

## RADIOLOGIJA TEISMO MEDICINOJE: VIRTUALI AUTOPSIJA

**Evaldas Kilmonis<sup>1</sup>, Evaldas Keleras<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Medicinos akademija,*

<sup>2</sup>*Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Medicinos akademijos Radiologijos klinika*

**Raktažodžiai:** virtuali autopsija, virtopsija, radiologija teismo medicinoje.

### Santrauka

Virtuali autopsija (virtopsija) yra gana naujas ir šiuolaikiškas mirusiųjų tyrimo būdas, apimantis radiologijos, teismo medicinos, patologijos, fizikos ir biomechanikos sritis. Pagrindiniai ir geriausiai ištirti virtualios autopsijos metodai yra kompiuterinė tomografija, kompiuterinės tomografijos angiografija ir kompiuterine tomografija kontroliuojama biopsija bei magnetinio rezonanso tomografija. Bene sėkmingiausiai virtualios autopsijos metodai pritaikomi tiriant trauminių įvykių aukas bei nustatant skeleto sistemos pažeidimus. Kompiuterinės tomografijos angiografijos pagalba gana sėkmingai gali būti tiriami mirusieji dėl įvairių širdies ir kraujagyslių sistemos ligų. Šiame straipsnyje yra aprašoma trumpa virtualios autopsijos istorija, pagrindiniai jos tyrimo metodai, pagrindinės pritaikymo sritys bei trūkumai.

### Įvadas

Mirtis yra galutinis kiekvieno žmogaus gyvenimo etapas. Atvejais, kai mirties priežastis yra nežinoma, mirtis yra staigi, įtartina ar priešlaikinė, reikalingas kruopštus medicininis mirusiojo ištyrimas. Jau nuo senų laikų autopsija yra laikoma aukso standarto tyrimu nustatant ir tiriant mirties priežastis [1]. Per pastarąjį šimtmetį tradicinis autopsijos atlikimas reikšmingai nepasikeitė ir susideda iš išorinio mirusiojo tyrimo, evisceracijos, pagrindinių organų disekcijos ir makroskopinių patologijų identifikavimo bei histopatologinio tyrimo [2]. Daugumoje pasaulio šalių norint atlikti klinikinę autopsiją reikalingas mirusiojo artimųjų sutikimas, kuris dėl procedūros invazyvumo, religinių ar kitų įsitikinimų kartais nėra duodamas [3-5]. Kitaip nei klinikinės autopsijos, teismo medicinos autopsijos atliekamos teisėsaugos įstaigų nurodymu [3]. Pasaulyje sparčiai tobulėjant neinvaziniams ar minimaliai invaziniams radiologiniams tyrimo metodams, jie buvo pritaikyti ir mirusiųjų tyrimuose [6].

**Darbo tikslas:** apžvelgti virtualios autopsijos istoriją, pagrindines jos pritaikymo sritis ir trūkumus.

### Darbo objektas ir metodas

Atliekant šią literatūros apžvalgą buvo atlikta mokslinių straipsnių paieška PubMed (MEDLINE), GoogleScholar ir ScienceDirect duomenų bazėse. Paieškai buvo naudojami šie angliški terminai bei įvairios jų kombinacijos: autopsy/virtual autopsy/virtopsy/post mortem imaging/computed tomography/magnetic resonance imaging/computed tomography angiography/computed tomography controlled biopsy. Buvo analizuojami moksliniai straipsniai, kuriuose pateikiami virtualios autopsijos rezultatai trauminių mirčių atvejais, mirusiųjų identifikacijoje, tiriant staigias kardialines ir kt. mirties priežastis.

**Trumpa virtualios autopsijos istorija.** Radiologiniai tyrimo metodai, tokie kaip kompiuterinė tomografija (KT) ar magnetinio rezonanso tomografija (MRT), buvo labai sėkmingai pritaikyti klinikinėje medicinos praktikoje. Pirmasis mirusiojo tyrimas teismo medicinoje naudojant KT buvo atliktas 1977 metais [7,8,10]. Tačiau nepaisant šių tyrimų sėkmės klinikinėje medicinoje, ilgą laiką buvo jaučiama dėmesio stoka ar netgi akivaizdus priešiškus kalbant apie galimą šių tyrimų panaudojimą mirusiųjų tyrimuose teismo medicinoje [8,10]. Visgi nepaisant daugybės prieštaravimų įvairiose pasaulio šalyse (JAV, Danijoje, Švedijoje, Australijoje, Jungtinėje Karalystėje) KT buvo pamažu pradėta naudoti mirusiųjų tyrimuose [8]. Teismo medicinos srities revoliucija apie 1990 metus prasidėjo Šveicarijoje, kur Berno teismo medicinos institutas kartu su Berno universiteto diagnostinės ir neuroradiologijos institutais pradėjo „Virtopsy“ projektą. Pradinis šio projekto tikslas buvo tirti mirusiuosius KT ir MRT metodais ir palyginti šių tyrimų rezultatus su tradicinės autopsijos [9,10]. 2006 metais Šveicarijoje buvo pradėti „Virtopsy“ kursai, skirti teismo medicinos ir radiologijos sričių gydytojams [8].

