

ВИКОРИСТАННЯ ВІРТОПСІЇ ПРИ СУДОВО-МЕДИЧНІЙ ЕКСПЕРТИЗІ ПОВІШЕННЯ (огляд літератури)

¹ Біляков А.М., <https://orcid.org/0000-0003-0660-9872>

² Франчук В.В., <https://orcid.org/0000-0001-8484-8049>

³ Ванчуляк О.Я., <https://orcid.org/0000-0003-0243-1894>

¹ Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, Україна

² Тернопільський національний медичний університет
імені І.Я. Горбачевського, Тернопіль, Україна

³ Буковинський державний медичний університет, Чернівці, Україна

venik316@gmail.com

Актуальність. Вже третє десятиліття поспіль судово-медична експертиза в світі впроваджує та розвиває використання віртопсії, як віртуальної альтернативи традиційному розтину. Вважають, що поєднання посмертної комп'ютерної томографії (РМСТ), посмертної магнітно-резонансної томографії (PMRI), 3D сканування поверхні та посмертної ангіографії є цілком достатньо, аби замінити традиційний розтин на віртуальний. Однак практичний досвід використання віртопсії виявив як позитивні його сторони, так і недоліки, які слід враховувати при використанні на практиці.

Ціль: дослідити особливості використання віртопсії при судово-медичних експертизах загиблих осіб в цілому та у випадках, де причиною смерті була механічна асфіксія через повішення.

Матеріали та методи. Системний огляд електронних баз даних медичних і біологічних публікацій, бібліографічний, аналітичний.

Результати. Віртопсія може бути корисна в випадках ідентифікації за стоматологічним статусом, при пошкодженнях кісток черепа та при діагностиці черепно-мозкових травм. Аналіз ролі РМСТ при травмах та особливості діагностики показали, що передбачувана причина смерті в результаті травми була доведена розтином приблизно в 30% випадків. Властивості РМСТ дають можливість її використання в випадках утоплення, при експертизі вогнепальних ушкоджень, для виявлення ушкоджень скелета при високоенергетичній травмі і його можна використовувати як інструмент відбору окремих частин тіла для подальшої детальної аутопсії та реконструкції перебігу подій та встановлення причини смерті. Крім того, для рентгенологічної оцінки вогнепальних ушкоджень є доцільним використання посмертної PMRI. Посмертна КТ-ангіографія особливо корисна для ідентифікації ураження судин та коронарної смерті. При віртопсії виявляли ознаки механічної асфіксії, переломи під'язикової кістки, гортані або щитоподібного хряща, внутрішньо м'язові крововиливи, що може бути використано як доповнення до розтину. Комбінований підхід у поєднанні з радіологічними методами демонструє корисність мультидисциплінарного підходу до значного зменшення кількості неідентифікованих пошкоджень.

Висновок. Аналіз літературних джерел свідчить, що як посмертна комп'ютерна томографія (РМСТ), так і посмертна магнітно-резонансна томографія (PMRI) знайшли широке використання, однак судово-медичний розтин все ще залишається золотим стандартом діагностики ушкоджень та встановлення причини смерті. У випадках механічної асфіксії внаслідок повішення за допомогою РМСТ доцільно виявляти травмування під'язикової кістки та хрящів гортані, а за допомогою PMRI крововиливи в м'які тканини ший. Виявлення за допомогою РМСТ специфічних ознак життєвості травмування тканин ший при механічній асфіксії дозволяє покращити діагностику повішення шляхом застосування інноваційних технологій та використання мультидисциплінарного підходу.

Ключові слова: судово-медична експертиза, віртопсія, механічна асфіксія, повішення.

