

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Москва – 2021

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

Научный руководитель:

академик РАН, доктор медицинских наук,
профессор

Терновой Сергей Константинович

Официальные оппоненты:

Нуднов Николай Васильевич – доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение "Российский научный центр рентгенорадиологии" Министерства здравоохранения Российской Федерации, заместитель директора по научной работе

Вишнякова Мария Валентиновна – доктор медицинских наук, профессор, Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Московской области «Московский областной научно-исследовательский клинический институт имени М.Ф. Владимирского», факультет усовершенствования врачей, кафедра лучевой диагностики, заведующая кафедрой

Ведущая организация:

Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы»

Защита состоится «15» сентября 2021 г. в 11.00 часов на заседании диссертационного совета ДСУ 208.001.06 при ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по адресу: 119435, г. Москва, ул. Большая Пироговская, д.6, стр. 1

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

Автореферат диссертации разослан « ___ » _____ 2021 года.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат медицинских наук



Павлова Ольга Юрьевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Травматизм, несмотря на развитие научно-технического прогресса и меры, направленные на его предотвращение, по-прежнему является серьезной проблемой мирового здравоохранения. В структуре смертности населения экономически развитых и развивающихся стран травматизм делит 3-е и 4-е место после сердечно-сосудистых заболеваний, злокачественных новообразований и болезней органов дыхания. Вследствие травм, в мире, ежегодно погибает 5 млн человек, у 70% из них причина смерти — политравма. Особенно критическим для демографического потенциала страны является то, что в трудоспособном контингенте эти поражения занимают первое место, являясь причиной смерти каждого второго мужчины и каждой третьей женщины данной возрастной категории. Эта проблема имеет высокую медицинскую и социальную значимость (стоимость медицинской помощи, высокие уровни смертности и инвалидности) и его экономический ущерб (потери вследствие утраты трудового потенциала общества).

Основным методом обследования пациентов с политравмой является МСКТ всего тела, так как методика позволяет получить быструю полную диагностику повреждений всех анатомических областей. В режиме «все тело» захватываются следующие анатомические зоны: голова, все отделы позвоночника, органы грудной клетки, брюшной полости и малого таза. При подозрении на разрывы паренхиматозных органов, пациенту внутривенно вводится контрастный йодсодержащий препарат. Однако единого мнения относительно стандартизированного протокола МСКТ «все тело» не было принято. Одним из недостатков МСКТ всего тела является относительно высокая лучевая нагрузка на пациента, которая варьируется от 35 до 49 мЗв. Также высокая смертность от травматизма связана с неполной диагностикой и отсутствием у специалистов достаточного количества информации о травмах пациентов. Отмечается неизбежность совершения ошибок диагностики в профессиональной деятельности, а снижение количества ошибочных заключений врачей-рентгенологов является важной задачей.

Таким образом, данная диссертационная работа направлена на совершенствование лучевой диагностики тяжелой сочетанной травмы путем использования методики МСКТ для определения оптимального протокола исследования в режиме «все тело» с применением методики split-bolus.

Степень разработанности темы исследования

Диссертационная работа выполнена на высоком методическом уровне. Достоверность результатов исследования доказывается представленным материалом. Полученные результаты основаны на достаточном объеме исследований: изучены и проанализированы 112 источников, из них 28 российских и 84 зарубежных.

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.

На всех этапах в процессе исследования были использованы общенаучные методы (синтез, анализ, индукция, дедукция, обобщение, сравнение, логический метод и т.д.), также статистические методы.

Выводы и предложения логично вытекают из содержания диссертации, отражают поставленные задачи, научно аргументированы и имеют научно – практическую значимость.

Первичная документация (протоколы исследований, опросники, компьютерные базы данных) проверена и соответствует материалам, включенным в диссертацию (акт проверки достоверности первичной документации №051/Р от 03 марта 2021 г.);

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 тяжелой сочетанной травмой.
2. Определить оптимальную методику введения йодсодержащего контрастного вещества при применении методики 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 и времени исследования 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, полученной пациентом, 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 80/70 мл и 100/50 мл, с целью диагностики травматических повреждений у пациентов с ТСТ.

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

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

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

Методология и методы исследования.

