

ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОЙ И МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ В СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ТРАВМЫ И СКОРОПОСТИЖНОЙ СМЕРТИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Л.С. Коков¹, А.Ф. Кинле², В.Е. Синицын³, Б.А. Филимонов¹

¹ Первый МГМУ им. И.М. Сеченова,

² Российская медицинская академия последилового образования,

³ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация

POSSIBILITIES OF COMPUTED TOMOGRAPHY AND MAGNETIC RESONANCE IMAGING IN FORENSIC MEDICAL EXAMINATION OF MECHANICAL TRAUMA AND SUDDEN DEATH (A LITERATURE REVIEW)

L.S. Kokov¹, A.F. Kinle², V.Y. Sinitsyn³, B.A. Filimonov¹

¹ I.M. Sechenov First Moscow State Medical University,

² Russian Medical Academy for Postgraduate Education,

³ M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

РЕЗЮМЕ

В обзоре проанализирована возможность использования мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ) в судебно-медицинской экспертизе трупов взрослых лиц. Представлен критический анализ литературы по проблеме посмертной визуализации с точки зрения судебно-медицинской танатологии. При подготовке обзора были использованы основные интернет-ресурсы: научная электронная библиотека (*elibrary*), *Scopus*, *PubMed*. В обзор включены статьи, в которых обсуждались как преимущества, так и ограничения посмертной МСКТ- и МРТ-визуализации в судебно-медицинской экспертизе трупа.

В ходе анализа доступной литературы авторы попытались ответить на два вопроса: 1) какой лучевой метод, МСКТ или МРТ, в большей степени подходит для целей судебно-медицинской экспертизы трупа; 2) сможет ли виртуальная аутопсия заменить традиционное вскрытие в ближайшей перспективе?

Выводы: для всестороннего исследования трупа часто требуются оба метода визуализации; в случаях смерти от механических повреждений диапазон возможностей МСКТ превышает МРТ; в настоящее время виртуальная аутопсия не может полностью заменить традиционное вскрытие в судебно-медицинской экспертизе, поскольку отсутствуют убедительные, основанные на принципах доказательной медицины, сравнительные исследования, а также правовая база использования метода.

Ключевые слова:

посмертная визуализация, виртуальная аутопсия, компьютерная томография трупа, магнитно-резонансная томография трупа.

ABSTRACT

The review analyzes the possibility of multislice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI) use in the forensic examination of corpses of adults. We present the critical analysis of literature on post-mortem imaging in terms of forensic thanatology. The review is based on basic Internet resources: Scientific Electronic Library (*elibrary*), *Scopus*, *PubMed*. The review includes articles that discuss both advantages and limitations of post-mortem MSCT and MRI imaging in forensic examination of the corpse.

Through studying the available literature, the authors attempted to answer two questions: 1) which method was more suitable for the purposes of forensic examination of the corpse - MSCT or MRI; 2) whether the virtual autopsy replaced the traditional autopsy in the near future?

Conclusion: comprehensive study of the corpse often requires both imaging methods; in cases of death under mechanical damage, MSCT exceeds the range of possibilities of MRI; today, virtual autopsy cannot completely replace traditional autopsy in forensic science, since there are no convincing evidence-based comparative studies, as well as the legal framework of the method.

Keywords:

post-mortem imaging, virtual autopsy, computed tomography of the corpse, magnetic resonance imaging of the corpse.

ДИ — доверительный интервал
ЖКТ — желудочно-кишечный тракт
ИБС — ишемическая болезнь сердца
КС — контрастное средство

КТ — компьютерная томография
МРТ — магнитно-резонансная томография
МСКТ — мультиспиральная компьютерная томография

ВВЕДЕНИЕ

Судебная медицина — достаточно консервативная область знаний во всех странах мира. В связи с этим, к внедрению новых методов исследования и документированию результатов их применения подходят очень серьезно, как сами судебно-медицинские эксперты, так и следственные органы и суды. Тем не менее в некоторых западных странах и в странах, где государственной религией является ислам, все большую популярность в качестве возможной альтернативы традиционному вскрытию трупа приобретает так называемая виртуальная аутопсия, т.е. исследование трупа с помощью компьютерной томографии (КТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ).

В судебно-медицинской экспертизе живых лиц визуализирующие методы исследования, в том числе КТ и МРТ, применяются достаточно давно, однако среди танатологов, несмотря на большие потенциальные возможности, объективность и достоверность, методы посмертной визуализации пока не получили признания. Тем не менее внедрение в клиническую практику в 1998 г. мультиспиральной КТ (МСКТ) с возможностью сверхбыстрого сканирования объекта и последующей мультипланарной и трехмерной реконструкцией не могло не заинтересовать судебно-медицинских экспертов.

Несмотря на то что основные преимущества МРТ, к которым относится, прежде всего, отсутствие ионизирующего излучения, реализованы в клинической медицине, данный метод визуализации представляет несомненный интерес и для судебно-медицинской экспертизы трупа.

МЕТОДЫ

При подготовке обзора были использованы следующие основные интернет-ресурсы: научная электронная библиотека (*elibrary*), *Scopus*, *PubMed*. Ключевые слова для поиска источников информации: посмертная визуализация, виртуальная аутопсия, компьютерная томография и магнитно-резонансная томография трупа, лучевые методы визуализации в судебно-медицинской экспертизе трупа. В обзор включены 40 статей, в которых обсуждались как преимущества, так и ограничения посмертной МСКТ- и МРТ-визуализации в судебно-медицинской экспертизе трупов взрослых. Работы, в которых рассматривались вопросы посмертной визуализации при патологоанатомическом исследовании, включались выборочно (только представляющие интерес для судебно-медицинских экспертов).

ПОСМЕРТНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ В СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ (ИССЛЕДОВАНИИ) ТРУПОВ ВЗРОСЛЫХ ЛИЦ

Впервые посмертная КТ проведена в 1977 г. по поводу огнестрельного ранения в голову, но из-за плохого качества изображения и большого количества артефактов особого интереса в среде судебно-медицинских экспертов исследование не вызвало [1]. Внедрение в практику спиральных компьютерных томографов в 1989 г. и появившаяся возможность многоплоскостных реконструкций также не изменили скептического отношения к методу [2]. Судебно-медицинских экспертов и криминалистов прежде всего интересовали (и продолжают интересоваться в настоящее время) сравнительные исследования КТ-аутопсии с традиционным вскрытием. Первое подобное исследование виртуальной и традиционной аутопсии трупов лиц, погибших

в результате механической травмы, проведено группой ученых из Израиля в 1994 г. [3]. Это небольшое, но крайне интересное сравнительное исследование также не вызвало широкого резонанса среди судебно-медицинских экспертов.

Параллельно с судебными медиками виртуальную аутопсию осваивали патологоанатомы — впервые посмертную МРТ всего тела провели в конце 90-х годов прошлого века для установления причин естественной смерти [4]. С тех пор виртуальная аутопсия в патологической анатомии продолжает активно развиваться.

Серьезный интерес судебных медиков и криминалистов к посмертным КТ- и МРТ-исследованиям появился только в начале XXI века, чему способствовал авторитет известного судебного медика, в то время директора Института судебной медицины Бернского университета, профессора Ричарда Дирнхофера (*Richard Dirnhofer*). Увлечшись идеей применения КТ и МРТ в судебной медицине, профессор *R. Dirnhofer* основал проект «Виртопсия» (от «*virtopsy*» — «виртуальный» + «вскрытие») [5]. С точки зрения проф. *R. Dirnhofer*, виртопсия полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к выводам судебно-медицинских экспертов, обеспечивая «полную и истинную картину исследуемого объекта» [6]. Проф. *R. Dirnhofer* особо подчеркивал тот факт, что трехмерные изображения позволяют наглядно иллюстрировать выводы эксперта, что очень важно для лиц, не имеющих медицинского образования и плохо понимающих сложные и подробные описательные части протоколов вскрытий, — сотрудников правоохранительных органов, адвокатов, судей и присяжных. Сразу же после основания проекта «Виртопсия» начались активные действия по внедрению метода в судебно-медицинскую практику [5], однако серьезные сравнительные исследования участники проекта не проводили.

Самое крупное на сегодняшний день сравнительное исследование результатов виртуальной и стандартной аутопсий выполнено группой британских ученых и опубликовано в журнале «*Lancet*» в 2012 г. [7]. В этом элегантно по дизайну исследовании представлены результаты виртуальных и традиционных вскрытий 182 лиц, скоропостижно умерших как вне больниц, так и в течение первых часов пребывания в клинике. Исследование проводили в двух центрах — в Манчестере и Оксфорде, с 2006 по 2008 г. Всем трупам проводили МСКТ и МРТ, а затем — традиционное вскрытие. Данные каждого КТ- и МРТ-исследования интерпретировали, независимо друг от друга, две пары рентгенологов (кроме четырех общих рентгенологов, в исследовании принимали участие в качестве консультантов два нейрорентгенолога и два специалиста по визуализации сердечно-сосудистой системы). Далее четверо общих рентгенологов оформляли коллегиальное заключение (консенсус) на основе КТ- и МРТ-данных о причине смерти, при этом они должны были отметить, в каких случаях, по их мнению, необходимо традиционное вскрытие.