Актуальність. Вже третє десятиліття поспіль судово-медична експертиза в світі впроваджує та розвиває використання віртопсії, як віртуальної альтернативи традиційному розтину. Запатентований Річардом Діріндофером, колишнім керівником Інституту судової медицини Бернського університету (Швейцарія) в 2001 році термін «віртопсія» знайшов широке використання серед судово-медичних експертів [1]. Поєднання посмертної комп'ютерної томографії (РМСТ), посмертної магнітно-резонансної томографії (РМРІ), 3D сканування поверхні та посмертної ангіографії, на думку засновників, є цілком достатньо, аби замінити традиційний розтин на віртуальний. РМСТ пропонує візуалізацію всього тіла, покращуючи виявлення м'яких тканин, органів, структур скелета та сторонніх об'єктів. РММР доповнює РМСТ, забезпечуючи кращий контраст м'яких тканин, тоді як ангіографія РМСТ (РМСТА) фокусується на патології судин. Ці методи, разом із 3D-фотограмметрією, значно вдосконалили криміналістичну візуалізацію, дозволяючи отримувати детальні зображення [2,3,4,5,6,7]. Віртуальний розтин та прицільна коронарографія покращують діагностичні можливості в судово-медичній галузі, в тому числі при дослідженні розкладених, або крихких залишків [8,9,10,11].

В 2023 році експерти з Інституту судової медицини Цюрихського університету (Цюрих, Швейцарія) шляхом розсилки по всьому світу анкети, що включала 18 питань, як закритих, так і відкритих, спробували встановити регіональні відмінності в застосуванні та поширенні віртопсії в судово-медичній практиці. Відповіді були отримані з 29 країн, що представляють 6 континентів від 100 установ-учасників. В більшості випадків (89%) експерти на практиці використовували посмертну комп'ютерну томографію (РМСТ) і менше половини експертів (48%) вказали, що розтин трупа необхідно проводити завжди. В переважній більшості випадків (65%) за технічне виконання РМСТ відповідали рентгенологи, а більшість установ (32%) визначили клінічних радіологів як основних осіб, відповідальних за читання, оцінку радіологічних зображень і написання

звітів. Багато респондентів (64%) повідомили, що їхні спеціалісти з читання зображень відвідували спеціалізовані курси посмертної томографії [12].

Однак практичний досвід використання даного методу виявив як позитивні його сторони, так і недоліки, які слід враховувати при використанні на практиці.

Ціль: дослідити особливості використання віртопсії при судово-медичних експертизах загиблих осіб в цілому та у випадках, де причиною смерті була механічна асфіксія через повішення.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Системний огляд електронних баз даних медичних і біологічних публікацій, бібліографічний, аналітичний.

Критерії прийнятності. Огляд виконувався відповідно до стандартів бажаних елементів звітності систематичного контролю (БЕЗСК/PRISMA)[13]. Було використано модель, що ґрунтується на фактичних даних, для створення моделі сфокусованих медичних питань (СМП/РІСО: населення, втручання, контроль і результати).

Критерії пошуку та критична оцінка. Проведено систематичний пошук літератури та критичну оцінку зібраних досліджень. Було проведено електронний пошук у PubMed та Google Scholar з початку 2013 року до 11 червня 2024 року.

Для пошуку інформації в Google Scholar були використані такі ключові слова: «віртопсія» та «віртопсія механічна асфіксія», «віртопсія повішення». Також обмежували часовий інтервал пошуку 2010-2024 роками.

Під час пошуку в базі даних PubMed (Medline) критеріями включення був дизайн дослідження, який включав книги та документи, клінічне дослідження, метааналіз, рандомізоване контрольоване дослідження, огляд, систематичний огляд, а пошук за ключовими словами здійснювали серед анотацій та повного тексту з відкритим режимом доступу. Критеріями виключення були публікації, які не відповідали меті цього огляду, результа-

ти дослідження на тваринах, мова публікації, окрім англійської та української, та анотації, які не містили повноцінної інформації щодо результатів досліджень у закритому режимі доступу. Як ключові слова використовували: *postmortem imaging OR forensic imaging AND virtopsia*, а також *mechanical asphyxia OR hanging AND virtopsia*. Часовий інтервал пошуку становив період 2013-2024 років.

Бібліографії всіх ідентифікованих документів були переглянуті та порівняні для подальшої оцінки. Методологічну оцінку кожного дослідження проводили відповідно до стандартів (БЕЗСК/PRISMA), включаючи оцінку упередженості. Збір даних включав вибір дослідження та вилучення даних.