Представленная на защиту научно-исследовательская работа выполнена с соблюдением этических норм и принципов доказательной медицины.

Диссертационное исследование выполняли в несколько этапов. На первом этапе была изучена отечественная и зарубежная литература, посвященную данной проблеме (108 источников, из них 27 отечественных и 81 зарубежных).

На втором этапе были обследованы 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 у пациентов, прошедших МСКТ 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 не значительно 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.

Связь работы с научными программами, темами, планами

Представленная диссертационная работа выполнена в соответствии с научно-исследовательской программой на кафедре лучевой диагностики и лучевой терапии ИКМ им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по проблеме «Совершенствование профилактики, диагностики, лечения и реабилитации различных заболеваний на основе современных технологических решений» (государственная регистрация № 01201367943).

Внедрение полученных результатов исследования в клиническую практику

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; в учебно-педагогический процесс кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ИКМ им. Н.В. Склифосовского Сеченовского Университета (г. Москва).

Личный вклад автора

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 исследования с применением методики split-bolus у пациентов с политравмой. Также создан чек-лист исследования всего тела и внедрен в рабочую практику врача-рентгенолога. 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. Автором сформулированы практические рекомендации и выводы, проведены выступления на научно-практических конференциях, оформлены и опубликованы научные статьи, написана и оформлена диссертационная работа. При помощи специализированных статистических пакетов выполнен статистический анализ полученных данных.

Апробация результатов работы

Основные положения научно-исследовательской работы доложены на IX Всероссийском национальном конгрессе 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); Пленарном заседании Ассоциации рентген-радиологов Казахстана (14 марта 2019 г., Астана, Казахстан); «Мультимодальные подходы в диагностической визуализации» (16 марта 2019 г., Кыргызстан, Бишкек); Научно-практической конференции, посвященной 90-летию образования судебно-медицинской службы Республики Башкортостан «Актуальные вопросы черепно-мозговой травмы». (31 октября - 1 ноября 2019г., республика Башкортостан, Уфа); Межрегиональном научно-практическом симпозиуме «Актуальные вопросы организации и производства судебно-медицинской экспертизы». (19-20 декабря 2019 г., Суздаль). Форум онлайн-диагностика 3.0. (17-19 декабря 2020 г., Москва).

Апробация результатов диссертационного исследования была проведена на заседании кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ИКМ им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), протокол № 7 от 02.02.2021 г.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

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

Публикации

По результатам исследования автором опубликовано 3 работы, в том числе 3 статьи в журналах, включенных в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, все журналы входят в перечень изданий международной базы данных SCOPUS.

Объем и структура диссертации.

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.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Общая характеристика пациентов

В исследовании участвовало всего 172 пациента с ТСТ, поступивших в скоруюпомощной стационар с 01.05.2018 г. по 28.01.2019 г. Из них 30,8% (n=53) были женщины. Большую часть пострадавших 69,2% (n=119) составляли мужчины.

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).

Всего у пациентов было выявлено 351 травматическое повреждение различных анатомических областей, из них 82 (23%) приходилось на травмы головного мозга, 65 (19%) – травмы органов грудной клетки, 29 (8%) – травмы

органов брюшной полости, 32 (9%) – травмы малого таза, 75 (21%)– травмы конечностей и 68 (20%) – травмы позвоночника.

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 встречаются 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 встречаются пациенты с повреждением пяти областей (1,7% ДИ: 0,6% - 4,1%).

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).

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

В первую группу (32,6% случаев, n=56) вошли пострадавшие, к 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:

- 1) в 29,3% (n=34) с применением методики «все тело» split-bolus и последовательным введением болюсов объемом 100 мл и 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.

3) в 10,35% (n=12) у пострадавших применялась стандартная трёхфазная методика сканирования с единовременным болюсным введением контрастного вещества, объемом 100 мл.

Для оценки качества изображения и интенсивности контрастирования при различных методиках split-bolus и при трехфазном протоколе 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). Пример данного протокола показан на рисунке 1а, б.

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). Пример данного протокола показан на рисунке 1а, б.

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).

Методики исследования в режиме «все тело».