**Virtualios autopsijos tyrimų metodai.** Virtuali autopsija (virtopsija) yra multidisciplininis mirusiojo tyrimo metodas,

apimantis radiologijos, teismo medicinos, patologijos, fizikos ir biomechanikos sritis. Pagrindiniai virtualios autopsijos tyrimo metodai yra 3-dimensijų kūno paviršiaus skenavimas, kompiuterinė tomografija (KT), kompiuterinės tomografijos angiografija bei kompiuterine tomografija kontroliuojama biopsija ir magnetinio rezonanso tomografija (MRT) [8-12].

### **Virtualios autopsijos panaudojimo sritys**

**Traumos.** Traumos yra viena pagrindinių mirties priežasčių pasaulyje. Pasaulinės sveikatos organizacijos (PSO) duomenimis, vidutiniškai kas 5 sekundes pasaulyje dėl trauminių įvykių miršta žmogus [13]. Dar 1994 metais Donchin ir kt. publikavo studiją, kurios metu buvo lyginami KT ir tradicinės teismo medicinos autopsijos rezultatai tiriant įvairių traumų aukas. Studija parodė, kad KT tyrimu buvo nustatyta statistiškai reikšmingai daugiau kaulų lūžių nei autopsijos metu. Tačiau diagnozuojant įvairius minkštųjų audinių ir vidaus organų pažeidimus pranašumą turėjo autopsija. Ši studija suteikė vilties, kad KT gali būti labai naudinga papildomu diagnostiniu įrankiu tiriant trauminių įvykių aukas [14]. 2009 metais buvo publikuota Schooling ir bendraautorė atlikta sisteminė apžvalga, apie KT naudą tiriant trauminių įvykių aukas. Į apžvalgą buvo įtraukta 15 studijų, kuriose iš viso buvo tirti 244 mirusieji. Buvo nustatyta, kad KT metu nustatytos mirties priežasties sutapimas su nustatyta autopsijos metu tarp studijų svyravo nuo 46 iki 100%. Studijų metu nustatytas įvairių pažeidimų skaičius lyginant KT su autopsija svyravo nuo 53 iki 100%. Tyrėjai padarė išvadą, kad nepakanka duomenų teigti, jog KT gali būti alternatyvus tradicinei autopsijai mirusiųjų tyrimo metodas. Tačiau po mirties atliekama KT gali būti puikus papildomas diagnostinis įrankis greta tradicinės autopsijos tiriant trauminių įvykių aukas teismo medicinoje [3]. Le Blanc-Louvy ir kt. 2013 metais publikuotoje studijoje mirusieji trauminių įvykių metu buvo tiriami KT metodu, lyginant rezultatus su autopsijos metu pasiektais rezultatais. Studijoje buvo tirtos 62 trauminių įvykių aukos. Studijoje buvo gautas labai geras konkordantiškumas tarp KT ir autopsijos nustatant kaukolės ir kaukolės pamato lūžius. Geras konkordantiškumas buvo gautas nustatant veido, stuburo, dubens kaulų lūžius, kurių didesnis skaičius buvo nustatytas KT metodu. Diskordantiškumas tarp metodų buvo stebėtas nustatant intrakranijinius sužeidimus, pvz. subdūrines hematomas, taip pat plaučių, kraujagyslių pažeidimus: šiais atvejais didesnis sužeidimų skaičius buvo nustatytas autopsijos metu [15]. 2012 metais publikuotoje Ross ir kolegų atliktoje retrospektyvinėje studijoje buvo tirtas MRT panaudojimas tiriant trauminių įvykių aukas. Studijoje buvo nustatyta, kad 39 iš 40 tirtų mirusiųjų atvejų MRT metodu nustatyta mirties priežastis sutapo su nustatyta teismo medicinos autopsijos metu. MRT jautrumas