При исследовании 182 трупов существенные расхождения рентгенологического и патологоанатомического диагнозов (табл. 1) составили: после КТ — 32% (95% ДИ 26–40), после МРТ — 43% (95% ДИ 36–50) и после консенсуса — 30% (95% ДИ 24–37). Важно, что частота расхождений при КТ-аутопсии была на 11% (95% ДИ 3–17) меньше, чем при использовании МРТ. При этом рентгенологи коллегиально высказали

мнение о том, что не было необходимости в традиционном вскрытии 62 трупов (34%; ДИ 28–41) после КТ-исследования, 76 трупов (42%; ДИ 35–49) — после МРТ и 88 трупов (48%; ДИ 41–56) — после консенсуса на основе данных КТ и МРТ. Для вышеуказанных серий исследований частота расхождения рентгенологических диагнозов с патологоанатомическим заключением составила 16% (95% ДИ 9–27) для КТ, 21% (95% ДИ 13–32) — для МРТ и 16% (95% ДИ 10–25) — для консенсуса, что оказалось статистически значимо ниже ($p < 0,0001$), чем в случаях, когда причина смерти устанавливалась только врачом-клиницистом до КТ/МРТ-исследования трупа. Наиболее частыми причинами расхождения были рентгенологические ошибки в выявлении в качестве причин смерти ишемической болезни сердца (ИБС) ($n=27$), тромбоэмболии легочной артерии ($n=11$), пневмонии ($n=13$) и интраабдоминальных патологических процессов ($n=16$).

Таблица 1

Основные расхождения в установлении причины смерти между классической и виртуальной аутопсией

	КТ	МРТ	Консенсус (КТ+МРТ)
Существенное расхождение рентгенологического диагноза с данными аутопсии, все случаи, %	32 (26–40)	43 (36–50)	30 (24–37)
Доля случаев с определенными рентгенологами причинами смерти, когда аутопсия, по их мнению, не требовалась, %	34 (28–41)	42 (35–49)	48 (41–56)
Существенное расхождение с данными аутопсии, когда рентгенологи были уверены в диагнозе, %	16 (9–27)	21 (13–32)	16 (10–25)
Существенное расхождение с данными аутопсии, когда рентгенологи не были уверены в диагнозе, %	41 (33–50)	59 (49–67)	44 (34–54)

Примечания:

В скобках указан доверительный интервал. КТ — компьютерная томография; МРТ — магнитно-резонансная томография

Авторы установили, что, по сравнению с традиционным вскрытием, КТ является более точным методом для установления причины смерти, чем МРТ. Авторы пришли к выводу, что наиболее распространенные причины внезапной смерти (ИБС, тромбоэмболия легочной артерии) часто не выявлялись с помощью посмертных КТ и МРТ. С их точки зрения, пока для устранения слабых сторон посмертной визуализации не будет найдено решение, можно с уверенностью прогнозировать систематические ошибки в определении причин смерти при попытках заменить традиционную аутопсию виртуальной.

ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ МЕТОДОВ ПОСМЕРТНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

МСКТ ТРУПА

Возможности МСКТ в судебно-медицинской экспертизе трупа:

- Выявление переломов костей, определение их характера, степени смещения отломков;
- визуализация повреждений головного мозга: оболочечных и внутримозговых гематом, очагов ушибов, отека и дислокации мозга;
- выявление свободного газа в полостях и в мягких тканях;
- выявление свободной жидкости в серозных полостях с определением ее локализации, объема и характера;
- выявление патологических изменений в легких и органах средостения;

— оценка структуры органов брюшной полости и забрюшинного пространства; определение их формы и положения, размеров и контуров, состояния паренхимы;

— выявление забрюшинной гематомы, ее локализации и объема.

Также к достоинствам МСКТ в судебно-медицинской экспертизе трупа относятся:

— высокая скорость исследования и, следовательно, пропускная способность аппарата, что позволяет проводить исследования трупов в случаях массовой гибели людей (транспортные и природные катастрофы, боевые условия, террористические акты и т.д.);

— возможность проведения скринингового КТ-исследования трупов в случаях скоростной смерти для решения вопроса о дальнейшей тактике.

Важно, что всеми основными рисками КТ, которые необходимо учитывать при исследовании живых лиц, — значительной лучевой нагрузкой, токсическим и аллергическим действием контрастных средств (КС), можно пренебречь.

Ограничения при использовании МСКТ в судебно-медицинском исследовании трупа:

— низкая эффективность метода в диагностике травмы полых органов желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), мочевыделительной системы и разрыва диафрагмы;

— отсутствие возможности контрастирования ЖКТ и мочевыделительного тракта;

— отсутствие возможности внутривенного контрастного усиления при исследовании паренхиматозных органов трупа;

— технические особенности (сложности) при контрастировании сосудистой системы [8, 9].

МРТ ТРУПА

Посмертная МРТ в судебно-медицинской экспертизе трупа обладает меньшими возможностями (по сравнению с МСКТ). Это связано прежде всего с тем, что чрезвычайно сильное магнитное поле способно вызвать смещение металлических объектов внутри тела. Кроме того, металлические инородные тела могут повредить дорогостоящий аппарат. Другие проблемы, которые могут ограничить использование метода в судебно-медицинской экспертизе трупа, — меньшие возможности в диагностике проявлений и осложнений механической травмы, более низкая пропускная способность МРТ, большая стоимость аппарата и технического обслуживания.

К преимуществам посмертной МРТ можно отнести лучшую визуализацию мягких тканей и паренхиматозных органов. Однако необходимо учитывать тот факт, что в сосудистой системе, полостях, мягких тканях и внутренних органах трупа во время гнилостной трансформации с образованием большого количества гнилостных газов меняется содержание протонов.

Облегчает посмертную визуализацию (МСКТ и МРТ) отсутствие артефактов от движения (сердечных сокращений, дыхательных движений, перистальтики и т.д.).

ВОЗМОЖНОСТИ ПОСМЕРТНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРИ СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКОМ ИССЛЕДОВАНИИ СКОРОПОСТИЖНОЙ СМЕРТИ ВЗРОСЛЫХ

Скоростная (внезапная) смерть — это смерть от скрыто протекающего заболевания, наступившая быстро и неожиданно для окружающих. Такая смерть

часто похожа на насильственную. Поэтому случаи скоропостижной смерти, которая наступает вне условий врачебного наблюдения, подлежат судебно-медицинской экспертизе [13].

В случаях внезапной смерти посмертная визуализация представляется крайне перспективным методом прежде всего в качестве метода выявления скрытых повреждений [5].

Посмертная МСКТ, возможно, более пригодна, чем МРТ для скрининга трупов на предмет установления естественной и насильственной смерти, поскольку дает возможность быстрого и безопасного, учитывая возможное наличие ферромагнитных инородных тел, исследования трупа. МСКТ помогает исключить скрытые травматические повреждения, что важно на этапе сортировки для решения вопроса — отказаться от вскрытия, направить труп на патологоанатомическое или судебно-медицинское вскрытие [5–7].

ВИРТУАЛЬНАЯ АУТОПСИЯ В ДИАГНОСТИКЕ ВНЕЗАПНОЙ СЕРДЕЧНОЙ СМЕРТИ

Наиболее частой причиной скоропостижной смерти в Российской Федерации являются сердечно-сосудистые заболевания — ИБС, артериальная гипертония и ее осложнения (мозговой инсульт, инфаркт миокарда), кардиомиопатии (особенно токсическая) и тромбоэмболия легочной артерии [10].

Стенозирующий атеросклероз венечных артерий является почти облигатным признаком внезапной сердечной смерти и встречается более чем у 90% внезапно умерших лиц с ИБС [11]. МСКТ позволяет отобразить сосуды без контрастного усиления, а также определить распространенность отложений кальция в стенках артерий [12], однако степень стеноза коронарной артерии может быть оценена только при КТ-коронарографии [9].

В опубликованной в 2014 г. работе *I.S. Roberts et al.* [13] продемонстрирована серия 120 случаев использования МСКТ при внезапной сердечной смерти взрослых. В 60 случаях КТ была дополнена коронарной ангиографией. После проведения КТ рентгенологи классифицировали свои выводы следующим образом: причина смерти определена (стандартное вскрытие не требуется), вероятно или не установлена. Причина смерти рентгенологами не была установлена только в 9% случаев. После проведения стандартного вскрытия были получены следующие результаты: во всех случаях, в которых после МСКТ причина смерти была определена, имело место совпадение результатов виртуального и стандартного вскрытия. В случаях вероятного результата МСКТ на процент правильных результатов в значительной мере повлияла ангиография: стандартного вскрытия могло бы не потребоваться в 38% случаев КТ без коронарной ангиографии и в 70% случаев — КТ с ангиографией. Интересно, что в 2 случаях КТ выявила травму скелета, пропущенную при стандартной аутопсии. Авторы статьи пришли к выводу: использование посмертной МСКТ с коронарной ангиографией может снизить на две трети количество стандартных вскрытий в случаях скоропостижной коронарной смерти. Кроме того, использование посмертной КТ может повысить качество общей диагностики, в частности, выявляя скрытые травматические повреждения.

