**Possibilities of computed tomography and magnetic resonance imaging in forensic medical examination of mechanical trauma and sudden death (A literature review)**

***LS Kokov*** ***1*** ***, AF Kinle*** ***2*** ***, VY Sinitsyn*** ***3*** ***, BA Filimonov*** ***1*** ***L.S. Kokov 1, A.F. Kinle 2, V.Y. Sinitsyn 3, B.A. Filimonov*** ***1***

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

**2** **Russian Medical Academy for Postgraduate Education,** **2** **Russian Medical Academy for Postgraduate Education,**

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

|  |  |
| --- | --- |
| **Abstract** **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. The review analyzes the possibility of multi-slice 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. 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 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.The review includes articles that discuss both advantages and limitations of post-mortem MSCT and MRI 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; 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) 2) whether the virtual autopsy replaced the traditional autopsy in the near future? whether the virtual autopsy replaced the traditional autopsy in the near future?  Conclusion: comprehensive study of the corpse often requires both imaging methods; 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; 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 compa rative studies, as well as the legal framework of the method.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 :** **Keywords:** | post-mortem imaging, virtual autopsy, computed tomography of the corpse, magnetic resonance imaging of the corpse. post-mortem imaging, virtual autopsy, computed tomography of the corpse, magnetic resonance imaging of the corpse. |

ДИКСCA — контрастное средство – contrast agent

КТCHD — ишемическая болезнь сердца – coronary heart disease

CI — доверительный интервал – confidence interval

CT — компьютерная томография – computed tomography

ЖКТGIT — желудочно-кишечный тракт – gastrointestinal tract ИБС

МРТMRI — магнитно-резонансная томография – magnetic resonance imaging

МСКТMSCT — мультиспиральная компьютерная томография – multi-slice computed tomography

**Введение** **Introduction**

Судебная медицина — достаточно консервативная область знаний во всех странах мира. Forensic medicine is a rather conservative area of expertise around the world. 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.In this regard, introduction of new methods of research and documentation of the results of its applications is seriously met by forensic and investigative agencies and the courts. 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. Nevertheless, in some Western countries and countries with Islam as a state religion, so-called virtual autopsy, i.e.исследование трупа с помощью компьютерной томографии (КТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ). cadaver study using computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI) is growing in popularity as a possible alternative to the traditional autopsy.

В судебно-медицинской экспертизе живых лиц визуализирующие методы исследования, в том числе КТ и МРТ, применяют достаточно давно, однако среди танатологов, несмотря на большие потенциальные возможности, объективность и достоверность, методы посмертной визуализации пока не получили признания. The forensic examination of living persons has been using imaging studies, including CT and MRI, for a long time, but among thanatologists, in spite of great possibilities, objectivity and reliability, post-mortem imaging techniques have not yet been recognized. 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. Nevertheless, introduction of multi-slice CT (MSCT) with the possibility of super-fast scan of the object and subsequent multiplanar and three-dimensional reconstruction into clinical practice in 1998 could not stay unattractive for forensic experts.

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. Despite the fact that the main advantages of MRI, which include the absence of ionizing radiation above all, are implemented in clinical medicine, this imaging technique is of considerable interest to forensic examination of the corpse.

**Методы** **Methods**

При подготовке обзора были использованы следующие основные интернет-ресурсы: научная электронная библиотека ( *elibrary* ), *Scopus* , *PubMed* . The review is based on the following basic Internet resources: Scientific Electronic Library *(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. Keywords for sourcing information: post-mortem visualization, virtual autopsy, computed tomography and magnetic resonance imaging of the corpse, radiologic imaging techniques in the forensic examination of the corpse. В обзор включены 40 статей, в которых обсуждались как преимущества, так и ограничения посмертной МСКТ- и МРТ-визуализации в судебно-медицинской экспертизе трупов взрослых.The review includes 40 articles that discusses both the advantages and limitations of post-mortem MSCT and MRI in forensic examination of corpses of adults.Работы, в которых рассматривались вопросы посмертной визуализации при патологоанатомическом исследовании, включались выборочно (только представляющие интерес для судебно-медицинских экспертов). Papers involving post-mortem imaging studies were included selectively (attractive for forensic experts).

**Посмертная визуализация в судебно-медицинской экспертизе (исследовании) трупов взрослых лиц** **PosT-MORTEM visualization in forensic science (STUDY) of CORPSES of adults**

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]. The first post-mortem CT was performed in 1977 about a gunshot wound of the head, however, it did not cause special interest among forensic investigation due to poor image quality and a large number of artifacts [1]. Внедрение в практику спиральных компьютерных томографов в 1989 г. и появившаяся возможность многоплоскостных реконструкций также не изменили скептического отношения к методу [2].The implementation of spiral tomographs into practice in 1989 and ability of multiplanar reconstructions did not eliminate skepticism about the method [2]. Судебно-медицинских экспертов и криминалистов прежде всего интересовали (и продолжают интересовать в настоящее время) сравнительные исследования КТ-аутопсии с традиционным вскрытием.Forensics and criminal experts were primarily interested in (and still do) comparative studies of CT autopsy with the traditional autopsy. Первое подобное исследование виртуальной и традиционной аутопсии трупов лиц, погибших в результате механической травмы, проведено группой ученых из Израиля в 1994 г. [3].In 1994, a team of scientists from Israel conducted first such study of virtual and traditional autopsy of corpses of victims, who died of mechanical trauma [3].Это небольшое, но крайне интересное сравнительное исследование также не вызвало широкого резонанса среди судебно-медицинских экспертов. This small but extremely interesting comparative study also did not cause a reaction among forensic experts.

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]. In parallel with the forensics, pathologists mastered virtual autopsy - the first post-mortem MRI of the whole body was performed in the end of the 90s of the last century to establish the causes of natural death [4]. С тех пор виртуальная аутопсия в патологической анатомии продолжает активно развиваться.The virtual autopsy in pathologic anatomy has been evolving so far.

Серьезный интерес судебных медиков и криминалистов к посмертным КТ- и МРТ-исследованиям появился только в начале ХXI века, чему способствовал авторитет известного судебного медика, в то время директора Института судебной медицины Бернского университета, профессора Ричарда Дирнхофера ( *Richard Dirnhofer* ). Serious interest among forensic criminologists for post-mortem CT and MRI studies appeared only in the beginning of the XXI century, initiated by the authority of the well-known forensic, professor Richard Dirnhofer,Увлекшись идеей применения КТ и МРТ в судебной медицине, профессор R. the director of the Institute of Forensic Medicine, University of Bern. Inspired by the idea of CT and MRI in forensic medicine, professor *R.Dirnhofer* основал проект «Виртопсия» (от “ *virtopsy* ” — «виртуальный» + «вскрытие») [5]. *Dirnhofer* founded the project "Virtopsy" (“virtual” + “autopsy”) [5]. According toС точки зрения проф. *R.*According professor *R.* *Dirnhofer* , виртопсия полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к выводам судебно-медицинских экспертов, обеспечивая «полную и истинную картину исследуемого объекта» [6].*Dirnhofer,* virtopsy fully meets the requirements for conclusions of forensic experts, providing a "true and fair view of the object" [6].Проф. *R.* Prof. *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,*Dirnhofer* had emphasized the fact that the three-dimensional images allowed visually illustrate the findings of the expert, which was very important for people who had no medical training and little understanding of the complex and detailed narratives of the autopsy report — сотрудников правоохранительных органов, адвокатов, судей и присяжных.— law enforcement officers, lawyers, judges and juries.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. Immediately after foundation of "Virtopsy" active steps to introduce the method in forensic practice were initiated [5], but serious comparative studies were not carried out by the project participants.

Самое крупное на сегодняшний день сравнительное исследование результатов виртуальной и стандартной аутопсий выполнено группой британских ученых и опубликовано в журнале « *Lancet* » в 2012 Today, the biggest comparative study of the results of the virtual and the standard autopsy was performed by a group of British scientists and published in the journal *«Lancet»* in 2012 г. [7][7]. В этом элегантном 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.This elegantly designed study presents the results of virtual and traditional autopsies of 182 individuals who died suddenly either out of hospitals or within the first few hours of stay in the clinic. Исследование проводили в двух центрахThe study was conducted at two centers — в Манчестере и Оксфорде, с 2006 по 2008 г. Всем трупам проводили МСКТ и МРТ, а затем — in Manchester and Oxford, from 2006 to 2008. All the corpses were undergone to MSCT and MRI, and then — традиционное вскрытие.the traditional autopsy. 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).The data of each CT and MRI study was read independently of each other by two pairs of radiologists (in addition to four general radiologists who took part in the study as advisors, two neuroradiologists and two specialists of the cardiovascular system imaging participated). Then,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.Then, four general radiologists made ​​out the peer opinion (consensus) based on CT and MRI findings on the cause of death, and they had to note which cases required the traditional autopsy.

