

Artigo Revisão / Review Article

## Autópsias Virtuais no Âmbito Forense: Alcances e Limitações

### *Virtual Autopsies in the Forensic Field: Achievements and Limitations*

Matilde Figueiredo Lopes<sup>1</sup>, Francisco Corte Real<sup>2</sup>, Carla Pinto Monteiro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, Portugal

<sup>2</sup>Professor associado com agregação, na Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, Portugal, Presidente do Instituto Nacional de Medicina Legal e Ciências Forenses, Coimbra, Portugal

<sup>3</sup>Especialista Superior em Medicina Legal e Mestre em Medicina Legal e Ciências Forenses pela FMUC; Chefe de Divisão da Unidade de Acompanhamento da Produção Pericial e Gestora da Qualidade da Delegação do Centro, Instituto Nacional de Medicina Legal e Ciências Forenses, Coimbra, Portugal

#### Address

Matilde Pais Figueiredo Lopes  
Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra  
Pólo III – Pólo das Ciências da Saúde  
Azinha de Santa Comba, Celas  
3000-548, Coimbra, Portugal  
e-mail: matildelopes28@gmail.com

Recebido: 05/03/2024

Aceite: 13/04/2024

Publicado: 31/08/2024



Creative Commons – Atribuição  
Uso Não-Comercial – (CC-BY-NC)

#### Resumo

A autópsia virtual é um método inovador, que tem vindo a solidificar a sua relevância na área da imagiologia forense. Há várias técnicas post mortem, contudo na área forense evidenciam-se a tomografia computadorizada post mortem e a ressonância magnética post mortem. Esta abordagem é capaz de fornecer elementos periciais relevantes para a Patologia Forense, através da análise de imagens recolhidas, de forma não invasiva e preservando a integridade do cadáver, com o intuito de esclarecer a causa e as circunstâncias da morte, a identificação do cadáver e a realização de estudos tanatológicos e antropológicos. O objetivo principal deste trabalho é expor os alcances e as limitações da abordagem da autópsia virtual assim como a sua aplicabilidade no âmbito forense, focando, essencialmente, nas técnicas de tomografia computadorizada post mortem e de ressonância magnética post mortem. Mas será que a autópsia virtual poderá vir a substituir a autópsia invasiva, em algum momento? Ou será considerada, apenas, como um complemento? O uso desta abordagem como um método de “screening” será exequível? São estas e outras questões que os autores pretendem esclarecer através de uma revisão narrativa. Para isso foi realizado um levantamento por pesquisa na PubMed e outras bases de dados a partir de 1 de janeiro de 2015 até 31 de novembro de 2023, tendo sido incluído conteúdo que se mostrou pertinente fora desse espaço temporal. Como conclusão, a autópsia virtual pode ser recomendada como uma alternativa prática de diagnóstico quando a autópsia convencional não é possível e pode desempenhar um papel como método de “screening”, sobretudo para mortes traumáticas.

#### Palavras-chave

Autópsia virtual; Virtópsia; Imagem post mortem; Imagem forense.

#### Abstract

Virtual autopsy is an innovative method that has solidified its relevance in the field of forensic imaging. There are various post-mortem techniques, but post-mortem computed tomography and post-mortem magnetic resonance imaging stand out in the forensic area. This approach is capable of providing relevant expert evidence for Forensic Pathology, by analyzing images collected in a non-invasive way and preserving the integrity of the corpse, with the aim of clarifying the cause and circumstances of death, identifying the corpse and carrying out thanatological and anthropological studies. The main aim of this paper is to explain the scope and limitations of the virtual autopsy approach and its applicability in the forensic field, focusing essentially on post-mortem computed tomography and post-mortem magnetic resonance imaging techniques. But could virtual autopsy replace invasive autopsy at some point? Or will it only be seen as a complement? Is it feasible to use this approach as a screening method? The authors aim to clarify these and other questions through a narrative review. To this end, a survey was carried out by searching PubMed and other databases from 1 January 2015 to 31 November 2023, including content that proved pertinent outside this time frame. In conclusion, virtual autopsy can be recommended as a practical diagnostic alternative when conventional autopsy is not possible and can play a role as a screening method, especially for traumatic deaths.

#### Keywords

Virtual autopsy; Virtopsy; Postmortem imaging; Forensic imaging.

## 1. Introdução

A imagiologia forense reúne a ciência forense com a imagiologia, e o seu objetivo é, através da aplicação dos diferentes métodos de imagem médica, resolver problemas forenses.<sup>1</sup> A autópsia virtual é um método recente que tem vindo a ganhar notoriedade, nas últimas décadas. Na literatura, a autópsia virtual assume outras designações como virtópsia, necrópsia virtual, autópsia digital, autópsia minimamente invasiva ou não invasiva.

O termo virtópsia é derivado de “virtus” que significa útil e eficiente, que é conjugado com “autos” e “opsis” que se refere a “ver com os próprios olhos”.<sup>2</sup> Constitui uma metodologia que fornece elementos periciais relevantes para a Patologia Forense, podendo ser empregue como um complemento da

forma clássica de autópsia, nomeadamente em situações em que existe um elevado risco infeto-contagioso.<sup>3</sup>

Na autópsia virtual realizam-se técnicas de imagem médica no exame post mortem, como por exemplo a tomografia computadorizada post mortem (TC-PM), a angiografia por tomografia post mortem (AngioTC-PM) ou a ressonância magnética post mortem (RM-PM), com o intuito de esclarecer a causa e as circunstâncias da morte, a identificação do cadáver, a realização de estudos tanatológicos e antropológicos. Esta inovação no campo da medicina forense recolhe, analisa e processa as informações obtidas nos exames realizados, de forma não invasiva, preservando a integridade do corpo.<sup>1</sup>

A pandemia COVID-19 evidenciou a importância do controlo da transmissão de um agente infeccioso, numa realidade de grande proximidade entre o profissional e o

cadáver. Esta necessidade forçada de mudança demonstrou a possibilidade de consolidação da virtópsia, sem colocar em causa a finalidade maior da Medicina Legal. Objetivou-se a ascensão desta realidade com o incremento do número de pedidos de exames post mortem e maior disponibilidade de dados, o que originou um aumento de publicações nesta área.<sup>1,4</sup>

Assim, é importante perceber se esta ferramenta poderá substituir a autópsia convencional ou se será considerada apenas meio complementar, ou até se poderá ser usada unicamente como um “screening”. Outra questão importante é se o seu uso trará acréscimo ao conhecimento na área da Medicina Legal ou se simplesmente será considerada desnecessária a sua utilização.