Попередній відбір індексованих у PubMed публікацій, що задовольняли сукупним критеріям пошуку, дозволив знайти 102 та 11 публікацій у Google Scholar. Оцінювання та ідентифікація публікацій за їх назвами дозволила видалити з результатів пошуку публікації ($n=91$), які фактично не були релевантними основній меті пошуку – віртопсії в судовій медицині. Двоє дослідників незалежно один від одного переглянули документи, назва чи анотація яких виявилися доречними, і вибрали ті ($n=22$), де мова йшла про віртопсію трупів та віртопсію повішення.

У разі виникнення розбіжності думок щодо включення публікації в подальший процес скринінгу порозуміння було досягнуто шляхом обговорення.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

В судово-медичній галузі фахівцями вже неодноразово проводилася оцінка використання віртопсії на практиці. Так, станом на 2017 рік експерти, проаналізувавши попередній світовий досвід, встановили, що даний метод особливо може бути корисний в випадках ідентифікації за стоматологічним статусом, при пошкодженнях кісток черепа та при діагностиці черепно-мозкових травм [14]. Саме в випадках травм віртопсія є актуальною, адже може забезпечити цілісний огляд пошкоджень тіла, виявлення черепно-лицьових, черепно-моз-

кових, грудних, кісткових ушкоджень. Однак у метода є обмеження, які обумовлені гниттям тіла та появою патологічних зображень [15,16,17,18]. Представлено стислий огляд ролі РМСТ при травмах та особливості діагностики, який показав, що передбачувана причина смерті в результаті травми була доведена розтином приблизно в 30% випадків. Переважні недоліки залежали від давності смерті та диференційної діагностики зажиттєвих та післясмертних змін [19].

Оскільки за допомогою РМСТ добре виявляють в тілі гази, експерти, вивчивши особливості її використанні в випадках утоплення, акцентували на можливості їх виявлення в малих камерах пазух і соскоподібного відростка, дихальних шляхах, легенях, шлунково-кишковому тракті та крові з метою його діагностики [20,21,22].

Використання РМСТ може бути дуже корисним при експертизі вогнепальних ушкоджень, адже дозволяє виявляти в тілі сторонні об'єкти – снаряди та простежувати раньові канали [23]. Крім того, для рентгенологічної оцінки вогнепальних ушкоджень є доцільним використання посмертної МРТ, адже вона має явні переваги перед посмертною комп'ютерною томографією (КТ) щодо візуалізації ушкоджень м'яких тканин. Ще одна перевага використання МРТ полягає в тому, що снаряди, виготовлені з неферромагнітного матеріалу, такого як свинець, представляють лише незначні металеві артефакти порівняно з серйозними артефактами на КТ [24].

РМСТ виявився чутливим інструментом для виявлення ушкоджень скелета при високоенергетичній травмі і його можна використовувати як інструмент відбору окремих частин тіла для подальшої детальної аутопсії та реконструкції перебігу подій та встановлення причини смерті [25].

Аналізуючи експертний досвід, колеги зазначають, що посмертна КТ-ангіографія особливо корисна для ідентифікації ураження судин та коронарної смерті. Посмертна КТ-ангіографія надзвичайно розвинулася в останнє десятиліття і обіцяє потенційну заміну звичайного розтину відповідних об'єктів. Тим не

менш, на сьогодні залишається потреба в стандартизації методів візуалізації та формі звітностей для широкомасштабного впровадження методу в судово-медичну практику [26].

Багато публікації присвячені особливостям використання РМСТ при ушкодженнях внутрішніх органів, зокрема, легень [27,28], шлунково-кишкового тракту [29], органів черевної порожнини [30], серця [31], що демонструє значну вживаність та універсальність методу.