nustatant įvairius pažeidimus šioje studijoje svyravo nuo 40% (galūnių kaulų lūžiai) iki 100% (pneumotoraksas). Nustatant kepenų pažeidimus MRT turėjo 80%, blužnies – 50%, inkstų – 66% jautrumą [16]. Jalalzadeh su bendraautoriais 2015 metais publikavo sisteminę apžvalgą, kurioje buvo tiriamas virtualios autopsijos panaudojimas trauminių įvykių aukoms. Į šią sisteminę apžvalgą buvo įtrauktos 26 studijos, kuriose iš viso buvo tirti 563 mirusieji. Mirusieji įtrauktose studijose buvo tiriami KT (22 studijos), MRT (5 studijos) bei konvencinės rentgenografijos (2 studijos) metodais. Tyrėjai nustatė, kad KT pasižymi didesniu jautrumu nei tradicinė autopsija ir MRT tyrimas nustatant skeleto sistemos pažeidimus. Tačiau diagnozuojant vidaus organų ir minkštųjų audinių pažeidimus, autopsija vis dar pasižymi geresniais rezultatais nei radiologiniai tyrimo metodai. Taip pat nustatyta, kad aortos pažeidimai yra dažnai neaptinkami mirusiųjų tiriant bekontrastiniais virtualios autopsijos metodais ir yra vienas reikšmingiausių virtualios autopsijos trūkumų. Jų nuomone, KT turėtų būti naudojamas kaip papildomas tiriant mirusiųjų įvairių trauminių įvykių metu, nes jo pagalba galima nustatyti kitais tyrimais neaptinkamus organizmo sužeidimus. Tačiau atvejais, kai tradicinės autopsijos atlikti nėra galimybių, virtualios autopsijos metodai, ypač KT, turėtų būti atliekama kaip alternatyva jai [17]. Taigi viena sėkmingiausių virtualios autopsijos panaudojimo sričių yra tirti mirusiųjų trauminių įvykių atveju.

**Mirusiųjų tapatybės nustatymas.** Mirusiųjų tapatybės nustatymas (identifikacija) yra dar viena sritis, kurioje radiologiniai tyrimo metodai gali būti pritaikomi teismo medicinoje. Tai ypač aktualu tiriant sunkius ir slepiamus nusikaltimus. Ištyrus mirusiųjų radiologiniais tyrimo metodais, gautus vaizdus galima palyginti su atliktais prieš mirtį ir tokiu principu nustatyti asmens tapatybę [18]. Radiologiniai tyrimo metodai gali būti panaudojami identifikuojant masinių tragedijų aukas, kai mirusiųjų kūnai yra neatpažįstamai suniokojami. 1995 metais Jungtinėse Amerikos Valstijose (JAV), Oklahomoje, buvo subombarduotas Alfred P. Murrah federalinis pastatas, žuvo 168 žmonės. Naudojantis konvencine rentgenografija tyrėjams pavyko nustatyti 6 žuvusiųjų asmenų tapatybes [19]. KT metodu galima gana sėkmingai tirti minkštuosius audinius ir vidaus organus bei matomas patologijas susieti su asmens medicininėje istorijoje esančiais duomenimis, pvz., buvusiomis chirurginėmis operacijomis – tai taip pat gali padėti identifikuoti mirusiojo tapatybę [20]. Pastaraisiais metais studijose tiriamos įvairios mirusiųjų identifikavimo metodikos naudojant radiologinius tyrimo metodus. Weiss ir bendraautorė 2018 metais publikuotoje studijoje buvo atliekami morfologiniai ir morfometriniai mirusiųjų asmenų krūtinkaulių tyrimai naudojant KT tyrimą. Duomenys buvo lyginami su gautais analizuojant prieš mirtį

atliktus KT vaizdus. Naudojant autorių pasirinktą metodiką sėkmingą asmens tapatybės identifikaciją pavyko pasiekti 65,1% atvejų [21].