O objetivo principal deste trabalho é realizar uma revisão narrativa da literatura, com a finalidade de expor os alcances, limitações e aplicabilidade no âmbito forense da autópsia virtual. Como complemento, serão também caracterizadas as técnicas da imagem médica post mortem como a TC-PM e a RM-PM.

## 2. Material e Métodos

A estratégia de pesquisa consistiu no levantamento de artigos completos a partir de 1 de janeiro de 2015 até 31 de novembro de 2023, tendo sido incluído conteúdo que se mostrou pertinente fora desse espaço temporal, publicado em português ou inglês, nas plataformas digitais. Como outros critérios de inclusão evidenciaram-se estudos realizados na espécie humana, de âmbito forense (exclusão de artigos de âmbito hospitalar), da área da medicina ou radiologia forense e com foco na potencial aplicabilidade da técnica. Os artigos que não cumprissem os critérios mencionados foram excluídos da revisão de literatura. A análise do “Tratado de Medicina Legal” e de capítulos de livros publicados do tema foi também efetuada.

A pesquisa na PubMed baseou-se nos termos MeSH: “postmortem imaging” e “forensic imaging”. Para a formalização da equação de pesquisa, completou-se com as palavras “autopsy” e “virtual autopsy”. As bases de dados Web of Science, IndexRMP e Acta Médica Portuguesa foram, igualmente, consultadas.

O processo de seleção dos estudos publicados é explicado na Figura 1, evidenciando-se como referências pertinentes 44 estudos.

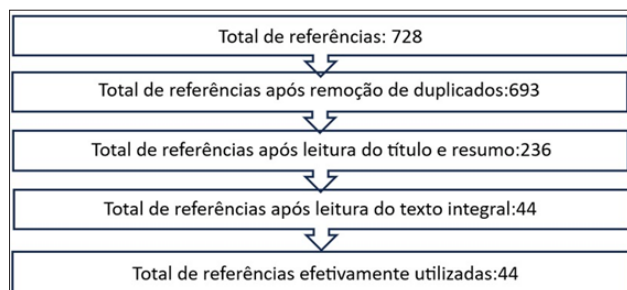


Figura 1 – Esquema do processo de seleção de estudos

## 3. Discussão e Conclusão

A imagem post mortem tem sido explorada na prática forense, dado o aumento do reconhecimento e aceitação na comunidade científica.<sup>5</sup> Reúne técnicas não invasivas como a radiologia convencional, a ecografia, a tomografia

computorizada (TC), a ressonância magnética (RM) e técnicas minimamente invasivas, como a angiografia e a biópsia.<sup>6</sup>

Muitas instituições já possuem instalações dedicadas ao exame imagiológico forense e o uso das imagens post mortem já integra o processo de investigação da morte.<sup>7</sup> No entanto este uso depende da disponibilidade e facilidade de integração da abordagem com o fluxo de trabalho da autópsia tradicional. Exemplificando, em Melbourne, a TC-PM é realizada em todas as admissões antes da autópsia tradicional, resultando em cerca de 5000 exames por ano. Já em Berlim, é realizada apenas em determinados casos, como homicídios, resultando em 250 exames por ano.<sup>5</sup>

Atualmente, a virtópsia inclui a fusão ou uso individual das técnicas como a TC-PM e a RM-PM e o recurso à digitalização de superfícies óticas através de fotogrametria tridimensional.<sup>6,8,9,10</sup>

A imagiologia é particularmente atraente pois produz evidências de alta credibilidade diagnóstica e de poder documental. Contudo, a escolha da técnica adequada requer conhecimentos técnicos de cada método, bem como as vantagens e desvantagens da sua utilização em cada caso.

A autópsia virtual recorre a várias técnicas, no entanto, incidiu-se nas mais utilizadas no âmbito forense: TC-PM e RM-PM.

### 3.1 Tomografia Computorizada Post Mortem

A TC-PM já é parte essencial dos exames post mortem de rotina nos institutos de medicina forense,<sup>11</sup> sendo a TC-PM de corpo inteiro sem contraste a base para a maioria dos exames.<sup>5,8</sup> É uma técnica objetiva usada para documentação e armazenamento de evidências, garantindo acessibilidade futura.<sup>12</sup>

Os equipamentos de TC mais utilizados são os multidetetores helicoidais. Para determinadas áreas anatômicas, é considerada a que fornece imagens com melhor qualidade<sup>12</sup> e com superior resolução de contraste, permitindo a diferenciação entre tecidos moles e fluidos.<sup>10,13</sup>

Pelo curto tempo de aquisição<sup>14</sup> e processamento da imagem por reformatações multiplanares ou por reconstruções tridimensionais, os resultados ficam disponíveis rapidamente<sup>11</sup> e proporcionam uma interpretação mais fácil dos resultados em reuniões e tribunais.<sup>11</sup>

A TC-PM é amplamente utilizada na área forense, em especial na avaliação da causa de morte, na identificação do indivíduo, na estimativa da idade e do intervalo post mortem.