Механічна асфіксія через підвищення, будучи превалюючою причиною насильницької смерті, також зазнала використання віртопсії як методу її діагностики. Ще в 2005 році Йен, описуючи випадки посмертної РМСТ і РМРІ дев'яти осіб, які померли від підвищення та задушення руками, зазначав, що при віртопсії виявили ознаки механічної асфіксії, що узгоджуються з результатами судово-медичного розтину [32]. В 2018 році експерти дослідили наявний на той час світовий досвід віртопсії та узагальюючи відмітили, що переломи під'язикової кістки або щитоподібного хряща в основному досліджували за допомогою РМСТ, яка у порівнянні з розтином продемонструвала еквівалентні результати. Однак, без посилення вона не дозволяє виявляти крововиливи в м'які тканини, для чого більше підходить посмертна РМРІ (PMRI), адже вона майже однаково точна, як і аутопсія. Виявлений та описаний на РМСТ «знак газової бульбашки» може полегшити виявлення переломів гортані. Порівняно з розтином, посмертні РМСТ і РМРІ показують переваги у виявленні пневмомедіастину та емфіземи м'яких тканин, однак діагностика значно ускладнюється в випадку появи гнільних газів [33]. Аналіз 14 випадків використання РМСТ при підвищенні зазначив, що кістково-хрящові ураження були виявлені на РМСТ лише в половині проаналізованих випадків, тоді як зовнішній огляд дозволив вірно виявити всі ознаки. Фізичний огляд і пряма візуалізація слідів лігатур і синців на шії зазвичай не відображалися при РМСТ [34]. Дослідження на 25 трупах цінності посмертної магнітно-резонансної томографії (PMRI) порівняно з посмертною комп'ютерною томографією (РМСТ) і розтином у випадках смертельного підвищення,

показало, що при РМСТ у великій кількості випадків виявлено внутрішньом'язові крововиливи, однак при розтині експерт встановив їх не всі. РМСТ дозволила виявити переломи під'язикової кістки та хрящів гортані в більшій кількості випадків, аніж РМРІ. Таким чином, РМРІ надала додаткову діагностичну цінність у виявленні пошкоджень м'яких тканин і набряку лімфатичних вузлів, що може бути використано як доповнення до розтину [35].

Інше дослідження показало, що розтин не можна замінити посмертною радіологією для кращої ефективності діагностики механічної асфіксії і судово-медичний розтин залишається золотим стандартом в діагностиці пошкоджень хрящів гортані та м'яких тканин. Однак, комбінований підхід у поєднанні з радіологічними методами демонструє корисність мультидисциплінарного підходу до значного зменшення кількості неідентифікованих пошкоджень [36].

Відомо, що під час підвищення на хребет діють гравітаційні сили. При вивченні за допомогою РМСТ 72 випадків було встановлено, що наявність центрально розташованого феномену міжхребцевого вакууму в дисках поперекового відділу хребта можна розглядати як ознаку життєвості підвищення, особливо у осіб молодого віку при наявності кровотечі Саймона [37].

Висновки. Аналіз використання віртопсії в судово-медичній практиці свідчить, що як посмертна комп'ютерна томографія (РМСТ), так і посмертна магнітно-резонансна томографія (PMRI) знайшли широке використання, однак судово-медичний розтин все ще залишається золотим стандартом діагностики ушкоджень та встановлення причини смерті. У випадках механічної асфіксії внаслідок підвищення за допомогою РМСТ доцільно виявляти травмування під'язикової кістки та хрящів гортані, а за допомогою РМРІ - крововиливи в м'які тканини шії. Виявлення за допомогою РМСТ ознак життєвості травмування тканин шії при механічній асфіксії у вигляді «ознак газової бульбашки», пневмомедіастину, емфіземи м'яких тканин, центрально розташованого феномену міжхребцевого вакууму дозволяє покращити

діагностику підвищення шляхом застосування інноваційних технологій та використання мультидисциплінарного підходу.

Конфлікт інтересів. Автори даного рукопису стверджують, що конфлікт інтересів під час виконання дослідження та написання рукопису відсутній.

Джерела фінансування. Виконання даного дослідження та написання рукопису було виконано без зовнішнього фінансування.

