

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE PATOLOGIA E MEDICINA LEGAL

CARLOS ANTONIO VICENTIN JUNIOR

**Diferenças nos achados balísticos entre necrópsia e tomografia
computadorizada *post-mortem* na região de cabeça e pescoço de
vítimas de tiros: uma síntese abrangente para a tomada de
decisões forenses**

Ribeirão Preto - SP
2024

CARLOS ANTONIO VICENTIN JUNIOR

Diferenças nos achados balísticos entre necrópsia e tomografia computadorizada *post-mortem* na região de cabeça e pescoço de vítimas de tiros: uma síntese abrangente para a tomada de decisões forenses

Versão corrigida. A versão original encontra-se disponível tanto na Biblioteca da Unidade que aloja o Programa, quanto na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD)

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Patologia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo como requisito para a obtenção de título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Patologia

Opção: Patologia Experimental

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Palhares Machado

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Ricardo Saquete Martins Filho

Coorientador: Prof. Dr. João Paulo Mardegan Issa

Ribeirão Preto - SP
2024

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Vicentin-Junior, Carlos Antonio

Diferenças nos achados balísticos entre necrópsia e tomografia computadorizada *post-mortem* na região de cabeça e pescoço de vítimas de tiros: uma síntese abrangente para a tomada de decisões forenses/ Carlos Antonio Vicentin Junior - Ribeirão Preto, 2024.

67 p. : il. ; 30 cm.

Dissertação de Mestrado, apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Patologia. Orientador: Carlos Eduardo Palhares Machado e Coorientadores: Paulo Ricardo Saquete Martins Filho e João Paulo Mardegan Issa.

1. Necrópsia. 2. Virtópsia. 3. TCPM. 4. Achados balísticos. 5. Cabeça e pescoço.

VICENTIN-JUNIOR, Carlos Antonio

**Diferenças nos achados balísticos entre necrópsia e tomografia
computadorizada *post-mortem* na região de cabeça e pescoço de vítimas de
tiros: uma síntese abrangente para a tomada de decisões forenses**

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Patologia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo como requisito para a obtenção de título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Patologia

Opção: Patologia Experimental

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Palhares Machado

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Ricardo Saquete Martins Filho

Coorientador: Prof. Dr. João Paulo Mardegan Issa

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof.(a) Dr.(a) _____

Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof.(a) Dr.(a) _____

Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof.(a) Dr.(a) _____

Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____



O presente trabalho foi desenvolvido no Departamento de Patologia e Medicina Legal da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo em parceria com o Centro Nacional de Difusão de Ciências Forenses da Polícia Federal e com o Laboratório de Patologia Investigativa (LPI) da Universidade Federal de Sergipe, com apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Brasil, processo número 88887.827851/2023-00) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil (CNPq), processo número 422805/2021-1, chamada CNPq/MCTI/FNDCT No 18/2021 - Faixa A - Grupos Emergentes.

Dedico este trabalho aos meus pais, Carlos Antonio Vicentin e Maria Augusta Barneze Vicentin, à minha namorada, Raíssa Bastos e, especialmente, in memoriam, às minhas tias Terezinha Suely Barnezzi e Maria Aparecida Zuiani, as quais faleceram em momento próximo ao meu ingresso na pós-graduação e não puderam acompanhar presencialmente minha trajetória. Mas, sei que ainda continuam iluminando meu caminho.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço a **Deus**. Não somente por este trabalho, mas por tudo que me foi proporcionado na vida. Sei que o Senhor está sempre guiando meus passos e fazendo com que portas sejam abertas nessa longa caminhada.

Aos meus pais, **Carlos Antonio Vicentin** e **Maria Augusta Barneze Vicentin**, fica o meu eterno agradecimento por todo apoio fornecido sempre em todos os momentos de minha vida. Faltam-me adjetivos para caracterizar os substantivos mãe e pai. Inclusive, se me fosse possível, alteraria a classificação morfológica dessas palavras para verbo pois, em minha vivência, mãe e pai são o mesmo que amar, educar, ensinar, apoiar, cuidar, emocionar, preocupar, sorrir, ajudar e outros sinônimos. Muito obrigado por me fornecerem de tudo. Sem vocês, não conseguiria ter percorrido nem metade desta estrada da vida. Eu amo vocês.