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). The study of 182 corpses revealed significant differences between radiographic and pathologic diagnoses (Table. 1) as follows: after CT — 32% (95% CI 26-40), after MRI — 43% (95% CI 36-50), and after a consensus — in 30% (95% CI 24-37). Важно, что частота расхождений при КТ-аутопсии была на 11% (95% ДИ 3–17) меньше, чем при использовании МРТ.It is important that the frequency of differences in CT autopsy was 11% less (95% CI 3-17) than in MRI.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 Radiologists collectively expressed the view that there had been no need for the traditional autopsy of 62 cadavers (34% CI 28-41) after CT study, 76 cadavers (42% CI 35-49) — after MRI and in 88трупов (48%; ДИ 41–56) — после консенсуса на основе данных КТ и МРТ. cases (48% CI 41-56) after a consensus on the basis of CT and MRI.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. For the above-mentioned series of studies the frequency of differences between the pathologist’s report and radiological diagnosis was 16% (95% CI 9-27) for CT, 21% (95% CI 13-32) for MRI and 16% (95% CI 10-25) for the consensus, which was significantly lower *(p* <0.0001), than in cases where the cause of death was established only by a clinician before CT / MRI study of the corpse. 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).The most common reasons for the discrepancies were errors in the X-ray detection of coronary heart disease (CHD) *(n* = 27), pulmonary embolism *(n* = 11), pneumonia *(n* = 13) and intra-abdominal pathological processes *(n* = 16) as causes of death.

*Таблица 1* *Table 1*

**Основные расхождения в установлении причины смерти между классической и виртуальной аутопсией** **The main differences in ascertaining the cause of death between the traditional and the virtual autopsy**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | КТ CT | МРТ MRI | Консенсус (КТ+МРТ) Consensus (CT + MRI) |
| Существенное расхождение рентгено Significant differences between radioлогического диагноза с данными аутопсии, все случаи, logical diagnosis and autopsy data, all cases,% | 32 (26–40) 32 (26-40) | 43 (36–50) 43 (36-50) | 30 (24–37) 30 (24-37) |
| Доля случаев с определенными рентгено The proportion of cases with ascertained causes of death by radiologists when an autopsy was not required according to their opinion,% | 34 (28–41) 34 (28-41) | 42 (35–49) 42 (35-49) | 48 (41–56) 48 (41-56) |
| Существенное расхождение с данными аутопсии, когда рентгенологи были уверены в диагнозе, % A significant divergence from autopsy data, when radiologists were sure of the diagnosis,% | 16 (9–27) 16 (9-27) | 21 (13–32) 21 (13-32) | 16 (10–25) 16 (10-25) |
| Существенное расхождение с данными аутопсии, когда рентгенологи не были уверены в A significant divergence from autopsy data, when radiologists were not sure of the диагнозе, % diagnosis, % | 41 (33–50) 41 (33-50) | 59 (49–67) 59 (49-67) | 44 (34–54) 44 (34-54) |

Примечания: Notes:

В скобках указан доверительный интервал. Confidence interval is in brackets, КТ — компьютерная томография;CT - computed tomography;МРТ MRI — магнитно-резонансная томография - magnetic resonance imaging

Авторы установили, что, по сравнению с традиционным вскрытием, КТ является более точным методом для установления причины смерти, чем МРТ. The authors found that compared with the traditional autopsy CT was more accurate method to determine the cause of death than MRI.Авторы пришли к выводу, что наиболее распространенные причины внезапной смерти (ИБС, тромбоэмболия легочной артерии) часто не выявлялись с помощью посмертных КТ и МРТ. The authors concluded that the most common causes of sudden death (coronary artery disease, pulmonary embolism) had not often been identified with the help of post-mortem CT and MRI.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. In their view, unless the weaknesses of the post-mortem imaging are eliminated, it is safe to predict the systematic errors in determination of the cause of death when trying to replace the traditional virtual autopsy.

**Возможности и ограничения методов посмертной визуализации** **Possibilities and limitations of post-mortem imaging methods**

**МСКТ трупа** **MSCT OF THE corpse**

**Возможности МСКТ в судебно-медицинской экспертизе трупа:** **Possibilities MSCT in forensic examination of the corpse:**

— Выявление переломов костей, определение их характера, степени смещения отломков; - Detection of bone fractures, definition of their type, the degree of displacement of bone fragments;

— визуализация повреждений головного мозга: оболочечных и внутримозговых гематом, очагов ушибов, отека и дислокации мозга; - Visualization of brain damage: meningeal and intracerebral hematomas, areas of contusions, brain edema and dislocation;

— выявление свободного газа в полостях и в мягких тканях; - Detection of free gas in the cavities and in soft tissue;

— выявление свободной жидкости в серозных полостях с определением ее локализации, объема и характера; - Detection of free fluid in serous cavities and its location, amount and type;

— выявление патологических изменений в легких и органах средостения; - Identification of pathological changes in the lungs and mediastinal organs;

— оценка структуры органов брюшной полости и забрюшинного пространства; - Assessment of the structure of the organs of abdominal cavity and retroperitoneal space;определение их формы и положения, размеров и контуров, состояния паренхимы; exploration of its shape and position, size and contours, the state of the parenchyma;

— выявление забрюшинной гематомы, ее локализации и объема. - Identification of retroperitoneal hematoma, localization and volume.

Также к достоинствам МСКТ в судебно-медицинской экспертизе трупа относятся: Also named as advantages of MSCT in the forensic examination of the corpse:

— 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.); - High speed research and, therefore, the capacity of the device, which allows the study of corpses in mass mortality of people to be performed (transport and natural disasters, war, terrorist attacks, etc.);

— возможность проведения скринингового КТ-исследования трупов в случаях скоропостижной смерти для решения вопроса о дальнейшей тактике. - The possibility of screening CT of corpses in cases of sudden death in order to decide on further tactics.

Важно, что всеми основными рисками КТ, которые необходимо учитывать при исследовании живых лиц, It is important that all major risks of CT that should be considered in the study of living patients — значительной лучевой нагрузкой, токсическим и аллергическим действием контрастных средств (КС), можно пренебречь.can be neglected (a significant radiation exposure, toxic and allergic effect of contrast agents (CM)).

**Ограничения при использовании МСКТ в судебно-медицинском исследовании трупа:** **Limitations of MSCT in the forensic examination of corpses:**

— низкая эффективность метода в диагностике травмы полых органов желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), мочевыделительной системы и разрыва диафрагмы; - Low effectiveness of the method in the diagnosis of injuries of hollow organs of the gastrointestinal tract (GIT), urinary system and rupture of the diaphragm;

— отсутствие возможности контрастирования ЖКТ и мочевыделительного тракта; - Lack of contrasting of the gastrointestinal tract and urinary tract;

— отсутствие возможности внутривенного контраст - Lack of intravenous contrasting gain in the study of parenchymal organs of a corpse;

— технические особенности (сложности) при контрастировании сосудистой системы [8, 9]. - Technical features (difficulties) when contrasting the vascular system [8, 9].

**МРТ трупа** **MRI OF THE corpse**

Посмертная МРТ в судебно-медицинской экспертизе трупа обладает меньшими возможностями (по сравнению с МСКТ). Post-mortem MRI in the forensic examination of the corpse has fewer possibilities (compared with MSCT).Это связано прежде всего с тем, что чрезвычайно сильное магнитное поле способно вызвать смещение металлических объектов внутри тела. This is primarily due to the fact that an extremely strong magnetic field can cause the displacement of metal objects within the body. Кроме того, металлические инородные тела могут повредить дорогостоящий аппарат.Moreover, metallic foreign body can damage expensive apparatus.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. Other issues that may limit the use of the method in the forensic examination of the corpse are fewer opportunities in the diagnosis of symptoms and complications of mechanical trauma, lower capacity of MRI and the high cost of maintenance.