REFERENCES

1. VIRTopsy – wirtschaft.ch – trademarks– Universität Bern Institut für Rechtsmedizin (IRM) Prof. Dr. R. Dirnhofer, Direktor Bern – Trademark no. P-491277 - Application no. 04728/2001.
2. Grabherr S, Egger C, Vilarino R, Campana L, Jotterand M, Dedouit F. Modern post-mortem imaging: an update on recent developments. *Forensic Sci Res.* 2017 Jun 7;2(2):52-64. PMID: 30483621; PMCID: PMC6197109. DOI: 10.1080/20961790.2017.1330738.
3. Busardò FP, Frati P, Guglielmi G, Grilli G, Pinto A, Rotondo A, Panebianco V, Fineschi V. Postmortem-computed tomography and postmortem-computed tomography-angiography: a focused update. *Radiol Med.* 2015 Sep;120(9):810-23. Epub 2015 Jun 19. PMID: 26088469. DOI: 10.1007/s11547-015-0559-4.
4. Rutty GN, Morgan B, Robinson C, Raj V, Pakkal M, Amoroso J, Visser T, Saunders S, Biggs M, Hollingbury F, McGregor A, West K, Richards C, Brown L, Harrison R, Hew R. Diagnostic accuracy of post-mortem CT with targeted coronary angiography versus autopsy for coroner-requested post-mortem investigations: a prospective, masked, comparison study. *Lancet.* 2017 Jul 8;390(10090):145-154. Epub 2017 May 24. PMID: 28551075; PMCID: PMC5506259. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)30333-1.
5. Bolliger SA, Thali MJ. Imaging and virtual autopsy: looking back and forward. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2015 Aug 5;370(1674):20140253. DOI: 10.1098/rstb.2014.0253. PMID: 26101279; PMCID: PMC4580998.
6. Sieberth T, Dobay A, Affolter R, Ebert LC. Applying virtual reality in forensics - a virtual scene walkthrough. *Forensic Sci Med Pathol.* 2019 Mar;15(1):41-47. Epub 2018 Dec 6. PMID: 30519987. DOI: 10.1007/s12024-018-0058-8.
7. D. Kreul, M. Thali, W. Schweitzer Case report: Forensic 3d-match of hair brush and scalp abrasions revealing dynamic brush deformation *J. Forens. Radiol. Imag.*, 16 (2019), pp. 34-37. DOI: 10.3390/forensicsci1020008
8. R. Baumeister, S. Gauthier, W. Schweitzer, M.J. Thali, S. Mauf Small-but fatal: postmortem computed tomography indicated acute tonsillitis *J. Forensic Radiol. Imag.*, 6 (2016), pp. 52-56. DOI: 10.1016/j.jofri.2015.11.008
9. Usui A, Kawasumi Y, Hosokai Y, Kozakai M, Saito H, Funayama M. Usefulness and limitations of postmortem computed tomography in forensic analysis of gunshot injuries: Three case reports. *Leg Med (Tokyo).* 2016 Jan;18:98-103. Epub 2016 Jan 6. PMID: 26832386. DOI: 10.1016/j.legalmed.2016.01.004.
10. Tappero C, Thali MJ, Schweitzer W. The possibility of identifying brain hemorrhage in putrefied bodies with PMCT. *Forensic Sci Med Pathol.* 2020 Dec;16(4):571-576. Epub 2020 Aug 25. PMID: 32840712; PMCID: PMC7669795. DOI: 10.1007/s12024-020-00283-8.
11. G.M. Hatch, F. Dedouit, A.M. Christensen, M.J. Thali, T.D. Ruder Radid: a pictorial review of radiologic identification using postmortem ct *J. Forensic Radiol. Imag.*, 2 (2) (2014), pp. 52-59. ISSN 2212-4780, DOI: 10.1016/j.jofri.2014.02.039.
12. Natalia Khmara, Rilana Baumeister, Wolf Schweitzer, Michael Thali, Garyfalia Ampanozi, Virtopsy concept around the world: Institute-based survey of worldwide forensic postmortem imaging, *Forensic Imaging*, Volume 37, 2024, 200595, ISSN 2666-2256, DOI: 10.1016/j.fri.2024.200595.
13. The PRISMA 2020 statement: an updated guide- line for reporting systematic reviews. *BMJ.* 2021;372:n71. DOI: 10.1136/bmj.n71.
14. Badam RK, Sownetha T, Babu DBG, Waghray S, Reddy L, Garlapati K, Chavva S. Virtopsy:

- Touch-free autopsy. *J Forensic Dent Sci.* 2017 Jan-Apr;9(1):42. PMID: 28584475; PMCID: PMC5450483. DOI: 10.4103/jfo.jfds_7_16.
15. Ananya Panda, Atin Kumar, Shivanand Gamanagatti, Biplab Mishra, Virtopsy Computed Tomography in Trauma: Normal Postmortem Changes and Pathologic Spectrum of Findings, *Current Problems in Diagnostic Radiology*, Volume 44, Issue 5, 2015, Pages 391-406, ISSN 0363-0188, <https://doi.org/10.1067/j.cpradiol.2015.03.005>.
16. Berger N, Ampanozi G, Schweitzer W, Ross SG, Gascho D, Ruder TD, Thali MJ, Flach PM. Racking the brain: detection of cerebral edema on postmortem computed tomography compared with forensic autopsy. *Eur J Radiol.* 2015 Apr;84(4):643-51. Epub 2015 Jan 7. PMID: 25604908. DOI: 10.1016/j.ejrad.2014.12.014.
17. Flach PM, Egli TC, Bolliger SA, Berger N, Ampanozi G, Thali MJ, Schweitzer W. "Blind spots" in forensic autopsy: improved detection of retrobulbar hemorrhage and orbital lesions by postmortem computed tomography (PMCT). *Leg Med (Tokyo).* 2014 Sep;16(5):274-82. Epub 2014 Jun 26. PMID: 25017308. DOI: 10.1016/j.legalmed.2014.06.003.
18. Azmitia L, Grassi S, Signorelli F, Filograna L, Pascali V, Olivi A, Visocchi M, Oliva A. Post-mortem Imaging of Brain/Spine Injuries: The Importance of a Comprehensive Forensic Approach. *Acta Neurochir Suppl.* 2023;135:27-31. PMID: 38153445. DOI: 10.1007/978-3-031-36084-8_6.
19. Chandy PE, Murray N, Khasanova E, Nasir MU, Nicolaou S, Macri F. Postmortem CT in Trauma: An Overview. *Canadian Association of Radiologists Journal.* 2020;71(3):403-414. DOI:10.1177/0846537120909503.
20. Jian JQ, Liu NG, Chen YJ. Research Progress in Virtopsy of Drowning. *Fa Yi Xue Za Zhi.* 2019 Jun;35(3):328-331. English, Chinese. Epub 2019 Jun 25. PMID: 31282630. DOI: 10.12116/j.issn.1004-5619.2019.03.013.
21. Lo Re G, Vernuccio F, Galfano MC, Picone D, Milone L, La Tona G, Argo A, Zerbo S, Salerno S, Procaccianti P, Midiri M, Lagalla R. Role of virtopsy in the post-mortem diagnosis of drowning. *Radiol Med.* 2015 Mar;120(3):304-311. Epub 2014 Jul 11. PMID: 25012474. DOI: 10.1007/s11547-014-0438-4.
22. Laurent PE, Coulange M, Mancini J, Bartoli C, Desfeux J, Piercecchi-Marti MD, Gorincour G. Postmortem CT appearance of gas collections in fatal diving accidents. *AJR Am J Roentgenol.* 2014 Sep;203(3):468-75. PMID: 25148148. DOI: 10.2214/AJR.13.12063.
23. Cascini F, Polacco M, Cittadini F, Paliani GB, Oliva A, Rossi R. Post-mortem computed tomography for forensic applications: A systematic review of gunshot deaths. *Med Sci Law.* 2020 Jan;60(1):54-62. Epub 2019 Nov 19. PMID: 31739723. DOI: 10.1177/0025802419883164.
24. Gascho D, Marosi M, Thali MJ, Deininger-Czermak E. Postmortem Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging of Gunshot Wounds to the Neck. *J Forensic Sci.* 2020 Jul;65(4):1360-1364. Epub 2020 Feb 27. PMID: 32105348. DOI: 10.1111/1556-4029.14311.
25. Di Paolo M, Maiese A, dell'Aquila M, Filomena C, Turco S, Giaconi C, Turillazzi E. Role of post mortem CT (PMCT) in high energy traumatic deaths. *Clin Ter.* 2020 Nov-Dec;171(6):e490-e500. PMID: 33151247. DOI: 10.7417/CT.2020.2263.
26. Tawfiq Zyoud TY, Abdul Rashid SN, Suppiah S, Abdul Rahim E, Mahmud R. Decoding death by unknown causes using post mortem image-guided virtopsy: A review of recent literature and the Malaysian experience. *Med J Malaysia.* 2020 Jul;75(4):411-418. PMID: 32724006.
27. Filograna L, Thali MJ. Post-mortem CT imaging of the lungs: pathological versus non-pathological findings. *Radiol Med.* 2017 Dec;122(12):902-908. Epub 2017 Aug 23. PMID: 28836139. DOI: 10.1007/s11547-017-0802-2.
28. Chatzaraki V, Heimer J, Thali MJ, Ampanozi G, Schweitzer W. Approaching pulmonary fat embolism on postmortem computed tomography. *Int J Legal Med.* 2019 Nov;133(6):1879-1887. Epub 2019 Apr 10. PMID: 30972495. DOI: 10.1007/s00414-019-02055-8.
29. Berger F, Steuer AE, Rentsch K, Gascho D,