De forma generalizada, a TC-PM apresenta um melhor desempenho relativamente à autópsia na deteção de lesões craniofaciais, cerebrais, torácicas e ósseas, na presença de corpos estranhos e de coleções de gases patológicas.<sup>5,6,15,16,17</sup> A TC-PM é considerada útil como método de investigação preliminar, sendo um potencial guia estratégico para as autópsias.<sup>11</sup> No entanto, ao contrário da resolução espacial e excelente contraste particularmente para o osso, possui um baixo poder discriminativo em lesões abdominais, órgãos parenquimatosos e tecidos moles e ainda carece na avaliação da componente vascular, sendo só eficaz em situações de grandes hemorragias.<sup>5,15,18,19</sup> Salienta-se que a TC-PM fornece informações decisivas para a determinação da causa de morte quando o hábito externo é realizado em vez da autópsia invasiva completa.<sup>20</sup> Ademais, tem grande relevância na análise prática de lesões traumáticas e, portanto, na avaliação da morte traumática.<sup>11,17,21</sup> Na melhor prática forense, é importante na distinção entre os achados relacionados com o trauma e as alterações post mortem consideradas normais.<sup>15</sup>

A TC-PM é usada, especialmente, em trauma contuso, estudos de balística e investigação de cadáveres carbonizados ou putrefactos.<sup>8</sup> Usando a reconstrução tridimensional é possível identificar fraturas complexas e a sua orientação, sem o risco de deslocação através de manipulação direta.<sup>10</sup> Em politraumatizados, como nos acidentes rodoviários, a análise morfológica das fraturas fornece informações sobre a dinâmica das forças aplicadas, permitindo uma melhor reconstrução do acidente.<sup>22</sup>

Igualmente, a TC-PM é o método ideal para a deteção de corpos estranhos radiopacos como projéteis, explosivos, implantes médicos, corpos estranhos engolidos ou aspirados,<sup>8,11,16</sup> e permite a orientação rápida para extração direcionada durante a autópsia.<sup>10</sup> Esta técnica não permite apenas a localização tridimensional do projétil, mas também a consideração de lesões de tecidos moles, órgãos e ossos ao longo do trajeto, contribuindo para a previsão correta do trajeto.<sup>12,17,22,23</sup> Pelo contrário, a TC-PM apresenta uma baixa sensibilidade para detetar lesões em órgãos sólidos na ausência de contraste, sendo difícil demonstrar o trajeto de um ferimento perforante por arma branca.<sup>16,21,22</sup>

Recentemente, a TC-PM tem sido utilizada em queimados, permitindo a diferenciação entre as alterações post mortem fisiológicas e as relacionadas com a ação do calor. Nas mortes relacionadas com o fogo, a TC-PM mostra sinais típicos de lesões por calor como fraturas térmicas, retração muscular, hematoma epidural térmico e destruição térmica de tecidos. Permite ainda a avaliação de lesões ocultas de processos patológicos ante mortem.<sup>22</sup> A TC-PM não só é capaz de identificar um corpo gravemente queimado com sinais de fraturas traumáticas ou provocadas pelo calor mas também permite a localização de corpos estranhos nas vítimas queimadas.<sup>18</sup>

A TC-PM pode fornecer achados que, embora não específicos, são altamente sugestivos de afogamento como a hemodiluição, enfisema aquoso e coleção de líquido paranasal, traqueal e seios frontais.<sup>24,25</sup> Na literatura sugere-se que seja realizada antes da autópsia, dado que ajuda a compreender se a vítima estava viva ou morta quando ocorreu a submersão.<sup>26</sup> Nas causas naturais de morte tem limitações devido à fraca capacidade em diferenciar as interfaces de tecidos moles e na documentação de alterações vasculares.<sup>27</sup> Em casos de morte súbita cardíaca, a sensibilidade da TC-PM é baixa no reconhecimento de estenoses coronárias ou zonas de enfarte, mas é significativa na identificação de calcificações das artérias coronárias, válvulas cardíacas e cardiomiopatia hipertrófica/dilatada.<sup>22</sup>

A TC-PM permite estimar o intervalo post mortem, já que as alterações post mortem identificadas podem fornecer um índice para uma estimativa objetiva do intervalo. No entanto, os parâmetros propostos, entre os quais a diminuição de gás intrarretal e um aumento do gás intrahepático, precisam de ser padronizados para que tenham um papel concreto.<sup>22,28</sup>

A identificação pessoal de um corpo baseia-se na comparação das imagens post mortem com exames ante mortem. Também os seios perinasais são usados para comparação imagiológica pela alta variabilidade interpessoal. Para a estimativa da idade, a TC-PM pode fornecer informações na erupção dos dentes, no crescimento do esqueleto e na fusão metafisária, sendo a ossificação da clavícula útil em indivíduos entre os 10 e 35 anos.<sup>22</sup>

Na determinação do sexo do cadáver, a TC-PM tem uma palavra no estabelecimento do dimorfismo esquelético, particularmente no crânio e pélvis.<sup>22,28</sup>

Em acréscimo, é relevante saber que o erro e deficiências da própria imagem podem ocorrer, como o mau posicionamento do corpo, que levaria a artefactos de imagem.<sup>29</sup> Para reduzir a incidência de artefactos metálicos dos projéteis, podem ser usados algoritmos para redução dos artefactos metálicos como o Interactive Metal Artifact reduction (iMAR, Siemens®).<sup>11</sup>

O exame post mortem da tomografia computadorizada pode ainda ser complementado com outras técnicas como a biópsia guiada por TC-PM e a TC-PM com ventilação pulmonar, sendo a mais impactante a AngioTC-PM.<sup>5</sup> A técnica de angiografia foi desenvolvida como técnica complementar da virtúpsia, de modo a aumentar o poder diagnóstico da TC-PM.<sup>8,30,31,32</sup> A sensibilidade da TC-PM em relação aos órgãos sólidos aumentou até 81% após a injeção do contraste, tornando-a comparável à autópsia clássica.<sup>10</sup> O sistema vascular post mortem está vazio ou parcialmente preenchido com coágulos sanguíneos, logo, é necessária a perfusão de um volume sob uma determinada pressão. Contudo, a pressão de injeção deve ser monitorizada para evitar um extravasamento para os tecidos adjacentes.<sup>5</sup> Realiza-se uma injeção venosa após a injeção arterial, exceto no caso de suspeita de patologia venosa em que primeiramente é feita a injeção venosa.<sup>33</sup>