К преимуществам посмертной МРТ можно отнести лучшую визуализацию мягких тканей и паренхиматозных органов. The advantages of post-mortem MRI include better visualization of soft tissues and parenchymal organs.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. However, we must take into account the fact that in the vascular system, cavities, soft tissues and internal organs of a corpse during putrefactive transformation with release of a large amount of spoilage gases, proton content varies.

Облегчает посмертную визуализацию (МСКТ и МРТ) отсутствие артефактов от движения (сердечных сокращений, дыхательных движений, перистальтики и т.д. ). Post-mortem visualization (CT and MRI) is facilitated by the lack of motion artifacts (heart constriction, respiratory movements, peristalsis, etc.).

**Возможности посмертной визуализации при судебно-медицинском исследовании скоропостижной смерти взрослых** **POSSIBILITIES of post-mortem imaging in forensic investigation of the sudden death of adults**

Скоропостижная (внезапная) смерть — это смерть от скрыто протекающего заболевания, наступившая быстро и неожиданно для окружающих. Sudden death is the death of a latent disease, which occurs quickly and unexpectedly for others. Такая смерть часто похожа на насильственную.This death is often similar to the violent. Поэтому случаи скоропостижной смерти, которая наступает вне условий врачебного наблюдения, подлежат судебно-медицинской экспертизе [13].Therefore, cases of sudden death that occur not under medical surveillance are normally examined by forensics [13].

В случаях внезапной смерти посмертная визуализация представляется крайне перспективным методом прежде всего в качестве метода выявления скрытых повреждений [5]. In cases of sudden death, postmortem visualization is an extremely promising method primarily as a method of detection of hidden damage [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. Post-mortem MSCT may be more suitable than MRI for examination of bodies for the establishment of natural and violent death, as it enables quick and safe exploration of a corpse taking into account the possible presence of ferromagnetic foreign bodies. 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].MSCT helps eliminate hidden traumatic injuries, which is important at the stage of sorting to resolve the issue whether to refuse an autopsy or perform pathologic autopsy or forensic autopsy [5-7].

**Виртуальная аутопсия в диагностике внезапной сердечной смерти** **Virtual autopsy in the diagnosis of sudden cardiac death**

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]. The most common cause of sudden death in the Russian Federation are cardiovascular diseases - ischemic heart disease, arterial hypertension and its complications (cerebral stroke, myocardial infarction), cardiomyopathy (especially toxic) and pulmonary embolism [10].

Стенозирующий атеросклероз венечных артерий является почти облигатным признаком внезапной сердечной смерти и встречается более чем у 90% внезапно умерших лиц с ИБС [11]. Stenosing atherosclerosis of the coronary arteries is almost obligate symptom of sudden cardiac death that occurs more than in 90% of people who died suddenly of coronary heart disease [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].MSCT allows to display vessels without contrast enhancement, as well as to determine the prevalence of calcium deposits in the walls of arteries [12], but the degree of coronary artery stenosis may be assessed only after the CT coronary angiography [9].

В опубликованной в 2014 г. работе *IS Roberts et al.* [13] продемонстрирована серия 120 случаев использования МСКТ при внезапной сердечной смерти взрослых. Published in 2014, the paper of *I.S. Roberts et al.* [13] demonstrated a series of 120 cases of the use of MSCT in the sudden death of adults.В 60 случаях КТ была дополнена коронарной ангиографией. In 60 cases, the CT coronary angiography was added.После проведения КТ рентгенологи классифицировали свои выводы следующим образом: причина смерти определена (стандартное вскрытие не требуется), вероятна или не установлена. After the CT, radiologists classified findings as follows: cause of death was ascertained (the standard autopsy is not required), probable or not found. Причина смерти рентгенологами не была установлена только в 9% случаев.The cause of death was not ascertained by the radiologist only in 9% of cases.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. After the normal autopsy, following results were obtained: in all cases where the cause of death was determined after MSCT, the results of the virtual and standard autopsy coincided.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% случаях — КТ с ангиографией. In cases of probable outcome of MSCT, the rate of correct results was largely influenced by angiography: a standard autopsy was not necessary in 38% of CT without coronary angiography and in 70% of CT with angiographies.Интересно, что в 2 случаях КТ выявила травму скелета, пропущенную при стандартной аутопсии. It was significant that in two cases, CT revealed a skeletal injury, missed by the standard autopsy.Авторы статьи пришли к выводу: использование посмертной МСКТ с коронарной ангиографией может снизить на две трети количество стандартных вскрытий в случаях скоропостижной коронарной смерти. The authors concluded that the use of post-mortem MSCT coronary angiography could reduce the number of standard autopsies in cases of sudden coronary death by two thirds.Кроме того, использование посмертной КТ может повысить качество общей диагностики, в частности, выявляя скрытые травматические повреждения. Furthermore, the use of postmortem CT can improve overall diagnosis, in particular by identifying hidden traumatic injuries.

Для визуализации зоны сформировавшегося инфаркта миокарда в большей степени подходит МРТ (рис. 1) [14]. MRI is more suitable to visualize formed infarction areas (Fig. 1) [14].

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]. Primary myocardial ischemic damage, unfortunately, is not visualized by MRI, as well during macro-examination of a corpse, however, MRI exceeds MSCT in this situation [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]. Post-mortem MSCT and MRI of the heart are equally well suited as a tool to visualize the enlargement of chambers of the heart, myocardial hypertrophy (Fig. 2), myocardial infarction and ventricular aneurysms [15].

Размеры сердца, толщина миокарда желудочков, так же как и размеры паренхиматозных органов и их объем, при виртуальной аутопсии вычисляются очень точно. Heart size, the thickness of the ventricular myocardium, as well as the dimensions of parenchymal organs and their volume are calculated very accurately in virtual autopsy. 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].Moreover, mass of internal organs can be calculated in MSCT. For that, the measured volume of an organ is multiplied by the organ tissue density ratio, e.g., 1.05 g / ml for liver and spleen [18].

CT autopsy in more than MRI suitable for detection of recent hemorrhage and calcifications.С помощью посмертной МСКТ в большинстве случаев можно диагностировать атеросклеротическое поражение аорты и ее ветвей, аневризму аорты, в том числе расслаивающую. In most cases, MSCT can help diagnose atherosclerotic lesions of the aorta and its branches, aortic aneurysm, including the dissecting aneurysm. InПри КТ-аутопсии без контрастирования о разрыве аорты можно судить по косвенным признакам при обнаружении парааортальной гематомы, гемоперикарда, кровоизлияния в средостение или левостороннего гемоторакса [19].In CT autopsy without contrasting the aortic rupture may be detected by circumstantial evidence when para-aortic hematoma hemopericardium, bleeding in the mediastinum or left-sided hemothorax are revealed [19]. Возможна визуализация тромбированного ложного просвета при расслаивающей аневризме аорты.Visualization of thrombosed false lumen in dissecting aortic aneurysm is possible. Более полную информацию может дать посмертная КТ-ангиография.CT angiography gives information that is more detailed.

|  |  |
| --- | --- |
| А A  164_1a | Б B  164_1b |
| Рис. Fig. 1. Сравнение виртуальной и стандартной аутопсии в случае инфаркта миокарда: *А* — посмертная магнитно-резонансная томография сердца, Т2-взвешенное изображение. 1. Comparison of the standard and virtual autopsy in case of myocardial infarction: *A* - post-mortem magnetic resonance imaging of the heart, T2-weighted image. Инфаркт миокарда. Myocardial infarction. Стрелкой указана гипоинтенсивная зона в боковой стенке левого желудочка (зона некроза); *Б* — тот же случай. The arrow indicates a hypointense area of the left ventricle lateral wall (area of necrosis), *B* - the same case.Макропрепарат сердца. Macro-preparation of the heart.Сердце вскрыто на том же уровне. The heart is opened at the same level. Зона инфаркта указана стрелкойInfarct area indicated by the arrow | |

|  |  |
| --- | --- |
| А A  164_2a | Б B  164_2b |
| Рис. Fig. 2. Сравнение виртуальной и стандартной аутопсии в случае внезапной сердечной смерти: *А* — посмертная магнитно-резонансная томография сердца, Т2-взвешенное изображение. 2. Comparison of virtual and standard autopsy in case of sudden cardiac death: *A* - post-mortem magnetic resonance imaging of the heart, T2-weighted image. Выраженная эксцентрическая гипертрофия миокарда обоих желудочков, больше левого; *Б* — тот же случай.Severe eccentric myocardial hypertrophy of both ventricles, more expressed in the left ventricle, *B* - the same case. Макропрепарат сердца. Macro-preparations of the heart. The heartСердце вскрыто на том же уровне.The heart is opened at the same level.Масса сердца 1070 г Heart weight 1070 g | |