- Stamou S, Schärli S, Thali MJ, Krämer T, Flach PM. Postmortem computed tomography and magnetic resonance imaging facilitates forensic autopsy in a fatal case of poisoning with formic acid, diphenhydramine, and ethanol. *Forensic Sci Med Pathol*. 2016 Sep;12(3):304-11. DOI: 10.1007/s12024-016-9797-6.
30. Carballeira Álvarez A, Mancini J, Tuchtan-Torrents L, Gach P, Bartoli C, Desfeux J, Piercecchi MD, Gorincour G. Diagnostic value of unenhanced postmortem computed tomography in the detection of traumatic abdominal injuries. *Diagn Interv Imaging*. 2018 Jun;99(6):397-402. Epub 2018 Feb 21. PMID: 29475777. DOI: 10.1016/j.diii.2017.12.015.
 31. Filograna L, Thali MJ, Marchetti D. Forensic relevance of post-mortem CT imaging of the haemopericardium in determining the cause of death. *Leg Med (Tokyo)*. 2014 Sep;16(5):247-51. Epub 2014 May 24. PMID: 24953834. DOI: 10.1016/j.legalmed.2014.05.005.
 32. Yen K, Thali MJ, Aghayev E, Jackowski C, Schweitzer W, Boesch C, Vock P, Dirnhofer R, Sonnenschein M. Strangulation signs: initial correlation of MRI, MSCT, and forensic neck findings. *J Magn Reson Imaging*. 2005 Oct;22(4):501-10. PMID: 16142698. DOI: 10.1002/jmri.20396.
 33. Gascho D, Heimer J, Tappero C, Schaerli S. Relevant findings on postmortem CT and postmortem MRI in hanging, ligature strangulation and manual strangulation and their additional value compared to autopsy - a systematic review. *Forensic Sci Med Pathol*. 2019 Mar;15(1):84-92. DOI: 10.1007/s12024-018-0070-z. Epub 2019 Jan 9. PMID: 30627977.
 34. Willaume та ін., Willaume T, Farrugia A, Kieffer EM, Charton J, Geraut A, Berthelon L, Bierry G, Raul JS. The benefits and pitfalls of post-mortem computed tomography in forensic external examination: A retrospective study of 145 cases. *Forensic Sci Int*. 2018 May;286:70-80. Epub 2018 Mar 7. PMID: 29571045. DOI: 10.1016/j.forsciint.2018.02.030.
 35. Deininger-Czermak, E., Heimer, J., Tappero, C. et al. The added value of postmortem magnetic resonance imaging in cases of hanging compared to postmortem computed tomography and autopsy. *Forensic Sci Med Pathol* 16, 234–242 (2020). DOI:10.1007/s12024-020-00233-4
 36. Bilotta C, Perrone G, Zerbo S, Salerno S, Adelfio V, Viola I, Lo Re G, Argo A. The Multidisciplinary Approach for the Diagnosis of Laryngohyoid Lesions: a Systematic Literature Review and Meta-Analysis. *Clin Ter*. 2023 Jan-Feb;174(1):97-108. PMID: 36655652. DOI: 10.7417/CT.2023.2504.
 37. Chatzaraki V, Tappero C, Thali MJ, Schweitzer W. Death by hanging: a retrospective case-control investigation of the intervertebral disc vacuum phenomenon on PMCT. *Forensic Sci Med Pathol*. 2018 Dec;14(4):484-496. Epub 2018 Nov 13. PMID: 30426338. DOI: 10.1007/s12024-018-0034-3.

