К. Гуманенко. – М.: ГЭОТАР–Медиа, 2012. – 768 с.
9. Доровских Г.Н. Лучевая диагностика политравм. Дис. д-ра. мед. наук. 2014.
10. Доровских Г. Н. Лучевая диагностика и лечение политравмы согласно протоколам ATLS / Г. Н. Доровских, А. Ю. Горлина // Радиология–практика. – 2014. – № 5. – С. 73–81.
11. Доровских Г. Н. Сравнительный анализ чувствительности и специфичности различных методов лучевой диагностики при политравме. Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal).

2014;(4):24-28.

12. Доровских Г. Н., Деговцов Е. Н., Седельников С. С., Кожедуб С. А. // Комплексная диагностика повреждений органов брюшной полости при политравме. Радиология–практика. – 2013. – № 3.– С. 4–14.
13. Дубровин М. С., Копецкий И. С., Полунин В. С. Медико-социальная характеристика больных с повреждениями челюстно-лицевой области // Вестник Росздравнадзора. – 2013. – № 2.
14. Кавалерский Г. М., Гаркави А. В. Классификация политравм. Особенности клинического течения и диагностики // Медицина чрезвычайных ситуаций. Хирургия катастроф. — Москва: Медицинское информационное агентство, 2015. — С. 165. — 376 с.
15. Калиничев, А. Г. Тяжелая кранио-торакальная травма (диагностика и лечение на догоспитальном и раннем госпитальном этапах): автореф. дис... д-ра. мед. наук. – СПб, 2009. – 40 с.
16. Кармазановский Г. Г., Вилявин М. Ю., Никитаев Н. С. Компьютерная томография печени и желчных путей. М.: Медицина, 1997. С.140–145.
17. Кассар-Пулличино, В. Н. Спинальная травма в свете диагностических изображений / В. Н. Кассар–Пулличино, Х. Имхоф. Пер. с англ.; под общ. ред. проф. Ш. Ш. Шотемора. – М.: МЕДпресс-информ, 2009. – 264 с.
18. Корниенко В. Н., Пронин И. Н. Диагностическая нейрорадиология. Черепно-мозговая травма. 2006. – 885-893 с.
19. Корниенко В. Н., Пронин И. Н. Диагностическая нейрорадиология. Патология спинного мозга и позвоночника: – М., 2014. – Т. 5. – С. 67–146.
20. Лежнев, Д. А. Лучевая диагностика травматических повреждений челюстно-лицевой области: автореф. дис. д-ра. мед. наук – М., 2008.
21. Седельников С. С., 1, Доровских Г. Н. Мультисрезовая компьютерная томография всего тела как этап ранней диагностики политравмы (обзор литературы и собственный опыт использования). Радиология – практика

№5 2017, стр. 22-30.

22. Серова Н. С. Лучевая диагностика сочетанных повреждений костей лицевого черепа и структур орбиты: Дис. канд. мед. наук. – М., 2006.
23. Смоляр А. Н., Богницкая Т. В., Бармина Т. Г. Лучевая диагностика травматических забрюшинных кровоизлияний. «ТРАВМА 2017: Мультидисциплинарный подход», сборник тезисов, стр.118.
24. Терновой С.К., Сеницын В. Е. Лучевая диагностика и терапия: учебное пособие / – М.: ГЭОТАР -Медиа, 2010.
25. Тулупов А.Н., Бесаев Г.М., Синенченко Г.И., Дзодзуашвили К.К. // Тяжелая сочетанная травма груди и плечевого пояса. Материалы IV Международного конгресса «Актуальные направления современной кардио- торакальной хирургии». – Санкт-Петербург, 2014. – С.172-173
26. Трофимова Т. Н., Назинкина Ю. В., Доровских Г. Н. Лучевая диагностика черепно-мозговой травмы. Лучевая диагностика и терапия заболеваний головы и шеи: национальное руководство. Под ред. Т. Н. Трофимовой. – М., 2013.
27. Щедренко В.В., Яковенко И.В., Орлов С.В., Симонова И.А., Красношлык П.В., Могучая О.В. Результаты экспертизы качества медицинской помощи при сочетанной позвоночно-спинномозговой травме. Травматология И Ортопедия России. 2010;(1):102-105.
28. Щедренко В. В., Доровских Г. Н., Могучая О. В. и др. Клинико-лучевая диагностика изолированной и сочетанной черепно-мозговой травмы. 2012. С. 448.
29. Ackland HM, Cameron PA. Cervical spine clearance in trauma patients. *Indian J Neurotrauma*. 2012;9(2):79-84. doi:10.1016/j.ijnt.2012.11.004.
30. Allen TL, Mueller MT, Bonk RT, Harker CP, Duffy OH, Stevens MH. Computed tomographic scanning without oral contrast solution for blunt bowel and mesenteric injuries in abdominal trauma. *J Trauma* 2004;56(2):314–322.
31. Anderson SW et al. Sixty-four multi-detector row computed tomography in multitrauma patient imaging: early experience. *Curr Probl Diagn Radiol*.