**Особенности ангиографии в случаях посмертной визуализации POSSIBILITIES OF angiography in cases of post-mortem imaging**

При МСКТ трупа ангиография может быть проведена за счет прямого контрастирования артерий крупного и среднего калибра. In MSCT of the corpse, angiography may be performed by direct contrast of arteries of large and medium caliber.В связи с отсутствием кровообращения у трупа КС не покидает сосудистую систему, по этой причине количество контрастного препарата требуется меньшее, чем живым пациентам. In the absence of blood flow in the corpse CA does not leave the vascular system, for this reason, the amount of contrast agent needed is less than in living patients. Также не стоит вопрос безопасности и переносимости КС, что позволяет использовать более дешевые препараты [20].In addition, there is no question on the safety and tolerability of the CA, which allows the use of cheaper drugs [20].

Дискуссионным остается вопрос о возможности использования КТ-ангиографии для посмертной диагностики тромбозов крупных вен и тромбоэмболии легочной артерии. The possibility of CT angiography for the post-mortems diagnosis of thrombosis of major veins and pulmonary embolism remains doubtful.

Технические проблемы при КТ-ангиографии трупа вызывают внутрисосудистые свертки крови и газ. Technical problems during CT angiography of the corpse cause intravascular blood clots and gas. Наличие в просвете артерий посмертных свертков крови затрудняет распределение КС по сосудистой системе, кроме того, их необходимо дифференцировать с тромбами [21].Postmortem blood clots in the lumen of the arteries impede distribution of CA within the vascular system; moreover, they should be differentiated from thrombi [21].Гнилостные изменения трупа достаточно рано (начиная со 2-х сут) приводят к образованию газа внутри сосудов, которые также становятся причиной артефактов [22]. Gaseous cadaveric changes (starting on day 2) lead to formation of gas within the vessel, which also can become a cause of artifacts [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]. In addition, the rapid the destructive changes of arteries of the abdominal cavity result in the fact that the walls of blood vessels cannot withstand the pressure at the discharge of the CA and rupt, creating a false contrast extravasation [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]. The possibility of obtaining MRI images of blood vessels without the introduction of the CA, three-dimensional images, the absence of artifacts from the bone structures, good contrasting of soft tissues made ​​very the method highly adopted in clinical medicine to diagnose aneurysms, ruptures and dissections, malformations, stenoses and occlusions [24]. Однако бесконтрастная МР-ангиография трупа имеет ряд принципиальных проблем: отсутствие кровообращения у трупа, длительность сканирования, высокая стоимость исследования.However, MR angiography corpse without contrasting has some fundamental problems: the lack of circulation in the corpse, the duration of the scan, the high cost of research. Тем не менее, в центрах, где используют и КТ- и МРТ-ангиографию трупа, оба метода нашли свое место [5, 6]. However, in the centers where CT and MRI angiography corpse are used, both methods have found their place [5, 6].

**Виртуальная аутопсия в диагностике других причин скоропостижной смерти Virtual autopsy in the diagnosis of other causes of sudden death**

В случаях скоропостижной смерти в результате геморрагического инсульта очаг кровоизлияния при МСКТ трупа визуализируется так же хорошо, как и в случаях КТ живых лиц. In cases of sudden death due to hemorrhagic stroke the focal of hemorrhage is well visualized by MSCT both of corpses as well as and living patients. Внутримозговые опухоли и инфаркты головного мозга при МСКТ без контрастного усиления часто выглядят как изоденсные или гиподенсные участки и могут быть не диагностированы.Intracerebral brain tumors and infarctions in MSCT without contrast enhancement often look like isodense or hypodense areas and may not be diagnosed.Однако опухоли и ишемические очаги, приведшие к смерти, чаще всего сопровождаются выраженным масс-эффектом, который хорошо визуализируется при посмертной КТ. However, tumors and ischemic lesions, leading to death, are most often accompanied by severe mass effect, which is well visualized in the post-mortem CT. Небольшие очаги ишемического повреждения мозга и опухоли лучше выявляются при МРТ [4, 7].Small areas of ischemic brain damage and tumors are better identified during MRI [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]. Non-traumatic subarachnoid hemorrhage is well visualized by MSCT of the corpse, but the root cause of spontaneous subarachnoid hemorrhage - arterial aneurysm is extremely difficult to find without post-mortem cerebral angiography [20, 24].

В случаях скоропостижной смерти, особенно при патологии сердечно-сосудистой системы, прозектор наблюдает наличие отека легких. In cases of sudden death, especially in the disease of cardiovascular system, the prosector observes pulmonary edema. Посмертная визуализация также дает возможность диагностирования этого состояния (рис. 3) [25]. Post-mortem visualization also enables diagnosis of this condition (Fig. 3) [25].

|  |  |
| --- | --- |
| А A  164_3a | Б B  164_3b |
| Рис. Fig. 3. Возможности посмертного МРТ в визуализации отека легких: *А* — посмертная МРТ, фронтальная плоскость. 3. Opportunities postmortem MRI imaging of pulmonary edema: *A* - post-mortem MRI, front view. Т2-взвешенное изображение. T2-weighted image. В легких визуализируется сигнал повышенной интенсивности, вызванный наличием жидкости в интерстиции и альвеолах; *Б* — тот же случай. Increased signal of intensity is visualized in lungs, due to the presence of fluid in the interstitium and alveoli *B* - the same case. Макропрепарат.Macro-preparations. Отек легких. Pulmonary edema. При надавливании с поверхности разрезов легких стекает большое количество серо-розовой пенистой жидкости и жидкой темно-красной крови (указано стрелками)When pressed on the surface of lung sections a large number of gray-pink foamy liquid and liquid dark red blood cells run (indicated by arrows) | |

**Возможности посмертной аутопсии в судебно-медицинской экспертизе механических повреждеPOSSIBILITIES POSSIBILITIES OF post-mortem autopsy in forensic EXPERTISE OF mechanical INJURIES**

Механические повреждения могут причиняться тупыми предметами, острыми орудиями, огнестрельным оружием или взрывом. Mechanical damage can be inflicted by blunt objects, sharp instruments, firearms or explosion. Наиболее часто в судебно-медицинской практике встречаются повреждения от действия тупых предметов [10].Blunt objects trauma most often occurs in forensic practice [10].

**КТ-морфология при травме скелета CT morphology of THE skeletal trauma**

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. In cases of trauma caused by blunt hard object, post-mortem MSCT provides an invaluable service, allowing to visualize injuries of the skeleton, particularly in areas which are difficult to study- the base of the skull, facial bones, cervical spine, distal extremities. 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.MSCT allows to obtain a three-dimensional image of complex bone lesions rapidly, such as the skull (Fig. 4), the skeleton of the chest, spine and pelvis, which greatly facilitates understanding the mechanical origin of an injury.

|  |  |
| --- | --- |
| А A  164_4a | Б B  164_4b |
| Рис. Fig. 4. МСКТ при различных повреждениях черепа, причиненных тупыми твердыми предметами, 3 *D* -реконструкция: А — вдавленные переломы костей черепа, полученные в результате воздействий тупого твердого предмета (предметов) с ограниченной поверхностью; 4. MSCT of different cranial injuries caused by blunt hard object, 3*D-Reconstruction:* A - depressed skull fractures caused by blunt hard object (objects) with limited surface; Б — многооскольчатый перелом костей черепа. B – multi-fragment skull fracture. Повреждение причинено тупым твердым предметом с преобладающей поверхностью (падение с высоты)Damage caused by a blunt hard object with the prevailing surface (a fall from a hight) | |

**Черепно-мозговая травма CRANIOCEREBRAL injury**

При использовании МСКТ хорошо визуализируются все основные компоненты тяжелой черепно-мозговой травмы — повреждения костей черепа, очаги ушибов и кровоизлияний, внутричерепные гематомы, отек и дислокация головного мозга, пневмоцефалия [27]. In MSCT, all the major components of severe traumatic brain injury are well visualized - damage to the skull bones, bruises and foci of hemorrhage, intracranial hematoma, edema and dislocation of the brain, pneumocephalia [27].