Для визуализации зоны сформировавшегося инфаркта миокарда в большей степени подходит МРТ (рис. 1) [14].

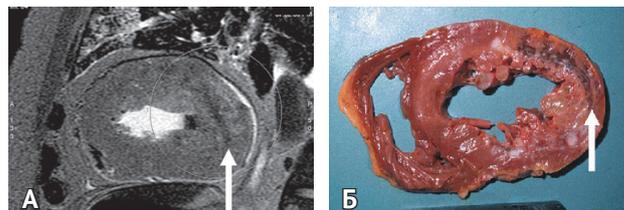


Рис. 1. Сравнение виртуальной и стандартной аутопсии в случае инфаркта миокарда: А — посмертная магнитно-резонансная томография сердца, T2-взвешенное изображение. Инфаркт миокарда. Стрелкой указана гипоинтенсивная зона в боковой стенке левого желудочка (зона некроза); Б — тот же случай. Макропрепарат сердца. Сердце вскрыто на том же уровне. Зона инфаркта указана стрелкой

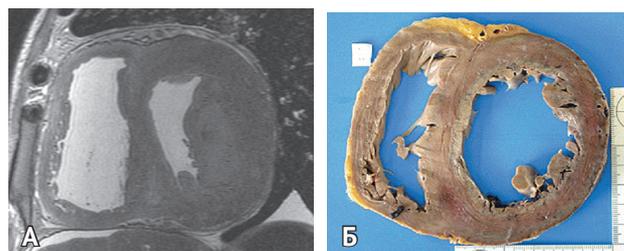


Рис. 2. Сравнение виртуальной и стандартной аутопсии в случае внезапной сердечной смерти: А — посмертная магнитно-резонансная томография сердца, T2-взвешенное изображение. Выраженная эксцентрическая гипертрофия миокарда обоих желудочков, больше левого; Б — тот же случай. Макропрепарат сердца. Сердце вскрыто на том же уровне. Масса сердца 1070 г

Начальные ишемические повреждения миокарда при МРТ, так же как при макроскопическом исследовании трупа, к сожалению, не визуализируются, тем не менее, МРТ превосходит МСКТ в данной ситуации [15, 16].

Посмертные МСКТ и МРТ сердца одинаково хорошо подходят в качестве инструментов визуализации увеличения камер сердца, гипертрофии миокарда (рис. 2), постинфарктного кардиосклероза и аневризм желудочка [15].

Размеры сердца, толщина миокарда желудочков, так же как и размеры паренхиматозных органов и их объем, при виртуальной аутопсии вычисляются очень точно. Более того, при МСКТ можно рассчитать и массу внутренних органов, для чего измеренный объем органа умножается на коэффициент плотности ткани органа, например, 1,05 г/мл для печени и селезенки [18].

КТ-аутопсия в большей степени, чем МРТ, подходит для обнаружения свежих кровоизлияний и кальциатов. С помощью посмертной МСКТ в большинстве случаев можно диагностировать атеросклеротическое поражение аорты и ее ветвей, аневризму аорты, в том числе расслаивающую. При КТ-аутопсии без контрастирования о разрыве аорты можно судить по косвенным признакам при обнаружении парааортальной гематомы, гемоперикарда, кровоизлияния в средостение или левостороннего гемоторакса [19]. Возможна визуализация тромбированного ложного просвета при расслаивающей аневризме аорты. Более полную информацию может дать посмертная КТ-ангиография.

ОСОБЕННОСТИ АНГИОГРАФИИ В СЛУЧАЯХ ПОСМЕРТНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

При МСКТ трупа ангиография может быть проведена за счет прямого контрастирования артерий крупного и среднего калибра. В связи с отсутствием кровообращения у трупа КС не покидает сосудистую систему, по этой причине количество контрастного препарата требуется меньше, чем живым пациентам. Также не стоит вопрос безопасности и переносимости КС, что позволяет использовать более дешевые препараты [20].

Дискуссионным остается вопрос о возможности использования КТ-ангиографии для посмертной диагностики тромбозов крупных вен и тромбоэмболии легочной артерии.

Технические проблемы при КТ-ангиографии трупа вызывают внутрисосудистые свертки крови и газ. Наличие в просвете артерий посмертных свертков крови затрудняет распределение КС по сосудистой системе, кроме того, их необходимо дифференцировать с тромбами [21]. Гнилостные изменения трупа достаточно рано (начиная со 2-х сут) приводят к образованию газа внутри сосудов, которые также становятся причиной артефактов [22]. Кроме того, быстро наступающие деструктивные изменения артерий брюшной полости приводят к тому, что стенки сосудов не выдерживают давления при нагнетании КС и рвутся, создавая ложную экстравазацию контраста [23].

Возможность получения при МРТ изображения сосудов без введения КС, трехмерный характер получения изображения, отсутствие артефактов от костных структур, хорошее контрастирование мягкотканых структур сделали метод крайне востребованным в клинической медицине для диагностики аневризм, разрывов и расслоений артерий, аномалий развития, стенозов и окклюзий [24]. Однако бесконтрастная МР-ангиография трупа имеет ряд принципиальных проблем: отсутствие кровообращения у трупа, длительность сканирования, высокая стоимость исследования. Тем не менее, в центрах, где используют и КТ- и МРТ-ангиографию трупа, оба метода нашли свое место [5, 6].

ВИРТУАЛЬНАЯ АУТОПСИЯ В ДИАГНОСТИКЕ ДРУГИХ ПРИЧИН СКОРОПОСТИЖНОЙ СМЕРТИ

В случаях скоропостижной смерти в результате геморрагического инсульта очаг кровоизлияния при МСКТ трупа визуализируется так же хорошо, как и в случаях КТ живых лиц. Внутримозговые опухоли и инфаркты головного мозга при МСКТ без контрастного усиления часто выглядят как изоденсные или гиподенсные участки и могут быть не диагностированы. Однако опухоли и ишемические очаги, приведшие к смерти, чаще всего сопровождаются выраженным масс-эффектом, который хорошо визуализируется при посмертной КТ. Небольшие очаги ишемического повреждения мозга и опухоли лучше выявляются при МРТ [4, 7].

Нетравматическое субарахноидальное кровоизлияние хорошо визуализируется при МСКТ трупа, хотя выявить основную причину спонтанного субарахноидального кровоизлияния — артериальную аневризму без посмертной церебральной ангиографии крайне сложно [20, 24].

В случаях скоропостижной смерти, особенно при патологии сердечно-сосудистой системы, прозектор наблюдает наличие отека легких. Посмертная визу-

ализация также дает возможность диагностирования этого состояния (рис. 3) [25].

ВОЗМОЖНОСТИ ПОСМЕРТНОЙ АУТОПСИИ В СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ

Механические повреждения могут причиняться тупыми предметами, острыми орудиями, огнестрельным оружием или взрывом. Наиболее часто в судебно-медицинской практике встречаются повреждения от действия тупых предметов [10].

КТ-МОРФОЛОГИЯ ПРИ ТРАВМЕ СКЕЛЕТА

В случаях травмы, причиненной тупыми твердыми предметами, посмертная МСКТ оказывает неоценимую услугу, позволяя визуализировать травматические повреждения скелета, особенно в трудных для анатомического исследования местах — основание черепа, лицевой скелет, шейный отдел позвоночника, дистальные отделы конечностей. МСКТ позволяет за короткий срок получить трехмерное изображение при повреждениях сложных костных образований, таких как череп (рис. 4), скелет грудной клетки, позвоночник и таз, что в значительной мере облегчает понимание механогенеза травмы.

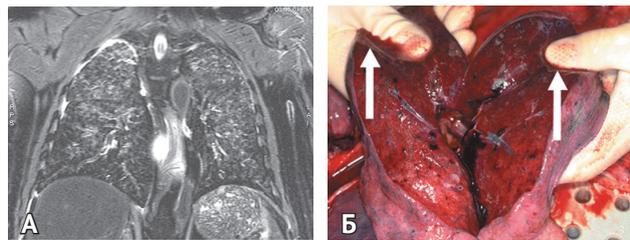


Рис. 3. Возможности посмертного МРТ в визуализации отека легких: А — посмертная МРТ, фронтальная плоскость. Т2-взвешенное изображение. В легких визуализируется сигнал повышенной интенсивности, вызванный наличием жидкости в интерстиции и альвеолах; Б — тот же случай. Макропрепарат. Отек легких. При надавливании с поверхности разрезов легких стекает большое количество серо-розовой пенистой жидкости и жидкой темно-красной крови (указано стрелками)

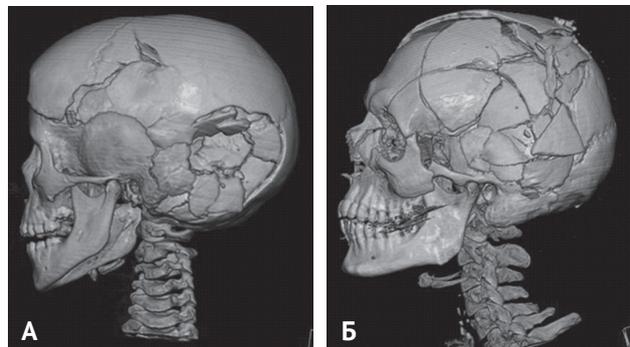


Рис. 4. МСКТ при различных повреждениях черепа, причиненных тупыми твердыми предметами, 3D-реконструкция: А — вдавленные переломы костей черепа, полученные в результате воздействия тупого твердого предмета (предметов) с ограниченной поверхностью; Б — многооскольчатый перелом костей черепа. Повреждение причинено тупым твердым предметом с преобладающей поверхностью (падение с высоты)

ЧЕРЕПНО-МОЗГОВАЯ ТРАВМА

При использовании МСКТ хорошо визуализируются все основные компоненты тяжелой черепно-мозговой травмы — повреждения костей черепа, очаги ушибов и кровоизлияния, внутричерепные гематомы, отек и дислокация головного мозга, пневмоцефалия [27].