**Kompiuterinės tomografijos angiografija ir kompiuterine tomografija kontroliuojama biopsija.** Po mirties atliekama bekontrastinė KT pasižymi gerais rezultatais tiriant trauminių įvykių aukas, nustatant skeleto sistemos pažeidimus, svertimkūnius ir patologinį oro susikaupimą. Tačiau tiriant mirusius natūralia mirtimi, nustatant vidaus organų, kraujagyslių patologiją bekontrastinė KT susiduria su dideliais sunkumais [22]. Bekontrastinė KT gali vizualizuoti stambiąsias kraujagysles, nustatyti kraujagyslių kalcifikaciją, pvz. vainikinių arterijų sklerozę. Tačiau tirti smulkias kraujagysles, nustatyti kraujagyslių okliuziją, kraujavimo šaltinį bekontrastinės KT metodu yra sunkiai įmanoma [8]. Todėl pastaraisiais dešimtmečiais buvo pradėtos tyrinėti ir KT angiografijos galimybės mirusiųjų tyrimuose [23,24,27]. Šiuo metu aprašomos kelios pagrindinės dažniausiai naudojamos KT angiografijos atlikimo technikos [25]. Vienos iš aprašomų technikų metu yra punktuojamos stambios šlaunies kraujagyslės (šlaunies vena ir arterija) vienoje kūno pusėje, tačiau priklausomai nuo metodikos gali būti pasirenkamos ir kaklo (jungo vena ir miego arterija) ar viršutinių galūnių kraujagyslės (žasto arterija ir vena). Prieš leidžiant į kraujagysles kontrastinę medžiagą, turėtų būti paimti visi reikalingi kūno skysčių (kraujas, likvoras, šlapimas ir kt.) mėginiai. Kad nebūtų pažeistos smulkios kraujagyslės, kontrastinės medžiagos leidimo greitis neturėtų viršyti 600 ml/min. Naudojant spaudimą reguliuojančias sistemas, galima gauti naudingos informacijos apie intravaskulinį slėgį [26]. Kaip kontrastinė medžiaga gali būti naudojamas vandenyje tirpus jonizuotas kontrastas, sumaišytas su polietilenglikoliu santykiu 1:10 [24]. Kontrasto suleidimas ir skenavimas atliekamas dviem etapais: pirmiausia kontrastas leidžiamas į arteriją, vėliau – į veną. Jeigu atlikus bekontrastinius KT vaizdus įtariama veninės sistemos patologija, tokia kaip plaučių embolija, kontrastas pirmiau leidžiamas į veninę sistemą [26]. Palmiere ir kt. 2012 metais publikavo studiją, kurios metu buvo tiriamos KT angiografijos diagnostinės galimybės tiriant ūmaus kraujavimo aukas. KT angiografijos rezultatai buvo lyginami su priešmirtiniais radiologiniais tyrimais (konvencine angiografija, bekontrastine KT, KT angiografija) bei teismo medicinos autopsijos metu gautais duomenimis. Studijoje buvo analizuojami 9 intensyvios terapijos skyriuje mirusiųjų pacientų, kuriems prieš mirtį buvo atlikti minėti radiologiniai tyrimai kraujavimo šaltiniui nustatyti, duomenys. Studija parodė, kad priešmirtiniai radiologiniai tyrimai bei po mirties atlikta KT angiografija pasižymėjo panašiais rezultatais, tačiau po mirties atlikta KT angiografija turėjo didesnę jautrumą nustatant kraujavimo šaltinį. Pomirtinė KT

angiografija pasižymėjo didesniu jautrumu nustatant kraujavimo šaltinį lyginant ją ir su tradicine teismo medicinos autopsija [28]. Išeminė širdies liga yra pagrindinė mirčių priežastis išsivysčiusiose pasaulio šalyse [29]. Staigi kardialinė mirtis ištinka mažiau nei per 1 valandą nuo simptomų pradžios, yra glaudžiai susijusi su paciento amžiumi bei išemine širdies liga ir užima svarbią vietą teismo medicinos gydytojo praktikoje [30,31]. Pastaraisiais metais įvairiose studijose aktyviai tiriamos KT angiografijos diagnostinės galimybės širdies ir kraujagyslių ligoms. Studijos demonstruoja pakankamai gerus KT angiografijos tyrimo rezultatus [32-34]. 2018 metais La Russa su kolegomis publikavo sisteminę apžvalgą ir metaanalizę, kurioje buvo analizuojami KT angiografijos rezultatai tiriant staigios kardialinės mirties dėl išeminės širdies ligos aukas. Į metaanalizę buvo įtrauktos 7 studijos, kuriose iš viso buvo tirti 127 mirusieji. Atliekant statistinę analizę buvo nustatyta, kad bendras KT angiografijos jautrumas ir specifškumas tarp studijų siekė atitinkamai 92 % ir 95 %. Studija parodė, kad KT angiografija pasižymėjo dideliu tikslumu nustatant koronarinių kraujagyslių pokyčius, tačiau buvo mažiau tiksli nustatant miokardo išemiją ir nekrozę. Autoriai padarė išvadą, nors autopsija vis dar išlieka aukso standarto tyrimu nustatant staigios kardialinės mirties priežastis, KT angiografija yra labai naudingas papildomas diagnostinis įrankis, galintis pagerinti tradicinės autopsijos rezultatus [35]. 2017 metais Ruddy ir bendraautorių paskelbtoje prospektyvinėje, kontroliuojamoje studijoje buvo tiriamos KT angiografijos galimybės natūralių ir neįtartinų nenatūralių mirtčių atvejais. KT angiografijos rezultatai buvo lyginami su gautais tradicinės autopsijos metu. Pagrindinis tyrėjų tikslas buvo nustatyti KT angiografijos tikslumą nustatant mirties priežastį. 193 iš 204 mirusiųjų (93%) KT angiografijos metodu buvo sėkmingai nustatyta mirties priežastis. Tyrėjai padarė išvadą, jog KT angiografija gali būti atliekama kaip alternatyva tradicinei autopsijai. Tačiau aukso standartu tiriant mirusiuosius turėtų būti pirmiausia atlikti KT angiografija, o po jos – tradicinė autopsija [36]. KT kontroliuojama biopsija yra dar vienas virtualios autopsijos metodas. Jo pagalba galima histologiniams, toksikologiniams, mikrobiologiniams ir kitiems tyrimams tiksliai paimti mirusiojo audinių, skysčių mėginius [8,37]. Bolliger ir kt. 2010 metais paskelbė studiją, kurioje buvo tiriamos bekontrastinės KT, KT angiografijos ir KT kontroliuojamos biopsijos galimybės tiriant natūralia mirtimi mirusius asmenis. Studija parodė, kad 18 iš 20 atvejų šių virtualios autopsijos metodų rezultatai (pagrindinės patologijos bei mirties priežastys) sutapo su nustatytais autopsijos metu. Vienu iš nesutapusių atvejų buvo neteisingai įvertinta miokardo išemija; kitu atveju virtualia autopsija nebuvo nustatyta hipotermijos požymių [38]. 2012 metais Ross su kolegomis