Морфологическое проявление повышенного внутричерепного давления — вклинения головного мозга хорошо визуализируются как при посмертном КТ, так и МРТ [7]. Morphological manifestation of increased intracranial pressure as herniation of the brain is well visualized in post-mortem CT and MRI [7].

При постмортальной МСКТ сложно визуализировать изоденсные субдуральные гематомы, а также небольшие внутримозговые геморрагии в белом веществе, характерные для диффузного аксонального повреждения. At post-mortem MSCT, it is difficult to visualize isodense subdural hematomas, as well as small intracerebral hemorrhages in the white matter, peculiar for diffuse axonal injury. В этом случае ведущим методом следует признать МРТ [28].In this case, MRI should be recognized as the major method [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. As for the traumatic subarachnoid hemorrhage in the acute stage, fresh blood in cistern and subarachnoid space is well visualized by MSCT as in cases of the living victims. Даже процессы гниения незначительно затрудняют КТ-диагностику субарахноидального кровоизлияния [22].Even the processes of decomposition slightly impede CT diagnosis of subarachnoid hemorrhage [22].

Визуализация подострых внутримозговых кровоизлияний и очагов ушиба возможна как при МСКТ, так и при МРТ (рис. 5). Visualization of subacute intracerebral hemorrhages and foci of contusion is possible either by MSCT or MRI (Fig. 5).

|  |  |
| --- | --- |
| А A  164_5a | Б B  164_5b |
| Рис. Fig. 5. Внутримозговые кровоизлияния: *А* — посмертная МРТ головного мозга. 5. Intracerebral hemorrhage: *A* - post-mortem brain MRI. Т2-взвешенное изображение. T2-weighted image. Стрелкой указано кровоизлияние в задних отделах левой височной доли; *Б* — тот же случай. The arrow indicates a hemorrhage in the left posterior temporal lobe, *B* - the same case. Макропрепарат. Macro-preparations. FГоловной мозг фиксирован формалином.Formalin-fixed brain. Видны кровоизлияния преимущественно в коре (указаны стрелкой) и в подкорковом белом веществе левой височной долиHemorrhage is visible mainly in the cortex (arrows) and in the subcortical white matter of the left temporal lobe | |

**CHESTТравма грудной клетки Injuries**

В случаях травмы грудной клетки МСКТ обладает безусловным преимуществом перед МРТ поскольку, по данным *I.* In cases of chest trauma, MSCT has absolute advantage over MRI because, according to *I.Roberts et al* . *Roberts et al.* [7], в 100% случаев выявляет пневмоторакс. [7], in 100% of cases pneumothorax is revealed. При подозрении на пневмоторакс эксперт производит пробу, прокалывая плевральные полости под водой.If pneumothorax is suspected, an expert takes the sample puncturing pleural cavity under water. Однако такой способ диагностики пневмоторакса носит исключительно качественный характер.However, this method of diagnosis of pneumothorax is purely qualitative. МСКТ позволяет определить количество воздуха в плевральной полости и степень смещения органов средостения при напряженном пневмотораксе, что невозможно сделать во время традиционного вскрытия.MSCT allows to determine the amount of air in the pleural cavity and the degree of displacement of the mediastinum under tension pneumothorax, which cannot be done during the traditional autopsy.МСКТ имеет преимущество перед традиционным вскрытием, позволяя визуализировать даже минимальную эмфизему мягких тканей (рис. 6) и средостения [29]. MSCT has the advantage over the traditional autopsy, allowing the visualization even of the minimal emphysema of the soft tissue (Fig. 6) and mediastinum [29].

|  |  |
| --- | --- |
| 164_6 |  |
| Рис. Fig. 6. Посмертная мультиспиральная компьютерная томография. 6. Post-mortem multi-slice computed tomography. Смерть в результате дорожно-транспортного происшествия. Death because of a traffic accident. При компьютерной томографии верхних отделов брюшной полости хорошо видна эмфизема мягких тканей (указана стрелками). At computed tomography of the upper abdomen soft tissue, emphysema is clearly visible (arrow). Большое количество воздуха в мягких тканях (под кожей, между мышцами) свидетельствует о том, что пострадавший дышал в течение некоторого времени после травмы (признак прижизненности травмы) A large amount of air in the soft tissue (under the skin between the muscles) indicates that the victim was breathing for some time after the injury (sign of life-time jury) | |

При МСКТ трупа хорошо визуализируются ушибы и гематомы легкого, разрывы легочной ткани и бронхов. At post-mortem MSCT, lung contusions and hematomas, lacerations of the lung tissue and bronchi are well visualized. МСКТ позволяет выявлять кровоизлияния в средостение, а также травматические разрывы аорты (без контрастирования — по косвенным признакам).MSCT can detect bleeding in the mediastinum, and traumatic aortic rupture (without contrast - by circumstantial evidence). Для топической диагностики разрыва аорты и ее ветвей, легочной артерии, крупных вен необходима посмертная ангиография [30]. For topical diagnosis of rupture of the aorta and its branches, pulmonary arteries and large veins, post-mortem angiography is needed [30]. Многоплоскостная реконструкция при МСКТ в ряде случаев позволяет визуализировать травматический разрыв диафрагмы [31].Multiplanar reconstruction by MSCT allows to visualize the traumatic rupture of the diaphragm in some cases [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. Post-mortem MSCT in a three-dimensional reconstruction can help determine the direction of the impact force with blunt trauma (Fig. 7), which is extremely important for the purposes of forensic examination.

Посмертная визуализация оказывает неоценимую услугу в случаях судебно-медицинской экспертизы трупа человека, погибшего в результате механической травмы, позволяя доказать прижизненность травмы. Post-mortem visualization provides an invaluable service in cases of forensic examination of the corpse of a man who died as a result of mechanical injury, allowing to prove the life-time injury.

|  |  |
| --- | --- |
| 164_7 |  |
| Рис. Fig. 7. Мультиспиральная компьютерная томография в режиме трехмерной реконструкции в определении направления травмирующего воздействия. 7. MSCT in a three-dimensional reconstruction determining the direction of the traumatic impact.Мультиспиральная компьютерная томография костей левой голени, 3 *D* -реконструкция. Multi-slice computed tomography of the left lower leg bone, 3*D-Reconstruction.* Пешеход был сбит автомобилем.A pedestrian was hit by a car. Локальный оскольчатый перелом (клиновидный осколок указан белой стрелкой) диафиза левой большеберцовой кости от поперечного воздействия.Local comminuted fracture (wedge-shaped fragment indicated by a white arrow) of the left tibia diaphysis of the lateral impact. Красной стрелкой показано направление травмирующего воздействия.\Red arrow indicates the direction of the traumatic impact. IКонструкционный перелом диафиза левой малоберцовой костиIndirect diaphyseal fracture of the left fibula | |

Например, в случаях массивной кровопотери в результате наружного кровотечения судебно-медицинский эксперт может судить о количестве излившейся крови только по косвенным признакам. For example, in cases of massive blood loss because of external bleeding forensic expert can estimate the amount of blood streamed only by circumstantial evidence.Посмертная МСКТ дает возможность объективизировать величину кровопотери путем измерения поперечного сечения крупных сосудов (рис. 8) [30]. Post-mortem MSCT allows to objectify value of blood loss by measuring the cross-section of large vessels (Fig. 8). [30]

|  |  |
| --- | --- |
| А A  164_8a | Б B  164_8b |
| Рис. Fig. 8. Посмертная мультиспиральная компьютерная томография сердца и крупных сосудов грудной полости: *А* — смерть в результате тяжелой закрытой черепно-мозговой травмы, кровопотеря отсутствует. 8. Post-mortem multi-slice computed tomography of the heart and major blood vessels of the chest cavity: *A* - death from severe closed traumatic brain injury, no blood loss.Срез на уровне правой легочной артерии. The slice at the level of the right pulmonary artery.Нормальные размеры сосудов; *Б* — смерть в результате массивной кровопотери (травма сосудов шеи). Normal sizes of vessels; *B* - death from the massive blood loss (injury of the neck vessels).Срез на уровне правой легочной артерии. The cut at the level of the right pulmonary artery. Спавшиеся сосуды.Collapsed vessels. 1 — верхняя полая вена, 2 — восходящая аорта, 3 — основной ствол легочной артерии 1 - upper hollow vein, 2 - ascending aorta, 3 - main trunk of the pulmonary artery | |