Морфологическое проявление повышенного внутричерепного давления — вклинения головного мозга хорошо визуализируются как при посмертном КТ, так и МРТ [7].

При постмортальной МСКТ сложно визуализировать изоденсные субдуральные гематомы, а также небольшие внутримозговые геморрагии в белом веществе, характерные для диффузного аксонального повреждения. В этом случае ведущим методом следует признать МРТ [28].

Что касается травматического субарахноидального кровоизлияния в острой стадии, то, как и в случаях с живыми пострадавшими, свежая кровь в цистернах и субарахноидальных щелях хорошо визуализируется при МСКТ. Даже процессы гниения незначительно затрудняют КТ-диагностику субарахноидального кровоизлияния [22].

Визуализация подострых внутримозговых кровоизлияний и очагов ушиба возможна как при МСКТ, так и при МРТ (рис. 5).

ТРАВМА ГРУДНОЙ КЛЕТКИ

В случаях травмы грудной клетки МСКТ обладает безусловным преимуществом перед МРТ поскольку, по данным *I. Roberts et al.* [7], в 100% случаев выявляет пневмоторакс. При подозрении на пневмоторакс эксперт производит пробу, прокалывая плевральные полости под водой. Однако такой способ диагностики пневмоторакса носит исключительно качественный характер. МСКТ позволяет определить количество воздуха в плевральной полости и степень смещения органов средостения при напряженном пневмотораксе, что невозможно сделать во время традиционного вскрытия. МСКТ имеет преимущество перед традиционным вскрытием, позволяя визуализировать даже минимальную эмфизему мягких тканей (рис. 6) и средостения [29].

При МСКТ трупа хорошо визуализируются ушибы и гематомы легкого, разрывы легочной ткани и бронхов. МСКТ позволяет выявлять кровоизлияния в средостение, а также травматические разрывы аорты (без контрастирования — по косвенным признакам). Для топической диагностики разрыва аорты и ее ветвей, легочной артерии, крупных вен необходима посмертная ангиография [30]. Многоплоскостная реконструкция при МСКТ в ряде случаев позволяет визуализировать травматический разрыв диафрагмы [31].

Посмертная МСКТ в режиме трехмерной реконструкции может помочь в определении направления воздействующей силы при тупой травме (рис. 7), что крайне важно для целей судебно-медицинской экспертизы.

Посмертная визуализация оказывает неоценимую услугу в случаях судебно-медицинской экспертизы трупа человека, погибшего в результате механической травмы, позволяя доказать приживленность травмы.

Например, в случаях массивной кровопотери в результате наружного кровотечения судебно-медицинский эксперт может судить о количестве излившейся крови только по косвенным признакам. Посмертная

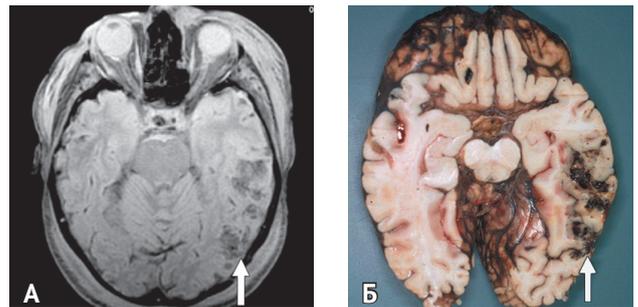


Рис. 5. Внутримозговые кровоизлияния: А — посмертная МРТ головного мозга. Т2-взвешенное изображение. Стрелкой указано кровоизлияние в задних отделах левой височной доли; Б — тот же случай. Макропрепарат. Головной мозг фиксирован формалином. Видны кровоизлияния преимущественно в коре (указаны стрелкой) и в подкорковом белом веществе левой височной доли



Рис. 6. Посмертная мультиспиральная компьютерная томография. Смерть в результате дорожно-транспортного происшествия. При компьютерной томографии верхних отделов брюшной полости хорошо видна эмфизема мягких тканей (указана стрелками). Большое количество воздуха в мягких тканях (под кожей, между мышцами) свидетельствует о том, что пострадавший дышал в течение некоторого времени после травмы (признак приживленности травмы)

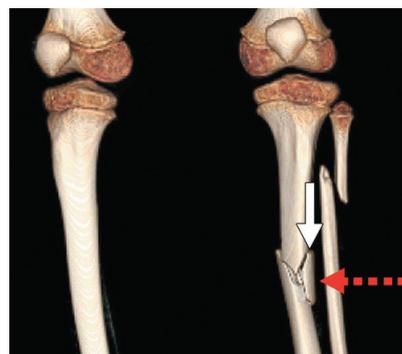


Рис. 7. Мультиспиральная компьютерная томография в режиме трехмерной реконструкции в определении направления травмирующего воздействия. Мультиспиральная компьютерная томография костей левой голени, 3D-реконструкция. Пешеход был сбит автомобилем. Локальный оскольчатый перелом (клиновидный осколок указан белой стрелкой) диафиза левой большеберцовой кости от поперечного воздействия. Красной стрелкой показано направление травмирующего воздействия. Конструкционный перелом диафиза левой малоберцовой кости

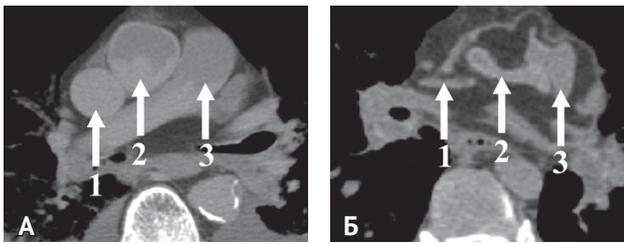


Рис. 8. Посмертная мультиспиральная компьютерная томография сердца и крупных сосудов грудной полости: А — смерть в результате тяжелой закрытой черепно-мозговой травмы, кровопотеря отсутствует. Срез на уровне правой легочной артерии. Нормальные размеры сосудов; Б — смерть в результате массивной кровопотери (травма сосудов шеи). Срез на уровне правой легочной артерии. Спавшиеся сосуды. 1 — верхняя полая вена, 2 — восходящая аорта, 3 — основной ствол легочной артерии

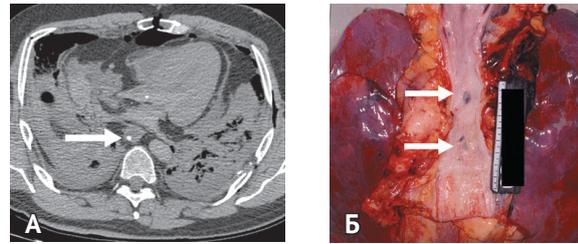


Рис. 9. Аспирация инородных тел в пищевод: А — посмертная компьютерная томография грудной клетки. Инородные тела в средней и нижней трети пищевода (указаны стрелкой). Наличие инородного тела на этом уровне говорит о перистальтике пищевода после причинения травмы (признак приживленности); Б — тот же случай. Макропрепарат. Просвет пищевода вскрыт. Стрелками показаны осколки лобового стекла автомобиля

МСКТ дает возможность объективизировать величину кровопотери путем измерения поперечного сечения крупных сосудов (рис. 8) [30].

Посмертная МСКТ позволяет выявить и другие признаки приживленности травмы, в частности, аспирированные инородные тела и кровь в дыхательных путях и пищеводе (рис. 9).

ВОЗМОЖНОСТИ ПОСМЕРТНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ, ПРИЧИНЯЕМЫХ ОСТРЫМИ ПРЕДМЕТАМИ

МСКТ можно использовать в случаях колотых и колото-резаных ранений. Метод позволяет визуализировать раневую канал, обнаружить колющие предметы и их отломки, дифференцировать колотые и огнестрельные ранения. Визуализацию раневого канала улучшает газ, который попадает в мягкие ткани из окружающей среды или из органа, его содержащего (легкого или кишки) [25, 29].

МСКТ дает возможность построения трехмерных реконструкций раневых каналов.