publikavo studiją, kurioje buvo tiriamos staigios mirties po krūtinės skausmo aukos. Mirusiesiems tirti buvo naudota KT angiografija bei KT kontroliuojama miokardo ir plaučių biopsija: jų rezultatai buvo palyginti su autopsijos. Tyrėjai nustatė, jog 19 iš 20 atvejų, KT angiografija kartu su KT kontroliuojama biopsija nustatė tokią pat mirties priežastį, kokia buvo nustatyta autopsijos metu. Vienu diskordantišku atveju radiologiniais tyrimo metodais buvo nenustatytas ankstyvas papiliarinių raumenų infarktas. Autoriai padarė išvadą, kad KT angiografija ir KT kontroliuojama biopsija turi didelio potencialo tiriant mirusiuosius dėl kardiovaskulinės patologijos [40]. Audinių mėginių paėmimui yra kuriamos robotizuotos, automatinės sistemos, tokios kaip „Virtobot“ ar „B-Rob“. Tyrimų metu šios sistemos pasižymėjo pakankamai aukštu tikslumu ir dideliu procedūros atlikimo greičiu [40,41].

**Pagrindiniai virtualios autopsijos trūkumai.** Vienas pagrindinių virtualios autopsijos trūkumų: radiologinius vaizdus vertinantis gydytojas dažniausiai nemato mirusiuoju, negali savo rankomis įvertinti audinių konsistencijos, taip pat jų spalvos ir kvapo [42]. Svarbus aspektas yra tai, jog gyvų ir mirusių asmenų radiologinių vaizdų interpretavimas yra labai skirtingas, todėl didžiulę reikšmę turi radiologinius vaizdus vertinančio gydytojo žinios ir patirtis šioje srityje. Neabejotinai didelę reikšmę turi ir finansinis aspektas: virtuali autopsija yra pakankamai brangus tyrimo metodas net ir ekonomiškai išsivysčiusiems Vakarų šalims [8].

### Išvados

Virtuali autopsija yra inovatyvus ir šiuolaikiškas mirusiųjų tyrimo metodas, kurio metu pritaikomos naujausios radiologijos, fizikos ir biomechanikos žinios bei technologijos. Bene sėkmingiausiai virtualios autopsijos metodai pritaikomi tiriant trauminių įvykių aukas. Daugelio studijų duomenimis, virtualios autopsijos metodais galima nustatyti statistiškai reikšmingai didesnę skeleto sistemos pažeidimų skaičių nei tradicine autopsija. Tai ypač svarbu teismo medicinos specialistams atkuriant įvairių trauminių įvykių eigą. Taikant KT angiografiją galima gana sėkmingai tirti mirusiuosius dėl kardiovaskulinės patologijos bei natūralios mirties atvejais. KT kontroliuojamos biopsijos ir naujausių robotizuotų sistemų pagalba galima tiksliai ir greitai paimti įtartinų audinių mėginius tolimesniems tyrimams. Svarbiausi virtualios autopsijos trūkumai yra susiję su didele šio tyrimo finansine kaina bei tyrėjo patirtimi. Nors didžioji dalis šiuo metu atliktu studijų nerekomenduoja naudoti virtualios autopsijos, kaip alternatyvos tradicinei autopsijai, ji neabejotinai gali būti naudojama kaip labai naudingas papildomas diagnostinis įrankis tiriant mirusiuosius.