Os locais de injeção usados são vasos do pescoço, femorais, axilares ou subclávios. A administração pode ser realizada manualmente, por máquina cardiopulmonar modificada, por procedimentos de reanimação cardiopulmonar como as compressões torácicas ou por dispositivos de perfusão com pressão controlada (e.g. Virtangio®).<sup>22</sup> As substâncias injetadas são divididas em 6 grupos: preparações corpusculares em gelatina ou ágar, preparações corpusculares em solução aquosa, contraste hidrossolúvel, contraste oleoso, gessos e formulações diversas.<sup>5</sup> O contraste oleoso permanece dentro do lúmen, mesmo nos vasos fortemente modificados em cadáveres putrefatos.<sup>10</sup> Recomenda-se a colheita de amostras de fluidos corporais para análises microbiológicas e toxicológicas antes da injeção do contraste.<sup>10</sup> A abordagem caracteriza-se por múltiplas aquisições sequenciais, com um varrimento de corpo inteiro e três fases angiográficas (arterial, venosa e dinâmica), sendo que um achado identificado em duas fases é considerado significativo.<sup>8,10</sup>

Noutro protocolo, com origem japonesa, o meio de contraste é administrado num vaso venoso periférico e a circulação é por uma técnica de ressuscitação cardiopulmonar com compressões torácicas, imediatamente após a morte.<sup>7,8</sup> Em Inglaterra, pela causa cardiovascular ser a principal indicação para a autópsia, a angiografia coronária direcionada é mais utilizada.<sup>8,10</sup> A punção percutânea e administração direta do contraste no ventrículo esquerdo é outra alternativa.<sup>13</sup>

A AngioTC-PM demonstra maior sensibilidade na identificação de lesões esqueléticas e vasculares, enquanto a autópsia tradicional fornece mais informações sobre a anatomia e patologia macroscópica do órgão.<sup>8,22</sup> Assim, a AngioTC-PM tem como objetivos principais identificar a fonte da hemorragia, a quantificação da perda sanguínea, a deteção de variações anatómicas e patológicas vasculares.<sup>32</sup> É recomendada em casos de morte por trauma contuso, acidentes rodoviários, quedas de altura, na suspeita de morte de causa cardiovascular, morte após intervenção cirúrgica e ferimentos penetrantes ou balísticos.<sup>32</sup>

Em casos de morte cardiovascular, permite a análise do miocárdio e das artérias coronárias, com identificação de estenoses, placas intravasculares e calcificações,<sup>8</sup> demonstrando ser útil em casos de morte súbita cardíaca,

doença isquêmica e tromboembolismo pulmonar.<sup>13</sup> O contraste oleoso mimetiza uma embolia pulmonar gordurosa, sendo recomendada uma biópsia do tecido pulmonar guiada por TC-PM antes da injeção do contraste.<sup>10</sup>

Recentemente, esta técnica mostrou-se útil na caracterização de ferimentos por arma branca e arma de fogo. Com a verificação de contraste a nível extravascular, documenta-se a direção e a profundidade do golpe perfurante<sup>13</sup> e o trajeto do projétil, podendo ser compreendido por profissionais não médicos.<sup>8,10</sup>

O estado avançado de putrefação pode levar a artefactos e à não visualização de vasos sanguíneos, sendo difícil a interpretação entre coágulos sanguíneos post mortem e trombos intravasculares.<sup>13</sup>

As técnicas angiográficas são mais demoradas, facto que justifica não terem ainda sido adotadas nas instituições forenses.<sup>33</sup> Embora, no futuro, esta modalidade possa substituir a autópsia, atualmente deve ser apenas considerada como complementar na patologia forense.<sup>13</sup>

De forma sucinta, os alcances e as limitações da TC-PM e AngioTC-PM anteriormente descritos são mencionados nas Tabelas 1 e 2, respetivamente, assim como a sua aplicabilidade no âmbito forense.

**Tabela 1** – Alcances, limitações e aplicabilidade da técnica TC-PM

TC-PM	
Alcances	Limitações
Equipamentos amplamente disponíveis	Diferenciação limitada de alterações <i>post mortem</i> normais e patológicas
Manuseio relativamente fácil	Visualização limitada de patologia em tecidos moles, parênquima de órgão e vasos
Curto tempo de aquisição de imagens	Capacidade limitada de diagnosticar causas cardíacas de morte
Excelente visualização do sistema esquelético, coleções gasosas, parênquima pulmonar, calcificações, hemorragia aguda e fluidos	(Uso de radiação ionizante)
Identificação de corpos estranhos radiopacos como projéteis e os seus fragmentos, implantes médicos, corpos estranhos engolidos ou aspirados	
Deteção de áreas suspeitas radiologicamente para exame histológico post mortem	
Possibilidade de orientação de biópsia e angiografia	
Aplicabilidade	
Trauma, especialmente do sistema esquelético (acidentes, quedas, trauma contuso) Trauma balístico Afogamento Deteção de corpos estranhos Deteção de ar/gás Estimativa da idade e determinação do sexo Identificação do indivíduo	

### 3.2 Ressonância Magnética Post Mortem

A RM-PM foi introduzida em investigações forenses nos anos 90, tendo sido proposta como uma técnica pré-autópsia, com resultados promissores.<sup>7</sup>

O contraste entre estruturas anatómicas é devido a diferenças no sinal da RM, que está diretamente relacionado com as propriedades intrínsecas dos tecidos, como a densidade protónica, e especificidades de relaxamento tecidual.<sup>10</sup>

**Tabela 2** – Alcances, limitações e aplicabilidade da técnica AngioTC-PM

AngioTC-PM	
Alcances	Limitações
Visualização do sistema vascular, com avaliação possível de estenoses ou oclusões	Tecnicamente mais desafiante
Método de eleição para deteção da fonte de hemorragia	Tempo de aquisição prolongado
Bom contraste de tecidos moles e órgãos parenquimatosos	Necessita de preparação do corpo cadavérico
	(Uso de radiação ionizante)
Aplicabilidade	
Trauma, especialmente trauma vascular (acidentes, trauma contuso, trauma penetrante e balístico) Suspeita de morte natural por patologia cardiovascular Morte súbita ou inexplicada Morte após intervenção médica ou cirúrgica	