- 2006 Sep-Oct; 35 (5): 188-98 3.
32. Aycock RD, Westafer LM, Boxen JL, Majlesi N, Schoenfeld EM, Bannuru RR. Acute Kidney Injury After Computed Tomography: A Meta-analysis. (2018) *Annals of emergency medicine.* 71 (1): 44-53.e4. doi:10.1016/j.annemergmed.2017.06.041 – Pubmed
  33. (Baker S. P. et al., 1974)
  34. Baek HJ, Kim DW, Ryu JH, Lee YJ. Identification of nasal bone fractures on conventional radiography and facial CT: comparison of the diagnostic accuracy in different imaging modalities and analysis of interobserver reliability. *Iran J Radiol.* 2013;10(3):140-147. doi:10.5812/iranjradiol.6353.
  35. Banerjee P. et al., 2013; Sierink J. C. et al., 2014 a–c
  36. Bayer, J. German trauma centers: level-dependent differences in polytrauma care regarding resources and diagnostic concepts / J. Bayer, G. Pache, T. O. Hammer [et al] // *Chirurg.* 2013. - Vol. 84, N 4. - P. 316-321.
  37. Beenen LF, Sierink JC, Kolkman S, Nio CY, Saltzherr TP, Dijkgraaf MG, Goslings JC. Split bolus technique in polytrauma: a prospective study on scan protocols for trauma analysis. *Acta Radiol.* 2015 Jul;56(7):873-80. doi: 10.1177/0284185114539319. Epub 2014 Jul 17.
  38. Bhattacharya B, Fieber J, Schuster K, Davis K, Maung A. “Occult” rib fractures diagnosed on computed tomography scan only are still a risk factor for solid organ injury. *J Emerg Trauma Shock.* 2015;8(3):140-143. doi:10.4103/0974-2700 .160706.
  39. Bode P. J., Edwards M. J. R., Kruit M. C., van Vugt A. B. Sonography in a clinical algorithm for early evaluation of 1671 patients with blunt abdominal trauma // *Am. J. of Roentgenol.* 1999. V. 172. № 4. P. 905–911.
  40. Bosmans JML, Weyler JJ, Schepper AM, Parizel PM. The radiology report as seen by radiologists and referring clinicians. Results of the COVER and ROVER surveys. *Radiology* (2011); 259: 184–195
  41. Bouillon B, Kanz KG, Lackner CK, Mutschler W, Sturm J (October 2004)
  42. Brady A.P. Error and discrepancy in radiology: inevitable or avoidable?