### Literatūra

1. Abhishek D, Ranadip C. Searching cause of death through different autopsy methods: A new initiative. *J Family Med Prim Care* 2017 Apr-Jun; 6(2): 191–195. [https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc\\_194\\_16](https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_194_16)
2. Roberts IS, Benamore RE, Benbow EW, Lee SH, Harris JN, Jackson A. et al. Postmortem imaging as an alternative to autopsy in the diagnosis of adult deaths: a validation study. *Lancet* 2012 Jan 14; 379(9811): 136–142. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)61483-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)61483-9)
3. Scholing M, Saltzherr TP, Fung Kon Jin PHP, Ponsen KJ, Reitsma JB, Lameris JS. et al. The value of postmortem computed tomography as an alternative for autopsy in trauma victims: a systematic review. *Eur Radiol.* 2009 Oct; 19(10): 2333–2341. <https://doi.org/10.1007/s00330-009-1440-4>
4. Gatrad AR. Muslim customs surrounding death, bereavement, postmortem examinations, and organ transplants. *BMJ* 1994; 309:521–3. <https://doi.org/10.1136/bmj.309.6953.521>
5. Pomara C, Fineschi V, Scalzo G, Guglielmi G. Virtopsy versus digital autopsy: virtual autopsy. *Radiol Med* 2009; 114:1367–82. <https://doi.org/10.1007/s11547-009-0435-1>
6. Dirnhofer R, Jackowski C, Vock P, Potter K, Thali MJ. Virtopsy: minimally invasive, imaging-guided virtual autopsy. *Radiographics.* 2006; 26:1305–33. <https://doi.org/10.1148/rg.265065001>
7. Wüllenweber R, Schneider V, Grumme T. A computer-tomographical examination of cranial bullet wounds. *Z. Rechtsmed* 1977; 80, 227–246. <https://doi.org/10.1007/BF02114619>
8. 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.
9. Thali MJ, Jackowski C, Oesterhelweg L, Ross SG, Dirnhofer R. Virtopsy - the Swiss virtual autopsy approach. *Leg Med (Tokyo).* 2007 Mar; 9(2):100–4. Epub 2007 Feb 1. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2006.11.011>
10. Bolliger SA, Thali MJ, Ross S, Buck U, Neather S, Vock P. Virtual autopsy using imaging: bridging radiologic and forensic sciences. A review of the virtopsy and similar projects. *Eur Radiol.* 2008 Feb; 18(2):273–82. Epub 2007 Aug 18. <https://doi.org/10.1007/s00330-007-0737-4>
11. Thali MJ, Yen K, Schweitzer W, Vock P, Boesch C, Ozdoba C. 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 Mar; 48(2):386–403. <https://doi.org/10.1520/JFS2002166>
12. Bolliger SA, Filograna L, Spendlove D, Thali MJ, Dirnhofer