Методику бесконтрастного протокола «все-тело» выполняли на мультиспиральном компьютерном томографе Aquilion Prime (Toshiba). Исследование проводили в положении лежа на спине, при возможности голову фиксировали в специальной подголовной подставке, руки отводили за голову. При тяжелом состоянии пострадавшего МСКТ-исследование 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 ниже лобкового симфиза. Зона исследования составляла около 100 см.

Первым этапом проводили бесконтрастное исследование «голова + шея», далее следовало одномоментное исследование грудной клетки, брюшной полости и малого таза». Область исследования начинали от уровня тела С7 позвонка (с захватом ключиц) и до уровня верхней трети бедренных костей, с полным захватом костей таза. Параметры сканирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры исследования при бесконтрастном исследовании

	Голова + шея	ОГК+ОБП+Малый таз
напряжение на трубке	100 kV	120 kV
ток на трубке	320 mA	переменный
коллимация	64x0.5 mm	64x0.5 mm
толщина среза	1.2 mm	2.5 mm
время вращения	0.28 с	0.28 с

В разработанных методиках КТ – split-bolus всего тела по схемам 80/70 мл и 100/50 мл одномоментному исследованию грудной клетки, брюшной полости и малого таза предшествует первая часть болюса, а вторая, с задержкой по времени, вводится во время томографии. Такая схема позволяет получить единовременную качественную визуализацию артериальной и портальной фаз и, в части случаев, экскреторной фазы (рисунки 1,2).

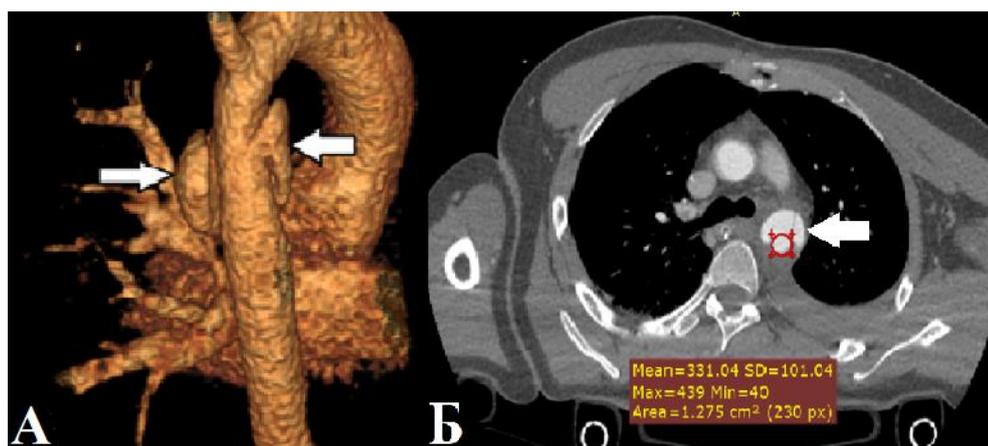


Рисунок 1 – Пациент Н., 35 лет, тяжелая сочетанная травма, полученная вследствие падения с высоты 7 этажа. МСКТ области грудной клетки и брюшной полости с применением методики split-bolus всего тела (по схеме 80/70 мл). (А) - 3D реконструкция, (Б) - аксиальная проекция. Определяется травматическая диссекция нисходящего отдела грудной аорты, с формированием интрамуральной гематомы (стрелки). Плотность контрастного вещества в аорте 331 НУ