МРТ в ряде случаев (при исключении наличия металлических инородных тел в трупe) может помочь в определении хода, направления и длины раневого канала (рис. 10).

МСКТ дает возможность выявить воздушную эмболию. Проведение пробы на воздушную эмболию является обязательным при подозрении на криминальный аборт, повреждение сердца, легких, крупных кровеносных сосудов и в случаях, когда наступлению смерти предшествовало медицинское вмешательство. Судебно-медицинский эксперт при подозрении на воздушную (газовую) эмболию должен произвести пробу, прокалывая желудочки сердца под водой [10, 11]. При посмертной МСКТ вероятность диагностики воздушной эмболии намного выше, чем при традиционном вскрытии трупа. Кроме того, посмертная МСКТ позволяет провести трехмерную визуализацию эмболизированных сосудов с количественной оценкой объема газа, что совершенно невозможно при традиционном вскрытии трупа (рис. 11) [32].

ВОЗМОЖНОСТИ ПОСМЕРТНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В СРАВНЕНИИ С ТРАДИЦИОННЫМ ВСКРЫТИЕМ ПРИ СМЕРТИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОГНЕСТРЕЛЬНОЙ ТРАВМЫ

Важность рентгеновского исследования трупа при огнестрельных ранениях никогда не вызывала сомнений. Проблема заключалась в том, что при стандартной рентгенографии инородные тела, в том числе

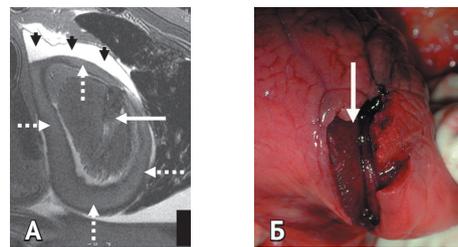


Рис. 10. Колото-резаное ранение в проекции сердца: А — посмертная магнитно-резонансная томография сердца, T2-взвешенное изображение. Гемотампонада сердца (пунктирными белыми стрелками указаны выпавшие в осадок форменные элементы крови, черными — сыворотка). Сплошная белая стрелка указывает область повреждения миокарда и ход раневого канала; Б — тот же случай. Макропрепарат. Проникающее в левый желудочек колото-резаное ранение (указано стрелкой)

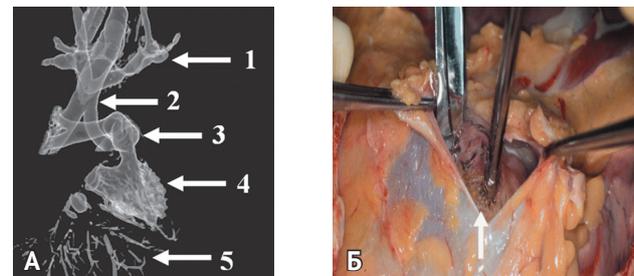


Рис. 11. Воздушная эмболия легочной артерии в результате резаной раны шеи: А — мультиспиральная компьютерная томография сердца и крупных сосудов. Трехмерная реконструкция (объемное изображение) показывает заполненные воздухом правый желудочек и легочную артерию. МСКТ-волюметрия рассчитала общий объем газа, равный 60 мл. Б — тот же случай. Вскрытие трупа. Выполнение пробы на воздушную эмболию. Стрелкой указаны пузырьки воздуха. При такой методике высказаться о распространенности воздушного эмбола и его объеме не представляется возможным. 1 — вены шеи; 2 — трахея; 3 — ствол легочной артерии; 4 — правый желудочек; 5 — печеночные вены

пули и осколки, ясно видимые на пленке, часто обнаруживались на вскрытии с большим трудом. МСКТ произвела революцию в диагностике огнестрельной травмы, предоставив возможность многоплоскостной

визуализации раневого канала (рис. 12) и его трехмерной реконструкции.

МСКТ дает возможность создать «виртуальный» слепок раневых каналов, как прямолинейных, так и криволинейных.

Артефакты от металла, которые затрудняли визуализацию структур, расположенных вблизи инородного тела, благодаря постоянному обновлению томографов и программного обеспечения, не так актуальны, как раньше [33–35].

МСКТ позволяет дифференцировать входное и выходное огнестрельное отверстия, особенно в плоских костях и в метаэпифизах трубчатых костей. Повреждая плоскую кость, снаряд формирует в ней сквозное отверстие в форме усеченного конуса, основание которого обращено в сторону направления движения снаряда, а меньший диаметр соответствует его калибру (рис. 13) [10, 33].

ВОЗМОЖНОСТИ ПОСМЕРТНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРИ РАССЛЕДОВАНИИ ОСЛОЖНЕНИЙ МЕДИЦИНСКИХ МАНИПУЛЯЦИЙ

Посмертная визуализация может помочь в диагностике хирургических и манипуляционных ятрогенных травм, в частности в установлении позиции катетеров, дренажей, стентов и других медицинских инородных тел (рис. 14).

ОБСУЖДЕНИЕ

На основе данных литературы можно выделить как преимущества, так и недостатки виртуальной аутопсии по сравнению с традиционным вскрытием в судебно-медицинской экспертизе трупов взрослых.

ПРЕИМУЩЕСТВА ВИРТУАЛЬНОЙ АУТОПСИИ:

1. Сохранение тела покойного, что крайне важно для представителей многих религий и общин (мусульман, иудеев и др.). Данный пункт поставлен первым, поскольку именно негативное отношение родственников умерших к традиционному вскрытию во многих странах мира стало мощным побудительным мотивом к исследованиям в области посмертной визуализации [36].

2. При виртуальной аутопсии возможна визуализация, в том числе объемная, раневых каналов при огнестрельных, колотых, колото-резаных, рубленых и других ранениях. Возможность трехмерной реконструкции при посмертной МСКТ дает уникальную возможность использовать метод для решения вопросов медико-криминалистической идентификации орудия травмы и реконструкции обстоятельства происшествия при огнестрельной, тупой травме и повреждениях, причиняемых острыми предметами. При этом правоохранительные органы могут получить необходимую информацию очень быстро, что крайне важно для неотложных следственных действий [5, 36].

3. Посмертная визуализация имеет преимущество, давая возможность детального, быстрого и щадящего исследования областей тела, технически сложных для традиционного вскрытия: лицевой скелет, основание черепа, позвоночник, спинной мозг, кости таза, дистальные отделы конечностей [5–7, 17].

4. Посмертная визуализация может помочь в выявлении признаков прижизненности повреждений в случаях механической травмы [29, 30].

5. МСКТ и МРТ, являясь оператор-независимыми методами, дают возможность исключить человеческий

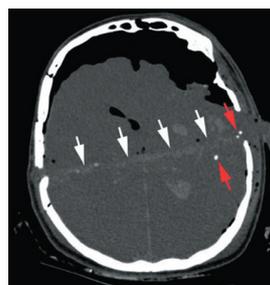


Рис. 12. Проникающее в полость черепа огнестрельное ранение. Мультиспиральная компьютерная томография головы трупа. Аксиальный срез. Сквозное огнестрельное ранение головы. Белыми стрелками указан раневой канал, красными — фрагменты пули. Выраженная пневмоцефалия

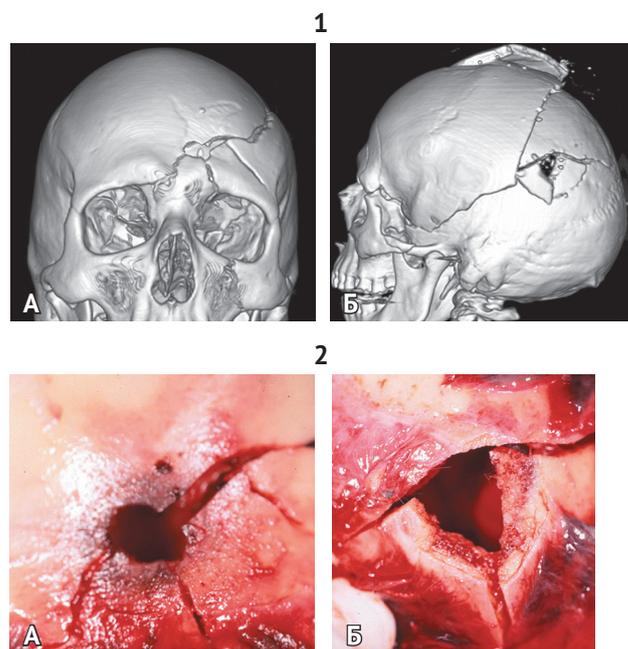


Рис. 13. Сравнение мультиспиральной компьютерной томографии (3D-реконструкция) (1) и традиционного вскрытия (морфологическое исследование) (2) при огнестрельном ранении в голову. А — входное отверстие в лобной кости; Б — выходное отверстие в теменной кости

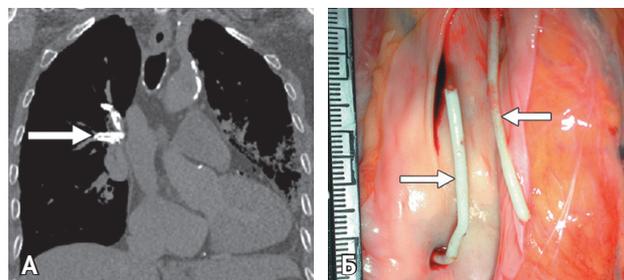


Рис. 14. Эмболия легочной артерии костным цементом (полиметилметакрилат) как осложнение вертебропластики: А — мультиспиральная компьютерная томография грудной клетки. Стрелкой указано инородное тело (костный цемент) в правой легочной артерии; Б — тот же случай. Аутопсия. Костный цемент в нижней полой вене (указан стрелками). Материал попал в нижнюю полой вену из поясничных вен во время вертебропластики

фактор в случаях невнимательных, спешных и технических неграмотных вскрытий трупов.