- S, Ross S. Postmortem imaging guided biopsy as an adjuvant to minimally invasive autopsy with CT and postmortem angiography: a feasibility study. *AJR Am J Roentgenol* 2010 Nov;195(5):1051-6.  
<https://doi.org/10.2214/AJR.10.4600>
13. Injuries and Violence: The Facts. World Health Organization. 2010; Available from: [http://whqlibdoc.who.int/publications/2010/9789241599375\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2010/9789241599375_eng.pdf)
14. Donchin Y, Rivkind AI, Bar-Ziv J, Hiss J, Almog J, Drescher M. Utility of postmortem computed tomography in trauma victims. *J Trauma* 1994 Oct; 37(4):552-5; discussion 555-6. <https://doi.org/10.1097/00005373-199410000-00006>
15. Le Blanc-Louvry I, Thureau S, Duval C, Papin-Lefebvre F, Thiebot J, Dacher JN. et al. Postmortem computed tomography compared to forensic autopsy findings: a French experience. *Eur Radiol* 2013 Jul;23(7):1829-35.  
<https://doi.org/10.1007/s00330-013-2779-0>
16. Ross S, Ebner L, Flach P, Brodhage R, Bolliger SA, Christe A. et al. Postmortem whole body MRI in traumatic causes of death. *AJR Am J Roentgenol* 2012 Dec;199(6):1186-92. <https://doi.org/10.2214/AJR.12.8767>
17. Jalalzadeh H, Giannakopoulos GF, Berger FH, Fronczek J, van de Goot FRW, Reijnders UJ. et al. Postmortem imaging compared with autopsy in trauma victims--A systematic review. *Forensic Sci Int* 2015 Dec;257:29-48.  
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2015.07.026>
18. Dedouit F, Savall F, Mokrane FZ, Rousseau H, Crubézy E, Rougé D. et al. Virtual anthropology and forensic identification using multidetector CT. *Br J Radiol* 2014 Apr;87(1036):20130468.  
<https://doi.org/10.1259/bjr.20130468>
19. Nye PJ, Tytle TL, Jarman RN, Eaton BG. The role of radiology in the Oklahoma city bombing. *Radiology* 1996 Aug; 200(2):541-3.  
<https://doi.org/10.1148/radiology.200.2.8685354>
20. Morgan B, Adlam B, Robinson C, Pakkal M, Ruttly GN. Adult post-mortem imaging in traumatic and cardiorespiratory death and its relation to clinical radiological imaging. *Br J Radiol* 2014 Apr;87(1036):20130662.
21. Weiss G, Wittig H, Scheurer E, Ruprecht R, Lenz C. et al. Identification of deceased based on sternal bone computed tomography features. *Forensic Sci Int*. 2018 May;286:233-238. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2018.03.018>
22. Bolliger SA, Filograna L, Spendlove D, Thali MJ, Dirnhofer S, Ross S. Postmortem imaging guided biopsy as an adjuvant to minimally invasive autopsy with CT and postmortem angiography: a feasibility study. *AJR Am J Roentgenol* 2010 Nov;195(5):1051-6.  
<https://doi.org/10.2214/AJR.10.4600>
23. Jackowski C, Sonnenschein M, Thali MJ, Aghayev E, von Allmen G, Yen K. et al. Virtopsy: postmortem minimally invasive angiography using cross section techniques implementation and preliminary results. *J Forensic Sci* 2005 Sep;50(5):1175-86.  
<https://doi.org/10.1520/JFS2005023>
24. Ross S, Spendlove D, Bolliger S, Christe A, Oesterhelweg L, Grabherr S. et al. Postmortem whole body CT angiography: evaluation of two contrast media solutions. *AJR Am J Roentgenol* 2008 May;190(5):1380-9.  
<https://doi.org/10.2214/AJR.07.3082>
25. Busardò FP, Frati P, Guglielmi G, Grilli G, Pinto A, Rotondo A. et al. Postmortem computed tomography and postmortem-computed tomography angiography: a focused update. *Radiol Med*. 2015 Sep;120(9):810-23.  
<https://doi.org/10.1007/s11547-015-0559-4>
26. Ross SG, Bolliger SA, Ampanozi G, Oesterhelweg L, Thali MJ, Flach PM. Postmortem CT angiography: capabilities and limitations in traumatic and natural causes of death. *Radiographics* 2014 May-Jun; 34(3):830-46.  
<https://doi.org/10.1148/rg.343115169>
27. Grabherr S, Gyax E, Sollberger B, Ross S, Oesterhelweg L, Bolliger S. et al. Two step postmortem angiography with a modified heart lung machine: preliminary results. *AJR Am J Roentgenol* 2008 Feb;190(2):345-51.  
<https://doi.org/10.2214/AJR.07.2261>
28. Palmiere C, Binaghi S, Doenz F, Bize P, Chevallier C, Mangin P. et al. Detection of hemorrhage source: the diagnostic value of postmortem CT-angiography. *Forensic Sci Int* 2012 Oct 10;222(1-3):33-9.  
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2012.04.031>
29. Chugh SS, Reinier K, Teodorescu C, Evanado A, Kehr E, Al Samara M. et al. Epidemiology of sudden cardiac death: clinical and research implications. *Prog Cardiovasc Dis* 2008; 51(3):213-228.  
<https://doi.org/10.1016/j.pcad.2008.06.003>
30. Hyashi M, Shizimu W, Albert CM. The spectrum of epidemiology underlying sudden cardiac death. *Circ Res* 2015; 116(12):1887-1906.  
<https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.116.304521>
31. Michaud K, Grabherr S, Jackowski C, Bollmann MD, Doenz F, Mangin P. Postmortem imaging of sudden cardiac death. *Int J Legal Med* 2014 Jan;128(1):127-37.  
<https://doi.org/10.1007/s00414-013-0819-6>
32. Westphal SE, Apitzsch JC, Penzkofer T, Kuhl CK, Mahnken AH, Knüchel R. Contrast enhanced postmortem computed tomography in clinical pathology: enhanced value of 20 clinical autopsies. *Hum Pathol* 2014 Sep;45(9):1813-23.  
<https://doi.org/10.1016/j.humpath.2014.05.007>
33. Palmiere C, Lobrinus JA, Mangin P, Grabherr S. Detection of coronary thrombosis after multiphase postmortem CT-angiography. *Leg Med (Tokyo)* 2013 Jan;15(1):12-8.  
<https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2012.08.005>
34. Michaud K, Grabherr S, Doenz F, Mangin P. Evaluation of postmortem MDCT and MDCT angiography for the investigation