Article history:

Received: 11.08.2024

Revision requested: 15.08.2024

Revision received: 07.09.2024

Accepted: 25.09.2024

Published: 30.09.2024

THE USING OF VIRTOPSIA IN FORENSIC MEDICAL EXAMINATION OF HANGING (literature review)

¹ Bilyakov A.M., V.V., ² Franchuk V.V., ³ Vanchuliak O.Ya.

¹ Bohomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine,

² I.Ya. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil, Ukraine,

³ Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

venik316@gmail.com

Background. For the third decade in a row, forensic medical expertise in the world has been introducing and developing the use of virtopsia as a virtual alternative to traditional examination of corpse.

It is believed that the combination of postmortem computed tomography (PMCT), postmortem magnetic resonance imaging (PMRI) 3D surface scanning and postmortem angiography is sufficient to replace the traditional autopsy with a virtual one. Yjwever, the practical experience of using virtopsia has revealed both its positive aspects and disadvantages that should be taken into account when using in practice.

Aim: to study the peculiarities of the use of virtopsia in forensic medical examinations of corpses in general and in cases where the cause of death was mechanical asphyxia due to hanging.

Material and methods: systematic review of electronic databases of medical and biological publications, bibliographic, analytical.

Results. Virtopsia can be useful in cases of identification by dental status, in case of damage of the bones of the skull and in the diagnosis of craniocerebral injuries. Analysis of the role of PMCT in trauma and diagnostic features showed that the presumed cause of death as a result of trauma was proven in approximately 30% of cases. The properties of PMCT make it possible to use it in cases of drawing, in the examination of gunshot injuries to detect skeletal injuries in high-energy trauma and it can be used as a tool for selecting individual parts of the body for further detailed autopsy and reconstruction of the cause of events and finding the cause of death. In addition, it is advisable to use postmortem PMRI for the radiological assessment of gunshot wounds. Postmortem CT angiography is particularly useful for identifying vascular involvement and coronary death. During virtopsia signs of mechanical asphyxia, fractures of the hyoid bone, larynx or thyroid cartilage and intramuscular hemorrhages were revealed which can be used as an adjunct to the autopsy. A combined approach with radiological methods demonstrates the utility of a multidisciplinary approach to significantly reduce the number of unidentified injuries.

Conclusion. Analysis of the literature suggests that both postmortem PMCT and PMRI have become widely used, but forensic medical examination of corpse is the gold standard for diagnosing injuries and determining of the cause of death yet. In cases of mechanical asphyxia due to hanging, it is advisable to use PMCT to detect injuries to the hyoid bone and cartilage of the larynx, and using PMRI to detect hemorrhages in the soft tissues of the neck. Detection of specific signs of perpetuity of neck tissue injury during mechanical asphyxia with the help of PMCT allows to improve the diagnosis of hanging by applying innovative technologies and using a multidisciplinary approach.

Key words: forensic medical expertise, virtopsia, mechanical asphyxia, hanging.