6. При виртуальной аутопсии отсутствует риск заражения персонала морга (врачей, лаборантов и санитаров) туберкулезом, гепатитом, ВИЧ и другими опасными инфекционными заболеваниями [5–7].

7. Посмертная визуализация предоставляет возможность быстрого и полного сбора данных по конкретному делу, а также обмен данными в рамках анализа схожих преступлений (серийные и множественные убийства, транспортные и техногенные катастрофы, теракты и т.д.) [37].

8. Данные виртуальной аутопсии могут храниться в цифровом формате, они доступны для дополнительной экспертизы после захоронения трупа или кремации. Их можно использовать для проведения комиссионных и комплексных судебно-медицинских экспертиз с участием различных специалистов, в том числе из разных регионов, а также для органов следствия, работников прокуратуры и суда [37].

НЕДОСТАТКИ ВИРТУАЛЬНОЙ АУТОПСИИ:

1. Отсутствует доказательная база эффективности виртуальной аутопсии по сравнению с традиционным вскрытием трупа. До настоящего времени не проведено ни одного проспективного многоцентрового рандомизированного исследования.

2. Правовая и нормативная база использования посмертной КТ-визуализации в судебно-медицинской экспертизе трупа в нашей стране находится только на стадии проработки [37].

3. Отсутствие возможности классического описания органов и тканей при внутреннем исследовании трупа: консистенции, выраженности анатомической структуры, цвета, кровенаполнения, массы, содержания полых органов.

4. Не разработана методика определения критериев давности и прижизненности повреждений, выявленных при виртуальной аутопсии.

5. Органы и ткани трупа для проведения токсикологического анализа или трансплантации все равно придется изымать путем вскрытия тела. Однако в этом случае можно ограничиться «минимально инвазивной аутопсией» [38].

6. Значительные затраты на покупку оборудования и его техническое обслуживание (особенно это касается МРТ), специальное помещение и персонал.

7. Технические сложности при исследовании трупов с большой массой и значительно увеличенных в объеме гнилостно измененных трупов.

8. Отсутствие соответствующих знаний и опыта у судебно-медицинских экспертов. Необходимость вводить в штат судебно-медицинских бюро подготовленных рентгенологов. Зарубежный опыт показывает, что судебно-медицинские эксперты самостоятельно не проводят виртуальную аутопсию, а сотрудничают с рентгенологами: эксперты ставят задачу, а рентгенологи составляют протоколы исследования. Интерпретируют полученные данные судебно-медицинский эксперт и рентгенолог совместно.

Вопрос о том, какой лучевой метод является методом выбора для целей судебно-медицинской экспертизы трупа, не столь очевиден, как может показаться [39]. МСКТ — метод выбора для поиска инородных тел, свежей крови, скоплений газа, а также исследования повреждений костных структур, т.е. наиболее

актуальной патологии для судебной медицины. С другой стороны, скоростная смерть еще долго будет оставаться в сфере интересов судебных медиков. В этом случае у МРТ по сравнению с МСКТ есть безусловные преимущества — лучшая визуализация мягких тканей и паренхиматозных органов. Теоретически для всестороннего исследования трупа часто требуются оба метода визуализации — МСКТ как первый этап, и МРТ — по показаниям [5, 39, 40]. Однако это сделает виртуальную аутопсию крайне дорогостоящей и трудно выполнимой технически процедурой.

Основные показания для МСКТ- и МРТ-исследований в судебно-медицинской экспертизе трупа взрослых мы свели в табл. 2 [5, 7, 9, 14, 21, 24, 28, 29–36].

Таблица 2

Возможности МСКТ и МРТ при визуализации наиболее распространенных в судебно-медицинской экспертизе трупа взрослых состояниях

Патология	МСКТ	МРТ
Огнестрельные и минно-взрывные ранения	+	–
Травмы скелета	+	–/+
Повреждения мягких тканей и суставов	–/+	+
Скопления газа: эмфизема мягких тканей и средостения, пневмоторакс, пневмоцефалия, пневмоперитонеум. Газовая эмболия.	+	–
Острые внутримозговые гематомы, ушиб-размозжение головного мозга	+	–/+
Диффузное аксональное повреждение мозга, ушибы головного мозга легкой и средней степени тяжести	–/+	+
Острое субарахноидальное кровоизлияние	+	–
Острый геморрагический инсульт	+	–/+
Ишемический инсульт, хроническая субдуральная гематома	+/-	+
Отек и дислокация головного мозга	+	+
ИБС: кальцинированные бляшки, стеноз коронарных артерий, визуализация тромба	+*	–/+
ИБС: зона ишемии, инфаркт миокарда	–	+
Гипертрофия миокарда и увеличение камер сердца, постинфарктный кардиосклероз, аневризма желудочка	+	+
Болезни миокарда: миокардиты, кардиомиопатии	–/+	+
Гемоперикард	+	+
Травматический разрыв, аневризма и расслоение аорты	+*	+/-
Тромбоз эмболия легочной артерии	+/-*	–
Гемоторакс, ушиб и разрыв легкого, разрыв бронха, аспирация инородного тела	+	–
Пневмония, плевральный выпот, респираторный дистресс-синдром, отек легких	+	–/+
Травма полых органов ЖКТ, разрывы диафрагмы	–/+	–/+
Травма печени, селезенки, почки, мочеточников и мочевого пузыря, поджелудочной железы, острый панкреатит	+*	+/-
Травма уретры, полового члена и органов мошонки, болезни и травмы матки с придатками	–/+	+
Спинальная травма: спинной мозг, межпозвоночные диски, позвоночный канал, мягкие ткани	–/+	+

Примечание: ЖКТ — желудочно-кишечный тракт; ИБС — ишемическая болезнь сердца; МРТ — магнитно-резонансная томография; МСКТ — мультиспиральная компьютерная томография.

+ — метод выбора;

+/- — метод подходит в большинстве случаев;

–/+ — возможности метода ограничены;

– — в большинстве случаев метод не подходит для визуализации;

* — с контрастированием

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа доступной литературы авторы пытались ответить на вопрос о том, какой лучевой

метод в наибольшей степени подходит для целей судебно-медицинской экспертизы трупа и может ли виртуальная аутопсия заменить традиционное вскрытие?

По-видимому, для всестороннего исследования трупа часто потребуются оба метода визуализации (КТ и МРТ), в случаях смерти от механических повреждений — предпочтительнее использовать МСКТ. Что касается ответа на второй вопрос — в настоящее время виртуальная аутопсия не может заменить традиционное вскрытие в судебно-медицинской экспертизе трупа, поскольку, во-первых, отсутствуют убедительные, основанные на принципах доказательной медицины, сравнительные исследования, во-вторых, отсутствует правовая база применения виртуальной аутопсии. Вероятно, в качестве первого этапа виртуальная аутопсия будет дополнять традиционное

вскрытие. Возможно, виртуальную аутопсию будут использовать в качестве скринингового исследования при скоростной смерти для решения вопроса о наличии скрытых механических повреждений.