- of sudden cardiac death related to atherosclerotic coronary artery disease. *Int J Cardiovasc Imaging* 2012 Oct;28(7):1807-22. <https://doi.org/10.1007/s10554-012-0012-x>
35. La Russa R, Catalano C, Di Sanzo M, Scopetti M, Gatto V, Santurro A. et al. Postmortem computed tomography angiography (PMCTA) and traditional autopsy in cases of sudden cardiac death due to coronary artery disease: a systematic review and metaanalysis. *Radiol Med* 2019 Feb;124(2):109-117. <https://doi.org/10.1007/s11547-018-0943-y>
36. Ruttu GN, Morgan B, Robinson C, Raj V, Pakkal M, Amoroso J. et al. Diagnostic accuracy of postmortem CT with targeted coronary angiography versus autopsy for coroner-requested postmortem investigations: a prospective, masked, comparison study. *Lancet* 2017 Jul 8;390(10090):145-154. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30333-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30333-1)
37. Aghayev E, Thali MJ, Sonnenschein M, Jackowski C, Dirnhofner R, Vock P. Postmortem tissue sampling using computed tomography guidance. *Forensic Sci Int* 2007 Mar 2;166(2-3):199-203. Epub 2006 Jun 30. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2006.05.035>
38. Bolliger SA, Filograna L, Spendlove D, Thali MJ, Dirnhofner S, Ross S. Postmortem imaging-guided biopsy as an adjuvant to minimally invasive autopsy with CT and postmortem angiography: a feasibility study. *AJR Am J Roentgenol* 2010 Nov;195(5):1051-6. <https://doi.org/10.2214/AJR.10.4600>
39. Ross SG, Thali MJ, Bolliger S, Germerott T, Ruder TD, Flach PM. Sudden death after chest pain: feasibility of virtual autopsy with postmortem CT angiography and biopsy. *Radiology* 2012 Jul;264(1):250-9. <https://doi.org/10.1148/radiol.12092415>
40. Ebert LC, Ptacek W, Breitbeck R, Fürst M, Kronreif G, Martinez RM. et al. Virtobot 2.0: the future of automated surface documentation and CT-guided needle placement in forensic medicine. *Forensic Sci Med Pathol* 2014 Jun;10(2):179-86. <https://doi.org/10.1007/s12024-013-9520-9>
41. Martinez RM, Ptacek W, Schweitzer W, Kronreif G, Fürst M, Thali MJ. et al. CT-guided, minimally invasive, postmortem needle biopsy using the B-Rob II needle-positioning robot. *J Forensic Sci* 2014 Mar;59(2):517-21. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12329>
42. Badam RK, Sownetha T, Babu DBG, Waghay S, Reddy L, Garlapati K. et al. Virtopsy: Touch-free autopsy. *J Forensic Dent Sci* 2017 Jan-Apr;9(1):42.

## RADIOLOGY IN FORENSIC MEDICINE:VIRTUAL AUTOPSY. A LITERATURE REVIEW

**E.Kilmonis, E.Keleras**

Key words: virtual autopsy, virtopsy, radiology, forensic medicine.

### Summary

Virtual autopsy (virtopsy) is a new and modern way of examining deceased. It combines fields of radiology, forensic medicine, pathology, physics and biochemomechanics. The main virtual autopsy tools are computed tomography, computed tomography angiography, computed tomography controlled biopsy and magnetic resonance imaging. The best results of virtual autopsy could be seen in the investigation of traumatic deaths. Moreover, computed tomography angiography show promising results in the investigation of cardiovascular diseases and natural deaths. This article describes a short history of virtual autopsy, main uses and disadvantages of virtual autopsy methods.

Correspondence to: [kilm.evaldas@gmail.com](mailto:kilm.evaldas@gmail.com)

Gauta 2019-03-26