A intensidade de sinal está, também, dependente da temperatura corporal,<sup>5</sup> ou seja, a redução da temperatura corporal dos cadáveres leva à redução dos sinais T1 e T2, o que afeta o contraste da imagem e requer ajustes das sequências para se adequar às condições post mortem.<sup>13</sup>

O papel da RM-PM como alternativa viável à autópsia invasiva tem sido investigado. Contudo, ainda é relatada pela vasta maioria dos estudos apenas como exame complementar,<sup>34</sup> sendo necessários mais estudos, especialmente na população adulta.<sup>18</sup>

O protocolo ideal consiste em sequências ponderadas em T1 e T2 adquiridas em três eixos diferentes, com aquisição tridimensional e reconstrução multiplanar.<sup>8</sup>

Em 2017, a primeira RM com alta intensidade de campo magnético de 7 tesla (T) obteve autorização para uso clínico e tem sido usada no âmbito forense. Uma maior intensidade do campo magnético tem o potencial de fornecer uma maior relação sinal-ruído, melhorando a qualidade da imagem e a resolução espacial.<sup>35</sup> A relação contraste-ruído máxima alcançável aumenta à medida que a relação sinal-ruído e a intensidade do campo aumentam. Logo, a RM-PM de alto campo é benéfica na análise de pequenas lesões, incluindo microhemorragias, e na visualização da anatomia cerebral e do crânio.<sup>34,35</sup>

A RM-PM oferece alta resolução espacial e permite uma visualização superior na avaliação precisa de lesões e patologias dos tecidos moles,<sup>18,36,37</sup> sobretudo das regiões da cabeça e pescoço, coluna vertebral, abdómen, extremidades e sistema cardiovascular.<sup>5,13,17</sup> Por esta razão, a RM-PM é importante no diagnóstico de morte natural e na avaliação de lesões traumáticas de tecidos moles.<sup>10,17</sup> Em oposição, lesões traumáticas ósseas são pouco visíveis na RM-PM.<sup>38</sup> Assim, a RM-PM tem sido recomendada nos casos de trauma contudente e penetrante, erros médicos e na estimativa da idade.<sup>10</sup>

Um importante interesse da RM-PM é a imagem cardiovascular, especialmente em casos de morte súbita,<sup>10</sup> sendo superior à TC-PM no diagnóstico de anomalias cardíacas, como enfarte ou isquemia do miocárdio, hipertrofia/dilatação ventricular, tamponamento e contusões cardíacas.<sup>5,13,39</sup>

Ao nível do sistema nervoso, oferece resultados sensíveis na deteção de lesões craniocerebrais, medulares ou ligamentares.<sup>34</sup> Acresce na diferenciação entre origens traumáticas e não traumáticas de hemorragias cerebrais, com sensibilidade aumentada na RM-PM de alto campo magnético.<sup>39</sup> A deteção

de lesões de golpe e contragolpe permitem a descrição do impacto, levando ao diagnóstico de lesões por aceleração e desaceleração. A RM-PM cerebral de 7T é capaz de excluir lesões cerebrais por cisalhamento.<sup>35</sup>

A RM-PM tem sido proposta para casos de enforcamento e de estrangulamento manual devido à sua sensibilidade para detetar hemorragias na musculatura do pescoço, edema regional intramuscular e adenopatias neste tipo de morte, destacando-se os hematomas localizados em redor das fraturas das estruturas laríngeas.<sup>8,10,18,38</sup>

É também a modalidade de primeira escolha em imagem post mortem neonatal e pediátrica<sup>5,8,13</sup> e tem especial valor na avaliação do abuso infantil, pela deteção de lesões de tecidos moles ou órgãos parenquimatosos.<sup>10,35</sup> Ainda assim, refere-se a baixa sensibilidade desta técnica na deteção de lesões torácicas não cardíacas, especialmente a nível pulmonar.<sup>40</sup>

Outra área investigada é o poder diagnóstico da RM-PM de alto campo em ferimentos por arma de fogo.<sup>34</sup> Em tiros craniocerebrais, a energia transferida pelo projétil pode causar lesões hipointensas no parênquima circundante do trajeto da bala, na sequência de T2.<sup>34</sup> No entanto, permanece restrito o seu uso na avaliação imagiológica de ferimentos deste tipo.<sup>37</sup> Adicionalmente, conclui-se que projéteis ou fragmentos ferromagnéticos apresentam movimentos significativos, enquanto os projéteis não ferromagnéticos não sofrem alteração espacial. Além disso, estes últimos dificilmente causam artefactos na RM-PM,<sup>36</sup> ao contrário dos objetos metálicos, que podem causar perda de sinal e artefactos pronunciados. Caso necessário, recomenda-se testar a atração magnética com um fragmento de bala semelhante às munições encontradas no corpo.<sup>8,37</sup>

Por outra perspetiva, algumas publicações discutiram o uso da RM-PM na avaliação da idade óssea, nomeadamente em regiões anatómicas como as cristas ílicas, joelhos, clavículas, dentes, punhos e tornozelos.<sup>8</sup>

Como artefactos mais específicos, evidencia-se a influência da temperatura no contraste da imagem ponderada em T1 e T2 e a estase vascular, em particular a estase venosa, já que pode mimetizar uma hemorragia na sequência de ponderação T2.<sup>5</sup>

As limitações práticas baseiam-se na relação custo-efetividade,<sup>18</sup> com alto custo de aquisição e manutenção e tempos de aquisição longos. Caracteriza-se pelo grau elevado de dificuldade e de conhecimentos necessários, que motivam a dependência de pessoal médico e técnico com formação específica na área.<sup>13</sup> Além disso, pelo acesso limitado, apenas poucos institutos de Medicina Legal têm a possibilidade de realizar a RM-PM como primeira linha de atuação.<sup>5,8,34,36,37,39</sup>

Na literatura e apesar das escassas publicações,<sup>33</sup> é descrito o uso de contraste na RM-PM, com a designação de angiografia por RM-PM (AngioRM-PM).<sup>6</sup>

Os alcances, limitações e a aplicabilidade da técnica da RM-PM referidos anteriormente estão sintetizados na Tabela 3.