Посмертная МСКТ позволяет выявить и другие признаки прижизненности травмы, в частности, аспирированные инородные тела и кровь в дыхательных путях и пищеводе (рис. 9). Post-mortem MSCT reveals the other signs of a life-time injury, aspirated foreign bodies and blood in the airway and the esophagus in particular (Fig. 9).

|  |  |
| --- | --- |
| А A  164_9a | Б B  164_9b |
| Рис. Fig. 9. Аспирация инородных тел в пищевод: *А* — посмертная компьютерная томография грудной клетки. 9. Aspiration of foreign bodies into the esophagus: *A* – post-mortem computed tomography of the chest. Инородные тела в средней и нижней трети пищевода (указаны стрелкой).Foreign bodies in the middle and lower third of the esophagus (arrow). Наличие инородного тела на этом уровне говорит о перистальтике пищевода после причинения травмы (признак прижизненности); *Б* — тот же случай.The presence of a foreign body at this level evidences of esophageal peristalsis after the injury (a sign of a life-time trauma) *B* - the same case. Макропрепарат. Macro-preparations. Просвет пищевода вскрыт.The lumen of the esophagus is opened. Стрелками показаны осколки лобового стекла автомобиляThe arrows indicate the fragments of the windshield of the car | |

**Возможности посмертной визуализации в судебно-медицинской экспертизе повреждений, причиняемых острыми предметами POSSIBILITIES of post-mortem imaging forensic injuries caused by sharp objects**

МСКТ можно использовать в случаях колотых и колото-резаных ранений. MSCT can be used in cases of stab and stab wounds. Метод позволяет визуализировать раневой канал, обнаружить колющие предметы и их отломки, дифференцировать колотые и огнестрельные ранения.This method allows visualizing the wound channel, finding sharps and their fragments, and differentiating stab and gunshot wounds.Визуализацию раневого канала улучшает газ, который попадает в мягкие ткани из окружающей среды или из органа, его содержащего (легкого или кишки) [25, 29]. Visualization of the wound channel is improved by a gas that enters the soft tissue from the environment or from the organ, containing it (lung or colon) [25, 29].

МСКТ дает возможность построения трехмерных реконструкций раневых каналов. MSCT allows to create three-dimensional reconstructions of the wound channel.

МРТ в ряде случаев (при исключении наличия металлических инородных тел в трупе) может помочь в определении хода, направления и длины раневого канала (рис. 10). MRI in some cases (with the exclusion of the presence of metallic foreign bodies in the corpse) can assist in determining the course, direction and length of the wound channel (Fig. 10).

|  |  |
| --- | --- |
| А A  164_10a | Б B  164_10b |
| Рис. Fig. 10. Колото-резаное ранение в проекции сердца: *А* — посмертная магнитно-резонансная томография сердца, Т2-взвешенное изображение. 10. Stab wound to the heart projection: *A* - post-mortem magnetic resonance imaging of the heart, T2-weighted image. Гемотампонада сердца (пунктирными белыми стрелками указаны выпавшие в осадок форменные элементы крови, черными — сыворотка).Hemotamponade of the heart (white dotted arrows indicate the precipitated blood cells, black - serum). Сплошная белая стрелка указывает область повреждения миокарда и ход раневого канала; *Б* — тот же случай.The solid white arrow indicates the area of myocardial injury and the course of the wound channel *B* - the same case.Макропрепарат. Macro-preparations. Проникающее в левый желудочек колото-резаное ранение (указано стрелкой)Penetrating stab wound of the left ventricle (arrow) | |

МСКТ дает возможность выявить воздушную эмболию. MSCT allows to identify air embolism. 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.The air embolism test is obligatory for suspected criminal abortion, damage to the heart, lungs, large blood vessels, and in cases where the death was preceded by medical intervention.Судебно-медицинский эксперт при подозрении на воздушную (газовую) эмболию должен произвести пробу, прокалывая желудочки сердца под водой [10, 11]. If air (gas) embolism is suspected, the forensic expert should take a sample puncturing the ventricles of the heart under water [10, 11]. При посмертной МСКТ вероятность диагностики воздушной эмболии намного выше, чем при традиционном вскрытии трупа.At post-mortem MSCT, diagnosis of air embolism probability is much higher than under the traditional autopsy. 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].In addition, post-mortem MSCT allows three-dimensional visualization of embolized vessels to be performed with quantitative assessment of the volume of gas that is impossible in the traditional autopsy (Fig. 11). [32]

|  |  |
| --- | --- |
| А A  164_11a | Б B  164_11b |
| Рис. Fig. 11. Воздушная эмболия легочной артерии в результате резаной раны шеи: *А* — мультиспиральная компьютерная томография сердца и крупных сосудов. 11. Air pulmonary embolism as a result of incised wounds of the neck: *A* – multi-slice computed tomography of the heart and major blood vessels. Трехмерная реконструкция (объемное изображение) показывает заполненные воздухом правый желудочек и легочную артерию.Three-dimensional reconstruction (three-dimensional image) shows the air-filled right ventricle and the pulmonary artery.МСКТ-волюметрия рассчитала общий объем газа, равный 60 мл. *Б* — тот же случай. MSCT volumetry calculated the total gas volume of 60 ml. *B* - the same case. Вскрытие трупа.Autopsy. Выполнение пробы на воздушную эмболию. Performing tests on air embolism. Стрелкой указаны пузырьки воздуха.Arrows indicate air bubbles.При такой методике высказаться о распространенности воздушного эмбола и его объеме не представляется возможным. The technique does not allow assessing the prevalence of air embolism and its volume. 1 — вены шеи; 1 - neck veins; 2 — трахея; 2 - the trachea; 3 — ствол легочной артерии; 3 - the trunk of the pulmonary artery; 4 — правый желудочек; 4 - right ventricle; 5 — печеночные вены 5 - hepatic veins | |

**Возможности посмертной визуализации в сравнении с традиционным вскрытием при смерти в результате огнестрельной травмы Features OF post-mortem imaging compared to conventional autopsy at death as a result of gunshot injuries**

Важность рентгеновского исследования трупа при огнестрельных ранениях никогда не вызывала сомнений. The importance of X-ray examination of the corpse in gunshot wounds had never been in doubt. Проблема заключалась в том, что при стандартной рентгенографии инородные тела, в том числе пули и осколки, ясно видимые на пленке, часто обнаруживались на вскрытии с большим трудом.The problem was that foreign bodies including bullets, fragments, clearly visible on standard radiography scans, were often detected with great difficulty during the autopsy.МСКТ произвела революцию в диагностике огнестрельной травмы, предоставив возможность многоплоскостной визуализации раневого канала (рис. 12) и его трехмерной реконструкции. MSCT has revolutionized the diagnostics of a gunshot injury, making multiplanar imaging of the wound channel (Fig. 12) and its three-dimensional reconstruction possible.

МСКТ дает возможность создать «виртуальный» слепок раневых каналов, как прямолинейных, так и криволинейных. MSCT allows creating "virtual" model of wound channels both straight and curved.

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]. Metal artifacts, which made it difficult to visualize the structures located near the foreign body, are not relevant anymore [33-35].