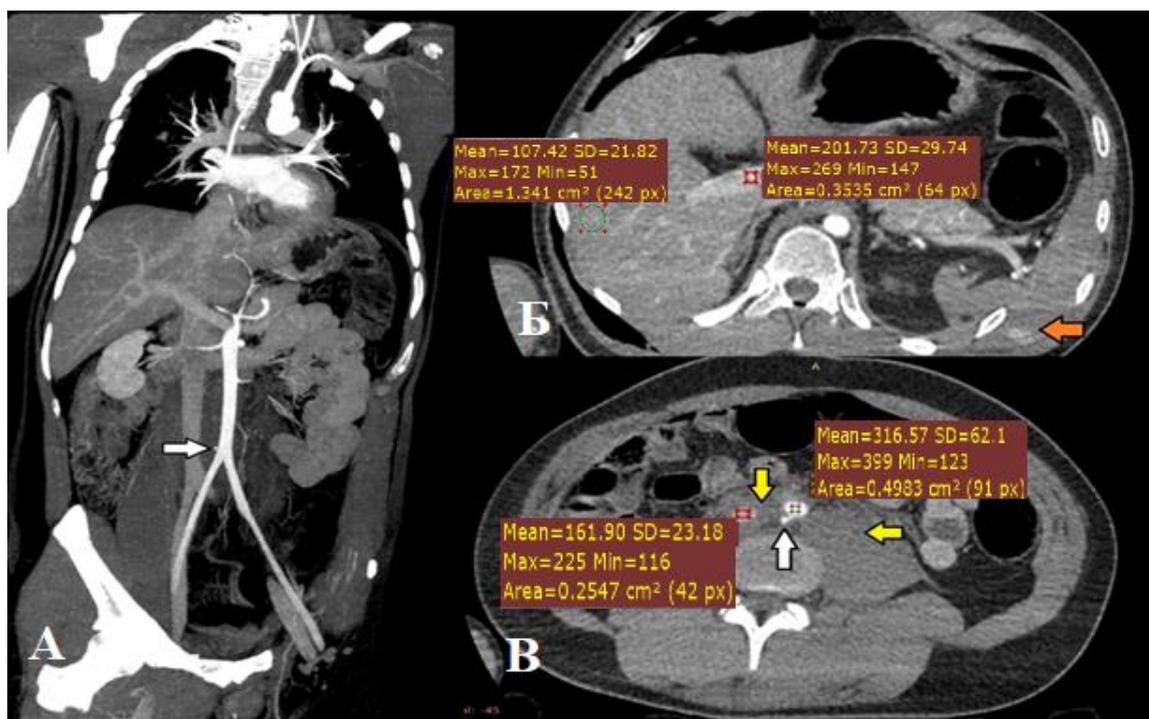


Рисунок 2 – Тот же пациент, что и на рисунке 1. МСКТ «все тело» с применением методики split-bolus всего тела по схеме 80/70 мл. (А) — фронтальная реконструкция, (Б и В) аксиальные срезы. Определяется разрыв селезенки (Б, оранжевая стрелка), участок разрыва задней стенки брюшного отдела аорты с экстравазацией контрастного вещества (А, В, белые стрелки), и формированием забрюшинной гематомы (В, желтые стрелки). Плотность контрастного вещества в брюшном отделе аорты 316 HU, в воротной вене 201 HU, в нижней полой вене 161 HU. Плотность контрастируемой паренхимы печени 107 HU

Методика «все тело» split-bolus выполнялась на мультиспиральном компьютерном томографе Aquilion Prime (Toshiba). Показание к исследованию, укладка пациента и параметры томографии были аналогичными с бесконтрастным протоколом. 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 применяли протокол «Whole Body Split-bolus». Разметка области исследования была аналогичная нативному протоколу исследования. Первично проводилось бесконтрастное 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, с параметрами сканирования аналогичными нативному протоколу. 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, со скоростью 3.5 мл/с (таблица 2). Отслеживание болюса (Bolus tracking) проводилось, только после введения второго объема контрастного препарата, на нисходящей части грудной аорты, пороговые значения болюса (Threshold trigger) 100 HU.

Таблица 2 – Схемы контрастирования при протоколах split-bolus 80/70мл и 100/50мл

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 или 80	1.6	15	50 или 70	3.5

Методика МСКТ всего тела с использованием трехфазного протокола выполнялась на мультиспиральном компьютерном томографе Aquilion Prime (Toshiba). Показания к введению контрастного препарата, укладка пациента,

параметры томографии были аналогичные, как и при проведении методики split-bolus.

На рабочей консоли томографа применяли протокол «Whole Body 3 Phase». Первично проводилось бесконтрастное исследование «голова + шея», бесконтрастное исследование единого блока «грудная клетка + брюшная полость + малый таз». 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 3). 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.

Таблица 3. Схема контрастирования при трехфазной методики

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

Использование чек-листа при интерпретации изображений «все тело».

Для уменьшения количества ошибок диагностики было решено предпринять исследование, при котором, на первом этапе ретроспективно были проанализированы исследования МСКТ по методике «все - тело» и соответствующие им протоколы врачей рентгенологов. Диагностические находки в МСКТ 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.