Insights Imaging (2017); 8:171–182

43. Bruno MA, Walker EA, Abujudeh HH Understanding and confronting our mistakes: the epidemiology of error in radiology and strategies for error reduction. *Radiographics* (2015); 35:1668–1676
44. Burris D., Rhee P., Kaufmann C., Pikoulis E., Austin B., Eror A., DeBraux S., Guzzi L., Leppaniemi A. Controlled resuscitation for uncontrolled hemorrhagic shock // *J. Trauma*. 2000. V. 46. № 2. P. 216–223.
45. Deunk J, Brink M, Dekker HM, Kool DR, Blickman JG, VanVugt AB, Edwards MJ. 2009. Routine versus selective computed tomography of the abdomen, pelvis, and lumbar spine in blunt trauma: a prospective evaluation. *Journal of Trauma* 66(4):1108–1117 DOI 10.1097/TA.0b013e31817e55c3.
46. Eastman AL1, Muraliraj V, Sperry JL, Minei JP. CTA-based screening reduces time to diagnosis and stroke rate in blunt cervical vascular injury. *Trauma*. 2009 Sep;67(3):551-6; discussion 555-6. doi: 10.1097/TA.0b013e3181b84408.
47. European Society of Urogenital Radiology / ESUR Guidelines on Contrast Agents.p.18. Available at: [http://www.esur.org/fileadmin/content/2019/ESUR\\_Guidelines\\_10.0\\_Final\\_Version.pdf](http://www.esur.org/fileadmin/content/2019/ESUR_Guidelines_10.0_Final_Version.pdf)
48. Friese RS. Malekzadeh S. Shafi S. Gentilello LM. Starr A. Abdominal ultrasound is an unreliable modality for the detection of hemoperitoneum in patients with pelvic fracture. *J Trauma* 2007; 63: 97 102.
49. Furlow B. Computed tomography imaging of traumatic brain injury. *Radiol Technol*. 2013;84(3):273CT-290CT.
50. Gunn ML. Imaging of aortic and branch vessel trauma. *Radiol Clin North Am*. 2012 Jan;50(1):85-103. doi: 10.1016/j.rcl.2011.08.002. Epub 2011 Oct 22.
51. Hamada et al. *Ann. Intensive Care* (2016) 6:62 DOI 10.1186/s13613-016-0166-0
52. Haynes A.B. et al. A surgical safety checklist to reduce morbidity and mortality in a global population. *New England J. of Medicine* 360 (2009); 491-

99

53. Heyer CM et al. Prospective randomized trial of a modified standard multislice CT protocol for the evaluation of multiple trauma patients. *Rofo* 2005 Feb; 177 (2): 242-9
54. Hoffman JR, Mower WR, Wolfson AB, et al. Validity of a set of clinical criteria to rule out injury to the cervical spine in patients with blunt trauma. National emergency x-radiography utilization group. *N Engl J Med* 2000;343:94e9.
55. Holloway B, Mathias H, Riley P. Imaging of thoracic trauma. *Trauma*. 2014;16(4):256-268. doi:10.1177/1460408614532050.
56. Huber-Wagner S, Lefering R, Qvick LM et al. Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicenter study. *Lancet*. 2009; 373:1455-1461
57. Ishak C, Kanth N. Bladder trauma: multidetector computed tomography cystography. *Emerg Radiol*. 2011;18(4):321-327. doi:10.1007/s10140-011-0947-6
58. James IA, Moukalled A, Yu E, et al. A systematic review of the need for MRI for the clearance of cervical spine injury in obtunded blunt trauma patients after normal cervical spine CT. *J Emerg Trauma Shock*. 2014;7(4):251-255. doi:10.4103/0974-2700.142611
59. Jeavons C, Hacking C, Beenen LF, Gunn ML A review of split-bolus single-pass CT in the assessment of trauma patients. *Emerg Radiol*. 2018 Aug;25(4):367-374. doi: 10.1007/s10140-018-1591-1. Epub 2018 Feb 24.
60. Jones RG. Interventional radiology in pelvic trauma. *Trauma*. 2011;13(2):155-161. doi:10.1177/1460408611399700.
61. Keller W. K. et al., 1971
62. Kleber C, Giesecke MT, Tsokos M, Haas NP, Buschmann CT. Trauma-related preventable deaths in Berlin 2010: need to change prehospital management strategies and trauma management education. *World J. Surg*. 2013;37(5):1154-1161. doi:10.1007/s00268-013-1964-2.