### 3.3 TC-PM versus RM-PM

A TC-PM apresenta uma resolução de contraste, em tecidos moles, inferior à RM-PM, logo não será a técnica ideal para lesões de órgãos parenquimatosos.<sup>8,41,42</sup> É valiosa em casos de morte de causa neurológica, gastrointestinal e não natural, sendo mais direcionada para a deteção de lesões ósseas. Nas lesões traumáticas de órgãos a sensibilidade não é elevada.<sup>22</sup> Quando comparada com a RM-PM, a TC-PM exige menos tempo de aquisição, é amplamente disponível e menos dispendiosa.<sup>39</sup>

**Tabela 3** – Alcances, limitações e aplicabilidade da técnica RM-PM

RM-PM	
Alcances	Limitações
Excelente visualização de órgãos e tecidos moles	Tempo de aquisição de imagens demorado
Excelente resolução espacial	Abordagem mais complexa
(Sem uso de radiação ionizante)	Interpretação limitada por artefactos <i>post mortem</i> e temperatura corporal
	Especial abordagem no caso de objetos metálicos alojados no corpo
	Reconstruções 3D necessitam de sequências específicas
	Biópsias guiadas mais complexas
Aplicabilidade	
Lesões traumáticas de órgãos (contuso, perfurante) Lesões de órgãos por doença local (morte natural) Estrangulamento Abuso infantil Estimativa da idade óssea Negligência médica, morte após intervenção cirúrgica Deteção de corpo estranho Identificação do cadáver	

A RM-PM é útil em mortes de indivíduos jovens com problemas cardíacos ou neurológicos. A RM-PM é realizada principalmente numa região anatómica específica e não como um método de triagem, como acontece com a TC-PM.<sup>8</sup> Relativamente às lesões ósseas, o uso de determinadas sequências na RM-PM pode produzir uma visualização igualmente boa e permite a diferenciação dos ferimentos de entrada e saída e a deteção de lesões ósseas características em ferimentos por arma de fogo.<sup>34</sup> Numa outra perspetiva, a RM-PM permite o exame da cartilagem que não pode ser feito com a TC-PM, útil na estimativa da idade óssea do cadáver. Apesar da abordagem de eleição para corpos cadavéricos ser a TC-PM, a RM-PM produz dados valiosos para a identificação<sup>10</sup> e preservação de detalhes anatómicos do cérebro em decomposição, ao contrário da liquefação cerebral observada na TC-PM.<sup>5,13</sup>

A combinação de ambas as técnicas post mortem mencionadas anteriormente pode ser benéfica na deteção de hemorragias<sup>43</sup> ou em casos de enforcamento e estrangulamento manual, em que é descrita como uma possibilidade de substituição da autópsia invasiva.

### 3.4 Considerações Finais

As vantagens gerais da virtópsia baseiam-se nas características não invasivas, sendo frequentemente usada quando existem oposições culturais à autópsia invasiva, proporcionando uma alternativa cultural e científica aceitável.<sup>2,5,30</sup> Na investigação é aplicada, regularmente, antes da autópsia tradicional para localizar traumas, padrões e alterações patológicas, incluindo áreas não investigadas rotineiramente, como a face e membros.<sup>3,6,22</sup> A par, possui a capacidade de armazenar dados permanentemente, passíveis de outras análises e discussão posterior, mesmo após o enterro ou cremação do cadáver. É possível aprimorar a imagem através de reformatações e reconstruções digitais em 2D ou 3D.<sup>2</sup> O recurso ao aumento da radiação e uso de contrastes não utilizados na prática clínica não constitui uma questão, dado ser um exame em cadáver.<sup>6</sup> A virtópsia auxilia na identificação cadavérica e estimativa da idade óssea, sendo útil em desastres de massa.<sup>11</sup> As técnicas post mortem têm, ainda, o potencial de

proteger a equipa de profissionais que realizaria a autópsia, em casos de presença de objetos pontiagudos, explosivos e doenças infeto-contagiosas.<sup>5,30</sup> Dado o grande volume de casos e o risco de realizar autópsias invasivas, a pandemia Covid-19 foi relevante no desenvolvimento desta abordagem, permitindo funcionar como triagem e investigação nos casos de indivíduos falecidos infetados ou com suspeita de infeção, com a intenção de aumentar o número de casos examinados e reduzir o risco de contaminação e disseminação do agente infeccioso.<sup>44</sup> Constatou-se o valor social inestimável da imagem forense e o potencial de ser usada numa qualquer pandemia imprevisível no futuro.<sup>6</sup>

No entanto, pelo custo elevado e não sendo acessível em todas as instituições, não é amplamente utilizada.<sup>6</sup> Em adição, a presença de artefactos de imagem prejudica a qualidade e a resolução espacial, evidenciando a necessidade de pessoal qualificado em interpretação de imagens post mortem.<sup>18</sup> Do mesmo modo, a virtópsia sendo uma abordagem virtual, impossibilita o recurso dos sentidos tradicionais como são o olfato ou tato.<sup>2,6,30</sup>

Como última consideração, será que o uso da virtópsia poderá, efetivamente, substituir a autópsia convencional? Ou poderá ser utilizada como um método de “screening”?