Тем не менее, прогресс нельзя остановить. Рано или поздно проблема возможности использования виртуальной аутопсии в нашей стране потребует своего решения. Разумеется, в качестве дополнительного метода виртуальная аутопсия в полной мере имеет право на существование и в настоящее время. Тем не менее для того, чтобы ответить на главный вопрос — сможет ли виртуальное вскрытие заменить традиционное (которое в настоящее время является «золотым стандартом» в патологической анатомии и судебной медицине), необходимы серьезные проспективные многоцентровые рандомизированные исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wullenweber R., Schneider V., Grumme T. A computer-tomographical examination of cranial bullet wounds // *Z. Rechtsmed.* – 1977. – Vol. 80, N. 3. – P. 227–246.
2. Kalender W.A., Seissler W., Klotz E., Vock P. Spiral volumetric CT with single-breath-hold technique, continuous transport, and continuous scanner rotation // *Radiology.* – 1990. – Vol. 176. – P. 181–183.
3. Donchin Y., Rivkind A.I., Bar-Ziv J., et al. Utility of postmortem computed tomography in trauma victims // *J. Trauma.* – 1994. – Vol. 37, N. 4. – P. 552–555.
4. Patriquin L., Kassarian A., Barish M., et al. Postmortem whole-body magnetic resonance imaging as an adjunct to autopsy: preliminary clinical experience // *J. Magn. Reson. Imaging.* – 2001. – Vol. 13, N. 2. – P. 277–287.
5. Thali M.J., Yen K., Schweitzer W., et al. Virtopsy, a new imaging horizon in forensic pathology: virtual autopsy by postmortem multislice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI) — a feasibility study // *J. Forensic. Sci.* – 2003. – Vol. 48, N. 2. – P. 386–403.
6. Dirnhofer R., Schick P.J., Ranner G. Virtopsy — Obduktion neu in Bildern. — Wien, Austria: Manzsche Verlags- und Universitaetsbuchhandlung, 2010. ISBN 978-3-214-10191-6.
7. Roberts I., Benamore R.E., Benbow E.W., et al. Post-mortem imaging as an alternative to autopsy in the diagnosis of adult deaths: a validation study // *Lancet.* – 2012. – Vol. 379, N. 9811. – P. 136–142.
8. Ross S., Spendlove D., Bolliger S., et al. Postmortem whole-body CT angiography: evaluation of two contrast media solutions // *AJR Am. J. Roentgenol.* – 2008. – Vol. 190, N. 5. – P. 1380–1389.
9. Grabherr S., Djonov V., Yen K., et al. Postmortem angiography: review of former and current methods // *AJR Am. J. Roentgenol.* – 2007. – Vol. 188, N. 3. – P. 832–838.
10. Судебная медицина / судебно-медицинская экспертиза: национальное руководство / под ред. Ю.И. Пиголкина. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. — С. 664–679.
11. Руководство по судебной медицине / под ред. В.Н. Крюкова, И.В. Буромского. — М.: Норма, 2014. — С. 364–371.
12. Морозов С.П., Насникова И.Ю., Силицын В.Е. Мультиспиральная компьютерная томография / под ред. С.К. Тернового. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. — С. 9–11.
13. Roberts I.S., Traill Z.C. Minimally invasive autopsy employing post-mortem CT and targeted coronary angiography: evaluation of its application to a routine Coronial service // *Histopathology.* – 2014. – Vol. 64, N. 2. – P. 211–217.
14. Shiotani S., Yamazaki K., Kikuchi K., et al. Postmortem magnetic resonance imaging (PMRI) demonstration of reversible injury phase myocardium in a case of sudden death from acute coronary plaque change // *Radiat. Med.* – 2005. – Vol. 23, N. 8. – P. 563–565.
15. Jackowski C., Schweitzer W., Thali M., et al. Virtopsy: postmortem imaging of the human heart in situ using MSCT and MRI // *Forensic. Sci. Int.* – 2005. – Vol. 149, N. 1. – P. 11–23.
16. Jackowski C., Christe A., Sonnenschein M., et al. Postmortem enhanced magnetic resonance imaging of myocardial infarction in correlation to histological infarction age characterization // *Eur Heart J.* – 2006. – Vol. 27, N. 20. – P. 2459–2467.
17. Dirnhofer R., Jackowski C., Vock P. Virtopsy: Minimally Invasive, Imaging-guided Virtual Autopsy // *RadioGraphics.* – 2006. – Vol. 26, N. 5. — Режим доступа: <http://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/rg.265065001>
18. Jackowski C., Thali M., Buck U., et al. Noninvasive estimation of organ weights by postmortem MRI and MSCT imaging in consideration of intrahepatic gas due to putrefaction and air due to venous air embolism // *Invest. Radiol.* – 2006. – Vol. 41, N. 7. – P. 572–578.
19. Shiotani S., Watanabe K., Kohno M., et al. Postmortem computed tomographic (PMCT) findings of pericardial effusion due to acute aortic dissection // *Radiat. Med.* – 2004. – Vol. 22, N. 6. – P. 405–407.
20. Grabherr S., Djonov V., Friess A., et al. Postmortem angiography after vascular perfusion with diesel oil and a lipophilic contrast agent // *AJR Am. J. Roentgenol.* – 2006. – Vol. 187, N. 5. – P. W515–523.
21. Jackowski C., Thali M., Aghayev E., et al. Postmortem imaging of blood and its characteristics using MSCT and MRI // *Int. J. Legal. Med.* – 2006. – Vol. 120, N. 4. – P. 233–240.
22. Thali M.J., Yen K., Schweitzer W., et al. Into the decomposed body: forensic digital autopsy using multislice-computed tomography // *Forensic Sci. Int.* – 2003. – Vol. 134, N. 2–3. – P. 109–114.
23. Jackowski C., Sonnenschein M., Thali M.J., et al. Virtopsy: postmortem minimally invasive angiography using cross section techniques — implementation and preliminary results // *J. Forensic Sci.* – 2005. – Vol. 50, N. 5. – P. 1175–1186.
24. Лучевая диагностика болезней сердца и сосудов: нац. руководство / под ред. Л.С. Кокова. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. — С. 48–56.
25. Shiotani S., Kohno M., Ohashi N., et al. Non-traumatic postmortem computed tomographic (PMCT) findings of the lung // *Forensic Sci. Int.* – 2004. – Vol. 139. – P. 39–48.
26. Levy A.D. Postmortem radiology and imaging [Electronic resource] // *Medscape.* – 2012, update Jul 16. — Режим доступа: <http://emedicine.medscape.com/article/1785023-overview>
27. Jacobsen C., Schon C.A., Kneubuehl B., et al. Unusually extensive head trauma in a hydraulic elevator accident: post-mortem MSCT findings, autopsy results and scene reconstruction // *J. Forensic Leg. Med.* – 2008. – Vol. 15, N. 7. – P. 462–466. <http://emedicine.medscape.com/article/1785023-overview>
28. Yen K., Lövsblad K., Scheurer E., et al. Post-mortem forensic neuroimaging: correlation of MSCT and MRI findings with autopsy results // *Forensic. Sci. Int.* – 2007. – Vol. 173, N. 1. – P. 21–35
29. Aghayev E., Christe A., Sonnenschein M., et al. Postmortem imaging of blunt chest trauma using CT and MRI: comparison with autopsy // *J. Thorac. Imaging.* – 2008. – Vol. 23, N. 1. – P. 20–27.
30. Aghayev E., Sonnenschein M., Jackowski C., et al. Postmortem radiology of fatal hemorrhage: measurements of cross-sectional areas of major blood vessels and volumes of aorta and spleen on MDCT and volumes of heart chambers on MRI // *AJR Am. J. Roentgenol.* – 2006. – Vol. 187. – P. 209–215.
31. Christe A., Ross S., Oesterhelweg L., et al. Abdominal trauma — sensitivity and specificity of postmortem noncontrast imaging findings compared with autopsy findings // *J. Trauma.* – 2009. – Vol. 66, N. 5. – P. 1302–1307.
32. Jackowski C., Thali M., Sonnenschein M., et al. Visualization and quantification of air embolism structure by processing postmortem MSCT data // *J. Forensic. Sci.* – 2004. – Vol. 49, N. 6. – P. 1339–1342.
33. Levy A.D., Abbott R.M., Mallak C.T., et al. Virtual autopsy: preliminary experience in high-velocity gunshot wound victims // *Radiology.* – 2006. – Vol. 240, N. 2. – P. 522–528.
34. Madae B., Henssge C., Lockhoven H.B. Priority of multiple gunshot injuries of the skull // *Z. Rechtsmed.* – 1986. – Vol. 97, N. 3. – P. 213–218.
35. Andenmatten M.A., Thali M.J., Kneubuehl B.P., et al. Gunshot injuries detected by post-mortem multislice computed tomography (MSCT): a feasibility study // *Legal. Med. (Tokyo).* – 2008. – Vol. 10, N. 6. – P. 287–292.
36. Aghayev E., Staub L., Dirnhofer R., et al. Virtopsy — the concept of a centralized database in forensic medicine for analysis and comparison of radiological and autopsy data // *J. Forensic. Leg. Med.* – 2008. – Vol. 15, N. 3. – P. 135–140.
37. Дадабаев В.К., Стрелков А.А. Законодательная основа производства судебно-медицинской экспертизы и возможности применения рентгеновского метода компьютерной томографии (СКТ) в исследовании трупа // *Библиотека криминалиста. Научный журнал.* – 2014. — № 6. — С. 275–280.