63. Lee CH, Haaland B, Earnest A, Tan CH. Use of positive oral contrast agents in abdominopelvic computed tomography for blunt abdominal injury: meta-analysis and systematic review. *Eur Radiol* 2013;23(9):2513–2521.
64. Leschka S., Alkadhi H., Boehm T. et al. Coronal ultra-thick multiplanar CT reconstructions (MPR) of the pelvis in the multiple trauma patient: an alternative for the initial conventional radiograph // *Rofo*. 2005. V. 177. P. 1405–1411.
65. Leung V, Sastry A, Woo TD, et al. Implementation of a split-bolus single-pass CT protocol at a UK major trauma centre to reduce excess radiation dose in trauma pan-CT. 2015 *Clin Radiol*.
66. Linsenmaier U et al. Whole-body computed tomography in polytrauma: techniques and management. *Eur Radiol*. 2002 Jul; 12 (7): 1728-40. Epub 2001 Dec 13
67. Loupatatzis C, Schindera S, Gralla J, Hoppe H, Bittner J, Schröder R, Srivastav S, Bonel HM. Whole-body computed tomography for multiple traumas using a triphasic injection protocol. *Eur Radiol*. 2008 Jun;18(6):1206-14. doi: 10.1007/s00330-008-0875-3. Epub 2008 Feb 13.
68. Malaki M, Mangat K. Hepatic and splenic trauma. *Trauma*. 2011;13(3):233-244. doi:10.1177/1460408611400972.
69. Marco Moschetta, Michele Telegrafo, Valeria Malagnino, Laura Mappa, Amato A Stabile Ianora, Dario Dabbicco, Antonio Margari, and Giuseppe Angelelli. Pancreatic trauma: The role of computed tomography for guiding therapeutic approach. *World J Radiol*. 2015 Nov 28; 7(11): 415–420.
70. Marincek B., Dondelinger R. F., 2007.
71. McDonald JS, McDonald RJ, Comin J, Williamson EE, Katzberg RW, Murad MH, Kallmes DF. Frequency of acute kidney injury following intravenous contrast medium administration: a systematic review and meta-analysis. (2013) *Radiology*. 267 (1): 119-28. doi:10.1148/radiol.12121460 - Pubmed
72. Mehrzad H, Jones RG, McCafferty IJ, Magnat K. Imaging in abdominal trauma. *Trauma*. 2014;16(4):269-278. doi:10.1177/1460408614548006.

73. Meilinger P.S. When the fortress wend down. *Air Force M.* 2005 Oct.; P. 78-82
74. Mohammadi A, Ghasemi-Rad M. Nasal bone fracture– ultrasonography or computed tomography? *Med Ultrason.* 2011;13(4):292-295.
75. National Center for Injury Prevention and Control, CDC using Web-based Injury Statistics Query Reporting System (WISQARS). Leading causes of death by age group united states (2014).
76. National Clinical Guideline Centre (UK). Major Trauma: Assessment and Initial Management. London: National Institute for Health and Care Excellence (UK); 2016 Feb. National Institute for Health and Care Excellence: Clinical Guidelines. PMID: 26913320 Bookshelf ID: NBK344252
77. Ordoñez C.A. et al. Computed tomography in hemodynamically unstable severely injured blunt and penetrating trauma patients. *J Trauma Acute Care Surg* 2016 Apr;80(4):597-602; discussion 602-3. PMID: 26808032. DOI: 10.1097/TA.0000000000000975.
78. Palm HG, et al. Changes in trauma management following the implementation of the whole-body computed tomography: a retrospective multi-centre study based on the trauma registry of the German Trauma Society (TraumaRegister DGU ®) PMID: 29101416 DOI: 10.1007/s00068-017-0870-y
79. Platzer P, Jaindl M, Thalhammer G, et al. Clearing the cervical spine in critically injured patients: a comprehensive C-spine protocol to avoid unnecessary delays in diagnosis. *EurSpine J* 2006;15(12):1801e10.
80. Reske SU, Braunschweig R, Reske AW et al. Whole-Body CT in Multiple Trauma Patients: Clinically Adapted Usage of Differently Weighted CT Protocols. *Fortschr Röntgenstr* 2018; 190: 1141 -1151.
81. Rieger M et al. Modern CT diagnosis of acute thoracic and abdominal trauma (Article in German). *Radiologe* 2002 Jul; 42 (7); 556-63
82. Roberts DJ, Chaubey VP, Zygun DA, Lorenzetti D, Faris PD, Ball CG, Kirkpatrick AW, James MT. Diagnostic accuracy of computed tomographic angiography for blunt cerebrovascular injury detection in trauma patients: a