МСКТ позволяет дифференцировать входное и выходное огнестрельное отверстия, особенно в плоских костях и в метаэпифизах трубчатых костей. MSCT allows us to differentiate the inlet and outlet gunshot holes, especially in the flat bones and metaepiphysis of long bones.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]. Damaging flat bone, the penetrator forms therein a through hole in the shape of a truncated cone which base faces towards the direction of the penetrator motion, and a smaller diameter is consistent with its size (Fig. 13) [10, 33].

|  |  |
| --- | --- |
| 164_12 |  |
| Рис. Fig. 12. Проникающее в полость черепа огнестрельное ранение. 12. Penetrating gunshot wound of the cranial cavity. Мультиспиральная компьютерная томография головы трупа.Multi-slice computed tomography of the head of a corpse. Аксиальный срез.Axial slice. EСквозное огнестрельное ранение головы.Exit gunshot wound to the head. Белыми стрелками указан раневой канал, красными — фрагменты пули.White arrows indicate the wound channel, red - bullet fragments. Выраженная пневмоцефалияSevere pneumocephalia | |

|  |  |
| --- | --- |
| 11  А A  164_13a | Б B  164_13b |
| 2 2  А A  164_13c | Б B  164_13d |
| Рис. Fig. 13. Сравнение мультиспиральной компьютерной томографии (3 *D* -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 13. Comparison of multi-slice computed tomography *(3D-Reconstruction*) (1) and the traditional autopsy (morphological research) (2) with a gunshot wound of the head. *A* - inlet in the frontal bone; *B* - outlet in the parietal bone | |

**Возможности посмертной визуализации при расследовании осложнений медицинских манипуляций Features OF post-mortem imaging in investigation of complications of medical procedures**

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). Post-mortem visualization may help in the diagnosis of surgical manipulation iatrogenic injuries, particularly in establishing catheters, drains, stents and other medical foreign bodies position (Fig. 14).

|  |  |
| --- | --- |
| А A  164_14a | Б B  164_14b |
| Рис. Fig. 14. Эмболия легочной артерии костным цементом (полиметилметакрилат) как осложнение вертебропластики: *А* — мультиспиральная компьютерная томография грудной клетки. 14. Pulmonary embolism with the bone cement (PMMA) as complication of vertebroplasty: *A* – multi-slice computed tomography of the chest. Стрелкой указано инородное тело (костный цемент) в правой легочной артерии; *Б* — тот же случай.The arrow indicates the foreign body (bone cement) in the right pulmonary artery; *B* - the same case. Аутопсия.Autopsy. The Костный цемент в нижней полой вене (указан стрелками).bone cement in the inferior vena cava (arrow). Материал попал в нижнюю полую вену из поясничных вен во время вертебропластикиThe material fell into the inferior vena cava of the lumbar veins during vertebroplasty | |

**Обсуждение Discussion**

На основе данных литературы можно выделить как преимущества, так и недостатки виртуальной аутопсии по сравнению с традиционным вскрытием в судебно-медицинской экспертизе трупов взрослых. On the basis of the literature we may note both advantages and disadvantages of the virtual autopsy compared to conventional autopsy in forensic examination of corpses of adults.

**The advantages of virtual autopsY:**

1. Сохранение тела покойного, что крайне важно для представителей многих религий и общин (мусульман, иудеев и др.). 1. Keeping the body of the deceased, which is essential for many religions and communities (Muslims, Jews, and others.). 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].This item was placed first, since the negative attitude of relatives of the deceased to the traditional autopsy in many countries has been a powerful incentive for research in the field of post-mortem imaging [36].

2. При виртуальной аутопсии возможна визуализация, в том числе объемная, раневых каналов при огнестрельных, колотых, колото-резаных, рубленых и других ранениях. 2. Virtual autopsy provides visualization (including the volume one) of gunshot, stab, stab and slash, chop wound channel, and other injuries.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. Possibility of three-dimensional reconstruction in post-mortem MSCT provides a unique opportunity to use the method to solve the issues of medical and forensic identification of trauma tools and reconstruction of the circumstances of the incident when a gunshot, and blunt trauma injuries were caused by sharp objects.При этом правоохранительные органы могут получить необходимую информацию очень быстро, что крайне важно для неотложных следственных действий [5, 36]. At the same time, law enforcement agencies may obtain the necessary information very quickly, which is essential for the urgent investigative actions [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]. 3. Post-mortem imaging has the advantage of detailed, fast and gentle study of the body areas, technically complex for the traditional autopsy: facial bones, skull base, spine, spinal cord, pelvis, distal extremities [5-7, 17].

4. Посмертная визуализация может помочь в выявлении признаков прижизненности повреждений в случаях механической травмы [29, 30]. 4. Post-mortem imaging can help identify signs of life-time damage in cases of mechanical trauma [29, 30].

5. МСКТ и МРТ, являясь оператор-независимыми методами, дают возможность исключить человеческий фактор в случаях невнимательных, спешных и технически неграмотных вскрытий трупов. 5. MSCT and MRI, being operator-independent methods make it possible to eliminate the human factor in the event of negligence, hasty and technically incorrect autopsies.

6. При виртуальной аутопсии отсутствует риск заражения персонала морга (врачей, лаборантов и санитаров) туберкулезом, гепатитом, ВИЧ и другими опасными инфекционными заболеваниями [5–7]. 6. There is no risk of infection for morgue personnel (doctors, laboratory technicians and nurses) with tuberculosis, hepatitis, HIV and other dangerous infectious diseases [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]. 7. Death visualization enables rapid and complete data collection in a particular case as well as the exchange of data in the analysis of similar crimes (serial and multiple murder, transport and induced disasters, acts of terrorism, etc.) [37].

8. Данные виртуальной аутопсии могут храниться в цифровом формате, они доступны для дополнительной экспертизы после захоронения трупа или кремации. 8. Virtual autopsy findings can be stored digitally, being available for further examination after the burial or cremation of a corpse.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]. They can be used for the single-discipline and complex forensic reports involving various experts, including those from different regions, as well as investigators, prosecutors and the court [37].

**Недостатки виртуальной аутопсии: Disadvantages OF Virtual Autopsy:**

1. Отсутствует доказательная база эффективности виртуальной аутопсии по сравнению с традиционным вскрытием трупа. 1. There is no evidence base for the effectiveness of the virtual autopsy compared to conventional autopsy. До настоящего времени не проведено ни одного проспективного многоцентрового рандомизированного исследования.No prospective multicenter randomized studies have been performed so far.

2. Правовая и нормативная база использования посмертной КТ-визуализации в судебно-медицинской экспертизе трупа в нашей стране находится только на стадии проработки [37]. 2. Legal and regulatory framework of post-mortem CT imaging in forensic examination of the corpse in our country is only at the stage of development [37].

3. Отсутствие возможности классического описания органов и тканей при внутреннем исследовании трупа: консистенции, выраженности анатомической структуры, цвета, кровенаполнения, массы, содержимого полых органов. 3. Inability for classic description of organs and tissues in the internal investigation of the corpse: consistency, severity of the anatomical structure, color, blood filling, weight, contents of hollow organs.

4. Не разработана методика определения критериев давности и прижизненности повреждений, выявленных при виртуальной аутопсии. 4. The method of criteria determination of prescription and lifetime of damage identified in the virtual autopsy has not been developed.

5. Органы и ткани трупа для проведения токсикологического анализа или трансплантации все равно придется изымать путем вскрытия тела. 5. Organs and tissues of a corpse for toxicological analysis or transplantation still have to be taken by the autopsy.Однако в этом случае можно ограничиться «минимально инвазивной аутопсией» [38]. However, in this case "minimally invasive autopsy" may be performed [38].

6. Значительные затраты на покупку оборудования и его техническое обслуживание (особенно это касается МРТ), специальное помещение и персонал. 6. Significant costs for the purchase of equipment and its maintenance (especially MRI), a special room and the staff.

7. Технические сложности при исследовании трупов с большой массой и значительно увеличенных в объеме гнилостно измененных трупов. 7. Technical difficulties in investigation of bodies with a large mass and corpses significantly increased by the putrid process.

8. Отсутствие соответствующих знаний и опыта у судебно-медицинских экспертов. 8. Lack of relevant knowledge and experience of the forensic experts.Необходимость вводить в штат судебно-медицинских бюро подготовленных рентгенологов. The need for trained forensic radiologists.Зарубежный опыт показывает, что судебно-медицинские эксперты самостоятельно не проводят Foreign experience shows that the forensic experts do not perform виртуальную аутопсию, а сотрудничают virtual autopsy, but collaboratewith withрентгенологами: эксперты ставят задачу, а рентгенологи составляют протоколы исследования. radiologists: the experts set the task and radiologists make the study protocols.Интерпретируют полученные данные судебно-медицинский эксперт и рентгенолог совместно. The forensic expert and radiologist explain the findings together.