38. Weustink A.C., Hunick M., van Dijke C.F., et al. Minimally invasive autopsy: an alternative to conventional autopsy // *Radiology*. – 2009. – Vol. 250, N. 3. – P. 897–904.
39. Beck J.J.W. What is the future of imaging in forensic practice? // *Radiography*. – 2011. – Vol. 17, N. 3. – P. 212–217

REFERENCES

1. Wullenweber R, Schneider V, Grumme T. A computer-tomographical examination of cranial bullet wounds. *Z Rechtsmed*. 1977; 80 (3): 227–246.
2. Kalender W.A., Seissler W., Klotz E., Vock P. Spiral volumetric CT with single-breath-hold technique, continuous transport, and continuous scanner rotation. *Radiology*. 1990; 176: 181–183.
3. Donchin Y., Rivkind A.I., Bar-Ziv J., et al. Utility of postmortem computed tomography in trauma victims. *J Trauma*. 1994; 37 (4): 552–555.
4. Patriquin L., Kassarian A., Barish M., et al. Postmortem whole-body magnetic resonance imaging as an adjunct to autopsy: preliminary clinical experience. *J Magn Reson Imaging*. 2001; 13 (2): 277–287.
5. Thali M.J., Yen K., Schweitzer W., et al. Virtopsy, a new imaging horizon in forensic pathology: virtual autopsy by postmortem multislice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI) – a feasibility study. *J Forensic Sci*. 2003; 48 (2): 386–403.
6. Dirnhofer R., Schick P.J., Ranner G. *Virtopsy – Obduktion neu in Bildern*. – Wien, Austria: Manzsche Verlags- und Universitaets buchhandlung, 2010. ISBN 978-3-214-10191-6.
7. Roberts I., Benamore R.E., Benbow E.W., et al. Post-mortem imaging as an alternative to autopsy in the diagnosis of adult deaths: a validation study. *Lancet*. 2012; 379 (9811): 136–142.
8. Ross S., Spendlove D., Bolliger S., et al. Postmortem whole-body CT angiography: evaluation of two contrast media solutions. *AJR Am J Roentgenol*. 2008; 190 (5): 1380–1389.
9. Grabherr S., Djonov V., Yen K., et al. Postmortem angiography: review of former and current methods. *AJR Am J Roentgenol*. 2007; 188 (3): 832–838.
10. Pigolkin Yu.I., ed. *Sudebnaya meditsina i sudebno-meditsinskaya ekspertiza: natsional'noe rukovodstvo* [Forensic medicine and forensic medical examination: national guideline]. Moscow: GEOTAR-Media Publ., 2014. 664–679. (In Russian)
11. Kryukov V.N., Buromskiy I.V., ed. *Rukovodstvo po sudebnoy meditsine* [Guide to forensic medicine]. Moscow: Norma Publ., 2014. 364–371. (In Russian)
12. Morozov S.P., Nasnikova I.Yu., Sinitsyn V. E., Ternovoy S.K., ed. *Mul'tispiral'naya komp'yuternaya tomografiya* [Multislice computed tomography]. Moscow: GEOTAR-Media Publ., 2009. 9–11. (In Russian)
13. Roberts I.S., Traill Z.C. Minimally invasive autopsy employing post-mortem CT and targeted coronary angiography: evaluation of its application to a routine Coronial service. *Histopathology*. 2014; 64 (2): 211–217.
14. Shiotani S., Yamazaki K., Kikuchi K., et al. Postmortem magnetic resonance imaging (PMRI) demonstration of reversible injury phase myocardium in a case of sudden death from acute coronary plaque change. *Radiat Med*. 2005; 23 (8): 565–565.
15. Jackowski C., Schweitzer W., Thali M., et al. Virtopsy: postmortem imaging of the human heart in situ using MSCT and MRI. *Forensic Sci Int*. 2005; 149 (1): 11–23.
16. Jackowski C., Christe A., Sonnenschein M., et al. Postmortem unenhanced magnetic resonance imaging of myocardial infarction in correlation to histological infarction age characterization. *Eur Heart J*. 2006; 27 (20): 2459–2467.
17. Dirnhofer R., Jackowski C., Vock P. Virtopsy: Minimally Invasive, Imaging-guided Virtual Autopsy. *Radio Graphics*. 2006; 26 (5). Available at: <http://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/rg.265065001>
18. Jackowski C., Thali M., Buck U., et al. Noninvasive estimation of organ weights by postmortem MRI and MSCT imaging in consideration of intrahepatic gas due to putrefaction and air due to venous air embolism. *Invest Radiol*. 2006; 41 (7): 572–578.
19. Shiotani S., Watanabe K., Kohno M., et al. Postmortem computed tomographic (PMCT) findings of pericardial effusion due to acute aortic dissection. *Radiat Med*. 2004; 22 (6): 405–407.
20. Grabherr S., Djonov V., Friess A., et al. Postmortem angiography after vascular perfusion with diesel oil and a lipophilic contrast agent. *AJR Am J Roentgenol*. 2006; 187 (5): 515–523.
21. Jackowski C., Thali M., Aghayev E., et al. Postmortem imaging of blood and its characteristics using MSCT and MRI. *Int J Legal Med*. 2006, 120 (4): 233–240.
22. Thali M.J., Yen K., Schweitzer W., et al. Into the decomposed body: forensic digital autopsy using multislice-computed tomography. *Forensic Sci Int*. 2003; 134 (2–3): 109–114.
23. Jackowski C., Sonnenschein M., Thali M.J., et al. Virtopsy: post-mortem minimally invasive angiography using cross section techniques—implementation and preliminary results. *J Forensic Sci*. 2005; 50 (5): 1175–1186.
24. Kokov L.S., ed. *Luchevaya diagnostika bolezney serdtsa i sosudov: nats. rukovodstvo* [Radial diagnostics of diseases of heart and vessels: national guideline]. Moscow: GEOTAR-Media Publ., 2011. 48–56. (In Russian)
25. Shiotani S., Kohno M., Ohashi N., et al. Non-traumatic postmortem computed tomographic (PMCT) findings of the lung. *Forensic Sci. Int*. 2004; 139: 39–48.
26. Levy A.D. Postmortem radiology and imaging. *Medscape*. 2012, update Jul 16. Available at: <http://emedicine.medscape.com/article/1785023-overview>
27. Jacobsen C., Schon C.A., Kneubuehl B., et al. Unusually extensive head trauma in a hydraulic elevator accident: post-mortem MSCT findings, autopsy results and scene reconstruction. *J Forensic Leg Med*. 2008; 15 (7): 462–466. Available at: <http://emedicine.medscape.com/article/1785023-overview>
28. Yen K., Lövlblad K., Scheurer E., et al. Post-mortem forensic neuroimaging: correlation of MSCT and MRI findings with autopsy results. *Forensic Sci Int*. 2007; 173 (1): 21–35.
29. Aghayev E., Christe A., Sonnenschein M., et al. Postmortem imaging of blunt chest trauma using CT and MRI: comparison with autopsy. *J Thorac Imaging*. 2008; 23 (1): 20–27.
30. Aghayev E., Sonnenschein M., Jackowski C., et al. Postmortem radiology of fatal hemorrhage: measurements of cross-sectional areas of major blood vessels and volumes of aorta and spleen on MDCT and volumes of heart chambers on MRI. *AJR Am J Roentgenol*. 2006; 187: 209–215.
31. Christe A., Ross S., Oesterhelweg L., et al. Abdominal trauma – sensitivity and specificity of postmortem noncontrast imaging findings compared with autopsy findings. *J Trauma*. 2009; 66 (5): 1302–1307.
32. Jackowski C., Thali M., Sonnenschein M., et al. Visualization and quantification of air embolism structure by processing postmortem MSCT data. *J Forensic Sci*. 2004; 49 (6): 1339–1342.
33. Levy A.D., Abbott R.M., Mallak C.T., et al. Virtual autopsy: preliminary experience in high-velocity gunshot wound victims. *Radiology*. 2006; 240 (2): 522–528.
34. Madea B., Henssge C., Lockhoven H.B. Priority of multiple gunshot injuries of the skull. *Z Rechtsmed*. 1986; 97 (3): 213–218.
35. Andenmatten M.A., Thali M.J., Kneubuehl B.P., et al. Gunshot injuries detected by post-mortem multislice computed tomography (MSCT): a feasibility study. *Legal. Med (Tokyo)*. 2008; 10 (6): 287–292.
36. Aghayev E., Staub L., Dirnhofer R., et al. Virtopsy – the concept of a centralized database in forensic medicine for analysis and comparison of radiological and autopsy data. *J Forensic Leg Med*. 2008; 15 (3): 135–140.
37. Dadabaev V.K., Strelkov A.A. *Zakonodatel'naya osnova proizvodstva sudebno-meditsinskoy ekspertizy i vozmozhnosti primeneniya rentgenovskogo metoda komp'yuternoy tomografii (SKT) v issledovanii trupa* [The legal basis of production for ensic sand applications of X-ray computerized tomography (CT) in the study of the corpse]. *Biblioteka kriminalista. Nauchnyy zhurnal*. 2014; 6: 275–280. (In Russian)
38. Weustink A.C., Hunick M., van Dijke C.F., et al. Minimally invasive autopsy: an alternative to conventional autopsy. *Radiology*. 2009; 250 (3): 897–904.
39. Beck, J.J.W. What is the future of imaging in forensic practice? *Radiography*. 2011; 17 (3): 212–217
40. Thali M.J., Braun M., Buck U., et al. Virtopsy – scientific documentation, reconstruction and animation in forensic: individual and real 3D data based geometric approach including optical body/object surface and radiological CT/MRI scanning. *J Forensic Sci*. 2005; 50 (2): 428–442.

Поступила 26.01.2015

Контактная информация:
Филимонов Борис Александрович,
 интерн кафедры лучевой диагностики Института
 профессионального образования Первого МГМУ
 им. И.М. Сеченова, Москва
 e-mail: filimonov@hrmp.ru