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 МСКТ всего тела при ТСТ. Второй этап исследования имел проспективный характер, где анализировались ошибки диагностики, но уже с использованием «чек-листа».

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.

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.

Во вторую группу пациентов с использованием чек-листа вошло 87 человек. Из них 60 (69,0%) мужчин и 27 (31,0%) женщин. Средний возраст в группе составил 38,9 (35,5;42,4) лет.

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.

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, средний возраст группы составил 40,3 года (ДИ 37,1;43,6).

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

В группу 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.

Время исследования.

Для сравнения времени МСКТ у пациентов методами split-bolus, трёхфазной методикой и нативным протоколом было измерено время прохождения исследования. 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 трёхфазное сканирование и 56 пациентов с применением нативного исследования.

Оценка качества и интенсивности контрастирования при различных протоколах.

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.

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 статически 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 отдельного болюса, эквивалентны стандартным многофазным протоколам, для диагностики травматических повреждений.

Лучевая нагрузка.

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 $(mGy_{cm} - mGy) * 0.0054$, для органов грудной клетки и органов брюшной полости с захватом малого таза $(mGy_{cm} - mGy) * 0.0081$.

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 трёхфазную 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.

Время 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 трёхфазную 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.

Снижение количества диагностических ошибок, при использовании чек-листа.

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.).

При проверке результатов в первой группе (без использования чек-листа) было обнаружено 30 ошибок диагностики у 24 человек, у 19 человек они были связаны с травмой. 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 были связаны с травмой. 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 ошибки в группе исследований с чек-листом составила 22,4% CL95% (ДИ 14,2:35,0), а вероятность возникновения 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 диагностической ошибки в зависимости от применения чек-листа только среди пациентов с методикой split-bolus, где вероятность возникновения

ошибки в группе без чек-листа составила 23,5% CL95% (ДИ11,8:47,1), а вероятность возникновения 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 методика МСКТ всего тела с использованием split-bolus протокола не снижает качество данных визуализации для диагностики 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 и 70 мл по сравнению с протоколом 100 и 50 мл, до 20% и 26% соответственно.
3. Предложенный протокол МСКТ в режиме «все тело» с применением методики split-bolus до 2.2 раз снижает дозу ионизирующего излучения на пациента и в 1,7 раза быстрее по сравнению с трёхфазными методиками исследования.
4. Использование чек-листа в 3,2 раза снижает вероятность возникновения ошибки диагностики как в группах с трехфазными протоколами, 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 МСКТ в режиме «все тело» с применением методики split-bolus, так

как это наиболее информативная и быстрая методика, позволяющая выявить характер, локализацию и объем всех повреждений.

2. Для уменьшения лучевой нагрузки и времени исследования по сравнению со стандартными трехфазными протоколами, МСКТ у пациентов с ТСТ следует проводить в режиме «все тело» с применением методики split-bolus.

3. Оптимальным последовательным болюсным введением йодконтрастного препарата, для протокола исследования «все тело» split-bolus является схема 80 и 70мл, что позволяет улучшить интенсивность контрастирования артерий грудной и брюшной полости, без потери качества контрастирования венозной системы и паренхиматозных органов.

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

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Душин Д.Ю., Терновой С.К., Буренчев Д.В. Особенности диагностики и проведения мультиспиральной компьютерной томографии в режиме «все тело» у пациентов с тяжелой сочетанной травмой. // **REJR. (Scopus)** – 2018. – 8(3) – С. 48-59.
2. Душин Д.Ю., Буренчев Д.В., Терновой С.К. Методика split – bolus при проведении мультиспиральной компьютерной томографии в режиме «все тело» у пациентов с тяжелой сочетанной травмой. // **REJR. (Scopus)** – 2019. – 9(2). – С. 295-300.
3. Душин Д.Ю., Буренчев Д.В., Терновой С.К., Гусева Е.Б. Эффективность контрольного диагностического списка (чек-лист) у пациентов с тяжелой сочетанной травмой при анализе КТ в режиме «все тело». // **REJR. (Scopus)** – 2020. – 10(2). – С. 116-121.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ДИ – доверительный интервал

МСКТ – мультисрезовая компьютерная томография

ТСТ – тяжелая сочетанная травма

HU – единицы Хаунсфилда.

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