Вопрос о том, какой лучевой метод является методом выбора для целей судебно-медицинской экспертизы трупа, не столь очевиден, как может показаться [39].It is not as obvious as it might seem which radiologic technique method is the method of choice for the forensic examination of the corpse [39]. МСКТ — метод выбора для поиска инородных тел, свежей крови, скоплений газа, а также исследования повреждений костных структур, т.е. MSCT is the method of choice to find foreign bodies, fresh blood, concentrations of gas, as well as examination of the lesions of bone structures, i.e., наиболее актуальной патологии для судебной медицины.most relevant pathologic processes for forensics.С другой стороны, скоропостижная смерть еще долго будет оставаться в сфере интересов судебных медиков. On the other hand, sudden death will long remain in the field of forensic interest.В этом случае у МРТ по сравнению с МСКТ есть безусловные преимущества — лучшая визуализация мягких тканей и паренхиматозных органов. In this case, MRI compared with MSCT has obvious advantages - better visualization of soft-tissue and parenchymal organs. Теоретически для всестороннего исследования трупа часто требуются оба метода визуализации — МСКТ как первый этап, и МРТ — по показаниям [5, 39, 40].Theoretically, a comprehensive study of the corpse often requires both imaging method - MSCT as the first stage, and MRI – upon indications [5, 39, 40]. Однако это сделает виртуальную аутопсию крайне дорогостоящей и трудно выполнимой технически процедурой. However, it will make a virtual autopsy extremely costly and technically difficult to perform procedure.

Основные показания для МСКТ- и МРТ-исследований в судебно-медицинской экспертизе трупа взрослых мы свели в табл. The main indications for MSCT and MRI in the forensic examination of the corpse of adults are listed in the table2 [5, 7, 9, 14, 21, 24, 28, 29–36]. 2 [5, 7, 9, 14, 21, 24, 28, 29-36].

*Таблица 2 Table 2*

**Возможности МСКТ и МРТ при визуализации наиболее распространенных в судебно-медицинской экспертизе трупа взрослого состояниях Features of MSCT and MRI in the most common forensic examination of the corpse adult**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Disease | МСКТ MSCT | МРТ MRI |
| Огнестрельные и минно-взрывные ранения Gunshot and explosive wounds | + + | – - |
| Травмы скелета Injuries of the skeleton | + + | –/+ - / + |
| Повреждения мягких тканей и суставов Damage to the soft tissues and joints | –/+ - / + | + + |
| Скопления газа: эмфизема мягких тканей и средостения, пневмоторакс, пневмоцефалия, пневмоперитонеум. Accumulations of gas: emphysema of the soft tissue and mediastinum, pneumothorax, pneumocephalia, pneumoperitoneum.Газовая эмболия. Gas embolism. | + + | – - |
| Острые внутричерепные гематомы, ушиб-размозжение головного мозга Acute intracranial hematoma, contusion and crush of the brain | + + | –/+ - / + |
| Диффузное аксональное повреждение мозга, ушибы головного мозга легкой и средней степеней тяжести Diffuse axonal brain injury, brain contusion of mild to moderate severity | –/+ - / + | + + |
| Острое субарахноидальное кровоизлияние Acute subarachnoid hemorrhage | + + | – - |
| Острый геморрагический инсульт Acute hemorrhagic stroke | + + | –/+ - / + |
| Ишемический инсульт, хроническая субдуральная гематома Ischemic stroke, chronic subdural hematoma | +/– +/- | + + |
| Отек и дислокация головного мозга Edema and brain dislocation | + + | + + |
| ИБС: кальцинированные бляшки, стеноз коронарных артерий, визуализация тромба CHD: calcified plaque, coronary artery stenosis, the thrombus imaging | +\* \* + | –/+ - / + |
| ИБС: зона ишемии, инфаркт миокарда CHD: ischemic zone, myocardial infarction | – - | + + |
| Гипертрофия миокарда и увеличение камер сердца, постинфарктный кардиосклероз, аневризма желудочка Myocardial hypertrophy and enlargement of heart chambers, myocardial infarction, ventricular aneurysm | + + | + + |
| Болезни миокарда: миокардиты, кардиомиопатии Myocardial disease: myocarditis, cardiomyopathy | –/+ - / + | + + |
| Гемоперикард Hemopericardium | + + | + + |
| Травматический разрыв, аневризма и расслоение аорты Traumatic rupture, aneurysm and dissection of the aorta | +\* \* + | +/– +/- |
| Тромбоэмболия легочной артерии Pulmonary embolism | +/–\* + / - \* | – - |
| Гемоторакс, ушиб и разрыв легкого, разрыв бронха, аспирация инородного тела Hemothorax, lung contusion and rupture, rupture of the bronchus, foreign body aspiration | + + | – - |
| Пневмонии, плевральный выпот, респираторный дистресс-синдром, отек легких Pneumonia, pleural effusion, respiratory distress syndrome, pulmonary edema | + + | –/+ - / + |
| Травма полых органов ЖКТ, разрывы диафрагмы Injury of hollow organs of the GI tract, diaphragmatic rupture | –/+ - / + | –/+ - / + |
| Травма печени, селезенки, почки, мочеточников и мочевого пузыря, поджелудочной железы, острый панкреатит The injury of the liver, spleen, kidney, ureter and bladder, pancreas, acute pancreatitis | +\* \* + | +/– +/- |
| Травма уретры, полового члена и органов мошонки, болезни и травмы матки с придатками The trauma of the urethra, penis and scrotum organs, diseases and injuries of the uterus with appendages | -/+ - / + | + + |
| Спинальная травма: спинной мозг, межпозвонковые диски, позвоночный канал, мягкие ткани Spinal injury: the spinal cord, intervertebral discs, spinal canal, soft tissue | -/+ - / + | + + |

Примечание: ЖКТ — желудочно-кишечный тракт; Note: GI tract - gastrointestinal tract; ИБС — ишемическая болезнь сердца; CHD - coronary heart disease; МРТ — магнитно-резонансная томография; MRI - magnetic resonance imaging; МСКТ — мультиспиральная компьютерная томография. MSCT - multi-slice computed tomography.

+ — метод выбора; + - Method of choice;

+/– — метод подходит в большинстве случаев; +/- - Method is suitable in most cases;

–/+ —возможности метода ограничены; - / + -Abilities of the method are limited;

– — в большинстве случаев метод не подходит для визуализации; - - In most cases, the method is not suitable for imaging;

\* — с контрастированием \* - With contrast

**Заключение CONCLUSION**

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? Analyzing the available literature, the authors have tried to answer the following question: what kind of radiologic method is most suitable for the purposes of forensic examination of the corpse and can replace the traditional virtual autopsy?

По-видимому, для всестороннего исследования трупа часто потребуются оба метода визуализации (КТ и МРТ), в случаях смерти от механических повреждений — предпочтительнее использовать МСКТ. Apparently, both imaging techniques (CT and MRI) are often required for a comprehensive study of the corpse, and in cases of death from mechanical damage, it is preferable to use MSCT. 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.With regard to the second question – the virtual autopsy cannot replace conventional autopsy in forensic examination of the corpse today because, firstly, there is no convincing evidence-based medicine, comparative studies, and secondly, there is no legal base for the virtual autopsy performance. Вероятно, в качестве первого этапа виртуальная аутопсия будет дополнять традиционное вскрытие.Perhaps, the virtual autopsy will complement the traditional autopsy as a first step.Возможно, виртуальную аутопсию будут использовать в качестве скринингового исследования при скоропостижной смерти для решения вопроса о наличии скрытых механических повреждений. The virtual autopsy is possible to be used as screening examination at the sudden death to reveal a hidden physical damage.

Тем не менее, прогресс нельзя остановить. Nevertheless, progress cannot stop.Рано или поздно проблема возможности использования виртуальной аутопсии в нашей стране потребует своего решения. Eventually, the possibility of the use of virtual autopsy in our country requires the verdict. CertainlyРазумеется, в качестве дополнительного метода виртуальная аутопсия в полной мере имеет право на существование и в настоящее время.C, the virtual autopsy may be freely performed in the present as an additional method.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. Nevertheless, in order to answer the main question - whether virtual autopsy replaces the traditional (which is currently the "gold standard" in pathological anatomy and forensic medicine), serious prospective multicenter randomized studies are needed.

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., Kassarjian 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 и 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., Синицын 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 (PMMRI) 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 unenhanced 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. – 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. Коковa. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. – C. 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., Lövblad 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. *Madea 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

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. – Vol. 50, N. 2. – P. 428–442.

*Article received on 26 Jan, 2015*

*For correspondence:*

*Boris Aleksandrovich Filimonov*

*Intern of the Department of Radiology of the I.M. Sechenov First MSMU, Moscow*

e-mail: filimonov@hpmp.ru