- systematic review and meta-analysis. *Ann Surg.* 2013 Apr;257(4):621-32. doi: 10.1097/SLA.0b013e318288c514.
83. Sabzghabaei A, Shojaee M, Kariman H, Manouchehrifar M, Heydari K, Sohrabi S. Pan vs. Selective Computed Tomography Scans in Management of Multiple Trauma Patients;a Brief Report. 2017;5(1): e38.
  84. Salim A et al. Whole body imaging in blunt multisystem trauma patients without obvious signs of injury: results of a prospective study. *Arch Surg* 2006 May; 141 (5): 468-73; discussion 473-5
  85. Sampson MA et al. Computed tomography whole body imaging in multi-trauma: 7 years experience. *Clin Radiol.* 2006 Apr; 61 (4): 365-9
  86. Sekhon LH, Fehlings MG. Epidemiology, demographics, and pathophysiology of acute spinal cord injury. *Spine* 2001;26(Suppl 24):S2-12.
  87. Shahab Hajibandeh , Shahin Hajibandeh. Systematic review: effect of whole-body computed tomography on mortality in trauma patients. *J Inj Violence Res.* 2015 Jul; 7(2): 64-74. doi: 10.5249/jivr.v7i2.613
  88. Shenton A, Choudhary S. The emergency radiology of pelvic trauma. *Trauma.* 2014;16(4):279-291. doi:10.1177/1460 408614545955.
  89. Schicho A, Luerken L, Meier R, et al. Incidence of traumatic carotid and vertebral artery dissections: results of cervical vessel computed tomography angiogram as a mandatory scan component in severely injured patients. PMID: 29416344 PMCID: PMC5790094 DOI: 10.2147/TCRM.S148176
  90. Sierink J.C., Treskes K, Edwards M.JR, Beuker BJA, et al. Immediate Total-body CT scanning versus conventional imaging and selective CT scanning in severe trauma patients: a randomized ConTrolled Trial (reaCT-2 Trial). *Lancet* 2016 Aug 28;388(10045):673-83. Epub 2016 Jun 28.
  91. Sifaoui I, et al. Evaluation of unenhanced post-mortem computed tomography to detect chest injuries in violent death. *Diagn Interv Imaging.* 2017 May;98(5):393-400. doi: 10.1016/j.diii.2016.08.019. Epub 2017 Feb 17.
  92. Smart G.H. and Street R. *Who: the a method for hiring.* New York: Ballantine, 2008.; 208 p.