Na revisão de literatura realizada, ainda não é unânime a resposta a estas perguntas. Assim, tendo em conta os custos diretos e indiretos, alcances e limitações da autópsia virtual, poderá ser utilizada como método alternativo de diagnóstico

post mortem, como método complementar ou como método de triagem apenas em casos selecionados em que possa fornecer informações adicionais relevantes à investigação tradicional.<sup>22</sup> Os casos elegidos são, principalmente, mortes traumáticas que envolvem mais do que uma parte do corpo, tais como acidentes de viação, quedas de altura ou ferimentos por arma de fogo,<sup>7</sup> dado que a validade da autópsia virtual é maior para este tipo de morte, comparativamente com outras.<sup>45</sup>

Na área do trauma balístico, a autópsia virtual efetuada antes da autópsia tradicional ajuda a identificar a localização dos projéteis e fragmentos, poupando muito tempo na sua eventual recuperação. A avaliação do trajeto da bala ajuda, igualmente, na reconstrução das posições relativas da vítima e do agressor durante o alegado incidente.<sup>13,45</sup>

Apesar das vantagens da autópsia virtual na identificação de condições que de outra forma não seriam detetadas a olho nu na autópsia, esta ainda não é capaz de substituir completamente a autópsia convencional por diversas razões, uma das quais a relevância do hábito externo na caracterização de lesões que envolvem a pele, tais como contusões, abrasões e outras feridas.<sup>45</sup>

Em suma, a virtópsia pode ser recomendada como uma alternativa prática de diagnóstico quando a autópsia convencional não é possível e pode desempenhar um papel como método de “screening” para mortes traumáticas.<sup>22,45</sup>

#### Divulgações Éticas / Ethical Disclosures

*Conflitos de interesse:* Os autores declaram não possuir conflitos de interesse.

*Conflicts of interest:* The authors have no conflicts of interest to declare.

*Suporte financeiro:* O presente trabalho não foi suportado por nenhum subsídio ou bolsa.

*Financing Support:* This work has not received any contribution, grant or scholarship.

*Confidencialidade dos dados:* Os autores declaram ter seguido os protocolos do seu centro de trabalho acerca da publicação dos dados de doentes.

*Confidentiality of data:* The authors declare that they have followed the protocols of their work center on the publication of data from patients.

*Proteção de pessoas e animais:* Os autores declaram que os procedimentos seguidos estavam de acordo com os regulamentos estabelecidos pelos responsáveis da Comissão de Investigação Clínica e Ética e de acordo com a Declaração de Helsínquia da Associação Médica Mundial.

*Protection of human and animal subjects:* The authors declare that the procedures followed were in accordance with the regulations of the relevant clinical research ethics committee and with those of the Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki).

#### Bibliography

1. Real FC, Santos A, Cainé L, Cunha E. Imagiologia Forense. Tratado de Medicina Legal: Pactor; 2022. p. 545-58.
2. Joseph TI, Girish KL, Sathyan P, Kiran MS, Vidya S. Virtopsy: An integration of forensic science and imageology. *J Forensic Dent Sci.* 2017;9:111-4.
3. Kanchan T, Saraf A, Krishan K, Misra S. The advantages of virtopsy during the Covid-19 pandemic. *Med Leg J.* 2020;88:55-6.
4. Rodrigues H. Radiologia forense: renascimento na era da TC precipitado pelo Covid-19. *Acta Radiológica Portuguesa.* 2021;33:7-10.
5. Decker SJ, Braileanu M, Dey C, Lenchik L, Pickup M, Powell J, et al. Forensic radiology: a primer. *Acad Radiol.* 2019;26:820-30.
6. Zhang M. Forensic imaging: a powerful tool in modern forensic investigation. *Forensic Sci Res.* 2022;7:385-92.
7. Filograna L, Pugliese L, Muto M, Tatulli D, Guglielmi G, Thali MJ, et al. A practical guide to virtual autopsy: why, when and how. *Semin Ultrasound CT MR.* 2019;40:56-66.
8. 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;2:52-64.
9. Badam RK, Sownetha T, Babu DBG, Waghray S, Reddy L, Garlapati K, et al. Virtopsy: touch-free autopsy. *J Forensic Dent Sci.* 2017;9:42.
10. Grabherr S, Baumann P, Minou S, Mangin P. Post-mortem imaging in forensic investigations: current utility, limitations, and ongoing developments. *Research and Reports in Forensic Medical Science.* 2016;6:25-37.
11. Mondello C, Baldino G, Bottari A, Sapienza D, Perri F, Argo A, et al. The role of PMCT for the assessment of the cause of death in natural disaster (landslide and flood): a Sicilian experience. *Int J Legal Med.* 2022;136:237-44.

12. Del Fante Z, De Matteis A, Fazio V, Di Fazio N, Quattrocchi A, Romano S, et al. The importance of post mortem computed tomography (PMCT) in the reconstruction of the bullet trajectory. *Clin Ter.* 2019;170:129-33.

13. 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;75:411-8.

14. Chandy PE, Murray N, Khasanova E, Nasir MU, Nicolaou S, Macri F. Postmortem CT in trauma: an overview. *Can Assoc Radiol J.* 2020;71:403-14.

15. Di Paolo M, Maiese A, dell'Aquila M, Filomena C, Turco S, Giacconi C, et al. Role of post mortem CT (PMCT) in high energy traumatic deaths. *Clin Ter.* 2020;171:490-500.

16. Hueck U, Muggenthaler H, Hubig M, Heinrich A, Güttler F, Wagner R, et al. Forensic postmortem computed tomography in suspected unnatural adult deaths. *Eur J Radiol.* 2020;132:109297.

17. Jalalzadeh H, Giannakopoulos GF, Berger FH, Fronczek J, van de Goot FRW, Reijnders UJ, et al. Post-mortem imaging compared with autopsy in trauma victims - a systematic review. *Forensic Sci Int.* 2015;257:29-48.

18. Cafarelli FP, Grilli G, Zizzo G, Bertozzi G, Giuliani N, Mahakkanukrauh P, et al. Postmortem imaging: an update. *Semin Ultrasound CT MR.* 2019;40:86-93.

19. Tappero C, Thali MJ, Schweitzer W. The possibility of identifying brain hemorrhage in putrefied bodies with PMCT. *Forensic Sci Med Pathol.* 2020;16:571-6.

20. Willaume T, Farrugia A, Kieffer EM, Charton J, Geraut A, Berthelon L, et al. The benefits and pitfalls of post-mortem computed tomography in forensic external examination: A retrospective study of 145 cases. *Forensic Sci Int.* 2018;286:70-80.

21. Takahashi Y, Sano R, Hayakawa A, Fukuda H, Kubo R, Okawa T, et al. Superimposed CT imaging using fusion function to visualize the relationship between the knife and the wound path in a stabbing victim. *J Forensic Sci.* 2021;66:1148-53.

22. Norberti N, Tonelli P, Giacconi C, Nardi C, Focardi M, Nesi G, et al. State of the art in post-mortem computed tomography: a review of current literature. *Virchows Arch.* 2019;475:139-50.

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;60:54-62.

24. Satoko M, Hideto S, Tatsushige F, Yoko N. Postmortem computed tomography findings in cases of bath-related death: applicability and limitation in forensic practice. *Forensic Sci Int.* 2018;282:195-203.

25. Garetier M, Deloire L, Dédouit F, Dumouset E, Saccardy C, Ben Salem D. Postmortem computed tomography findings in suicide victims. *Diagn Interv Imaging.* 2017;98:101-12.

26. Lo Re G, Vernuccio F, Galfano MC, Picone D, Milone L, La Tona G, et al. Role of virtopsy in the post-mortem diagnosis of drowning. *Radiol Med.* 2015;120:304-8.

27. Filograna L, Manenti G, Ampanozi G, Calcagni A, Ryan CP, Floris R, et al. Potentials of post-mortem CT investigations during SARS-COV-2 pandemic: a narrative review. *Radiol Med.* 2022;127:383-90.

- 
28. Miki O, Yosuke U, Akiko T, Kudo K, Noriaki I. Analysis of postmortem changes in internal organs and gases using computed tomography data. *Leg Med (Tokyo)*. 2017;25:11-15
29. Uthandi D, Sabarudin A, Mohd Z, Rahman MAA, Karim MKA. Effectiveness of post-mortem computed tomography (PMCT) in comparison with conventional autopsy: a systematic review. *Curr Med Imaging*. 2020;16:669-76.
30. Bolliger SA, Thali MJ. Imaging and virtual autopsy: looking back and forward. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2015;370:20140253.
31. Michaud K, Jacobsen C, Basso C, Banner J, Blokker BM, de Boer HH, et al. Application of postmortem imaging modalities in cases of sudden death due to cardiovascular diseases-current achievements and limitations from a pathology perspective: Endorsed by the Association for European Cardiovascular Pathology and by the International Society of Forensic Radiology and Imaging. *Virchows Arch*. 2023;482:385-406.
32. Shokry DA, Hussein MN, Hassan FM, Heinemann A, Vogel H, Pueschel K. Diagnostic value of multiphase postmortem computed tomography angiography in selected cases of blunt traumatic deaths. *Leg Med (Tokyo)*. 2018;34:1-6.
33. Flach PM, Gascho D, Schweitzer W, Ruder TD, Berger N, Ross SG, et al. Imaging in forensic radiology: an illustrated guide for postmortem computed tomography technique and protocols. *Forensic Sci Med Pathol*. 2014;10:583-606.
34. Gascho D, Deininger-Czermak E, Zoelch N, Tappero C, Sommer S, Hinterholzer N, et al. Noninvasive 7 tesla MRI of fatal craniocerebral gunshots - a glance into the future of radiologic wound ballistics. *Forensic Sci Med Pathol*. 2020;16:595-604.
35. Gascho D, Zoelch N, Sommer S, Tappero C, Thali MJ, Deininger-Czermak E. 7-T MRI for brain virtual autopsy: a proof of concept in comparison to 3-T MRI and CT. *Eur Radiol Exp*. 2021;5:3.
36. Ursprung R, Eggert S, Ampanozi G, Gascho D, Thali M, Franckenberg S. Gunshot wounds to the head: a comparison of postmortem magnetic resonance imaging, computed tomography, and autopsy. *Acta Radiol*. 2022;63:513-9.
37. 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;65:1360-4.
38. Deininger-Czermak E, Heimer J, Tappero C, Thali MJ, Gascho D. The added value of postmortem magnetic resonance imaging in cases of hanging compared to postmortem computed tomography and autopsy. *Forensic Sci Med Pathol*. 2020;16:234-42.
39. Giuseppe F, Langlois N, Jim R, Belinda G, Farrah O, Sunthara P, et al. Comparison of conventional autopsy with post-mortem magnetic resonance, computed tomography in determining the cause of unexplained death. *Forensic Sci Med Pathol*. 2021;17:10-18.
40. Wickramasinghe CU, Edussuriya D, Perera S, Herath N. Usefulness of virtual autopsy in diagnosing pathologies in the paediatric population: A systematic review. *SAGE Open Med*. 2023;11:20503121231172002.
41. Aquila I, Sicilia F, Ricci P, Antonio Sacco M, Manno M, Gratteri S. Role of post-mortem multi-slice computed tomography in the evaluation of single gunshot injuries. *Med Leg J*. 2019;87:204-10.
42. Lo Re G, Salerno S, Terranova MC, Argo A, Casto AL, Zerbo S, et al. Virtopsy and living individuals evaluation using computed tomography in forensic diagnostic imaging. *Semin Ultrasound CT MR*. 2019;40:67-78.
43. Ampanozi G, Halbheer D, Ebert LC, Thali MJ, Held U. Postmortem imaging findings and cause of death determination compared with autopsy: a systematic review of diagnostic test accuracy and meta-analysis. *Int J Legal Med*. 2020;134:321-37.
44. Thomas M, Abtin F, Roth A, Yim C, Pahwa A, Paige J, et al. Postmortem CT in decedents with SARS-CoV-2 infection. A single institution experience. *Forensic Sci Res*. 2022;7:255-60.
45. Cirielli V, Cima L, Bortolotti F, Narayanasamy M, Scarpelli MP, Danzi O, et al. Virtual autopsy as a screening test before traditional autopsy: the verona experience on 25 cases. *J Pathol Inform*. 2018;9:28.