93. Stedman JM, Franklin JM, Nicholl H, Anderson EM, Moore NR. Splenic parenchymal heterogeneity at dual-bolus single-acquisition CT in polytrauma patients-6-months experience from Oxford, UK. *Emerg Radiol.* 2014 Jun;21(3):257-60. doi: 10.1007/s10140-013-1186-9. Epub 2014 Jan 9.
94. Stengel D, Ottersbach C, Matthes G, Weigeldt M, Grundei S, Rademacher G, Tittel A, Mutze S, Ekkernkamp A, Frank M, Schmucker U, Seifert J. Accuracy of single-pass whole-body computed tomography for detection of injuries in patients with major blunt trauma. *CMAJ.* 2012 May 15;184(8):869-76. doi: 10.1503/cmaj.111420. Epub 2012 Mar 5
95. Stiell IG, Wells GA, Vandemheen KL, et al. The Canadian C-spine rule for radiography in alert and stable trauma patients. *JAMA* 2001;286:1841e8.
96. Stuhlfaut JW, Soto JA, Lucey BC, et al. Blunt abdominal trauma: performance of CT without oral contrast material. *Radiology* 2004;233(3):689–694.
97. Tan LA, Kasliwal MK, Traynelis VC. Comparison of CT and MRI findings for cervical spine clearance in obtunded patients without high impact trauma. *Clin Neurol Neurosurg.* 2014; 120:23-26. doi: 10.1016/j.clineuro.2014.02.006.
98. Tayal VS, Nielsen A, Jones AE, Thomason MH, Kellam J, Norton HJ. Accuracy of trauma ultrasound in major pelvic injury. / *Trauma* 20 06ÿ6 1: 1453-1457.
99. Teasdale G, Jennett B (1974). “Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale”. *Lancet.* 2 (7872): 81—4.)
100. The Royal College of Radiologists. Paediatric trauma protocols. London: The Royal College of Radiologists, 2014. Ref No. BFCR(14)8 © The Royal College of Radiologists, August 2014.
101. Tsutsumi Y, et al. Whole-Body Computed Tomography During Initial Management and Mortality Among Adult Severe Blunt Trauma Patients: A Nationwide Cohort Study. PMID: 29959493 DOI: 10.1007/s00268-018-4732-5
102. Turkalj I, Petrović K, Stojanović S, Petrović D, Brakus A, Ristić J. Blunt chest

- trauma—an audit of injuries diagnosed by the MDCT examination. *Vojnosanit Pregl.* 2014;71(2): 161-166. doi:10.2298/VSP1402161T.
103. Varnamkhasti M, Thomas A. Brain and facial trauma: a neuroradiology perspective. *Trauma.* 2011;13(4):317-333. doi:10.1177/1460408611405141.
  104. Vioque SM, Kim PK, McMaster J, et al. Classifying errors in preventable and potentially preventable trauma deaths: a 9-year review using the Joint Commission's standardized methodology. *Am J Surg.* 2014;208(2):187-194. doi:10.1016 /j.amjsurg.2014.02.006.
  105. Wani AA, Ramzan AU, Raina T, et al. Skull base fractures: an institutional experience with review of literature. *Indiana J Neurotrauma.* 2013;10:120-126. doi:10.1016/j.ijnt.2013 .05.009.
  106. Wedegartner U et al. Diagnostic imaging in polytrauma: comparison of radiation exposure from whole-body MSCT and conventional radiography with organ-specific CT. *Rofo* 2004 Jul; 176 (7): 1039-44
  107. Willis AP. Interventional radiology in renal trauma. *Trauma.* 2011;13(4):282-293. doi:10.1177/1460408611400802.
  108. Wongwaisayawan S, Suwannanon R, Kaewlai R. Imaging of cervicothoracic junction trauma. *Rep Med Imaging.* 2013;6:11-27. doi:10.2147/RMIS28865.
  109. World Health Organization ©. Global status report on road safety 2018. Geneva; 2018. P. 26
  110. World Health Organization ©. Patient safety. WHO Surgical Safety Checklist. 2009. Available at: <http://www.who.int/patientsafety/safesurgery/checklist/en/index.html>
  111. Yaniv G, Portnoy O, Simon D, Bader S, Konen E, Guranda L. Revised protocol for whole-body CT for multi-trauma patients applying triphasic injection followed by a single-pass scan on a 64-MDCT. *Clin Radiol.* 2013 Jul;68(7):668-75. doi: 10.1016/j.crad.2012.12.011. Epub 2013 Feb 28.
  112. Zilinskiene L, Idle MR, Colley S. Emergency radiology: maxillofacial and skull-base trauma. *Trauma.* 2014;16(4): 243-255. doi:10.1177/1460408614539619.