Junto aos meus progenitores, não poderia deixar de fazer menção de agradecimento a minha namorada, **Raíssa Bastos Vieira**. Sempre pronta para me auxiliar e me ensinar, esteve comigo em todos meus momentos acadêmicos, positivos e negativos, nunca me deixou desistir e sempre me apoiou em tudo. Além disso, estarmos atravessando concomitantemente essa jornada das fases da pós-graduação me faz ter mais forças de seguir em busca dos nossos objetivos. Por conta disso e de todos os demais momentos pessoais que passamos juntos, tenho certeza de que é minha alma gêmea. Obrigado por tudo. Eu te amo.

Agradeço também aos meus familiares, **Heitor Barnezzi**, **Roberto Barnezzi (Beto)**, **Nadyne Barnezzi**, **Verena Barnezzi**, **Danthe Barnezzi**, **Teresinha Barnezzi (Tê)**, **Luciana Barnezzi**, **Maria Aparecida Zuiani (Nena, in memoriam)** e **Terezinha Suely (Sola, in memoriam)**. O apoio e conselhos fornecidos em todos os instantes de minha vida, sendo esperados ou não. Saibam que sempre valorizei muito todos nossos momentos juntos e sempre aprendi com eles. Tenho vocês como molde para a vida. Obrigado também por entenderem a ausência física em alguns momentos. Saibam que, em pensamento, vocês estarão comigo até eu parar de respirar. Se minhas pernas forem suficientes para contornar os obstáculos da vida, é por vocês terem me ensinado os atalhos. Vocês são minha grande inspiração. Eu amo vocês.

Não poderia deixar de mencionar neste espaço os familiares que minha namorada me deu. Meus queridos sogros, **Claudia Bastos** e **Euclides Addeu**. Obrigado por me acolherem como se fosse filho de vocês. Saibam que o carinho é

recíproco. Sou grato por entenderem todos os momentos de ausência. Estendo este agradecimento também a todos os demais familiares da Raíssa.

Ao meu querido amigo e orientador, **Dr. Carlos Palhares**, fica meu eterno agradecimento. Ao ter a oportunidade de conhecê-lo em uma especialização, jamais pude imaginar estar escrevendo hoje este texto com seu nome na capa do trabalho e você estando a poucos metros de mim. Obrigado não somente por este trabalho, mas por tudo o que você me proporcionou. Como sempre digo, nunca cheguei nem a sonhar tão alto. Faltam palavras que possam fazer jus ao sentimento que sinto neste momento.

Ao meu amigo e coorientador, **Dr. Paulo Martins Filho**, fica minha eterna gratidão. Me recordo que quando vim à Brasília fazer um curso com um dos maiores nomes de pesquisa do Brasil, jamais imaginaria que poderia chamá-lo de amigo algum dia. Muito menos que seria a pessoa que me levantaria. Muito obrigado por tudo, professor. Minha consideração e carinho com o senhor são muito maiores do que poderia expressar em palavras.

Ao meu amigo e coorientador, **Dr. João Paulo Mardegan**. Ao cursar uma disciplina da pós-graduação, não imaginaria que seria um ponto de partida para uma amizade tão forte igual à que tenho hoje com o senhor. Obrigado por aceitar fazer parte de minha trajetória acadêmica e por confiar a mim oportunidades que sempre almejei, mas que pressentia estarem muito distantes. Carecem palavras para expressar minha gratidão.

Agradeço também a **todos os professores** que passaram por minha jornada, desde meu primeiro segundo em uma sala de aula, até o último, o qual espero estar longe de ocorrer. Com certeza, tem um pouco de cada um de vocês neste trabalho. Citarei apenas quatro nomes neste instante. Inicialmente, agradeço ao **Dr. Sérgio Britto Garcia** por ter aberto as portas da pós-graduação para mim. O senhor estará sempre em minha memória. Também cito neste momento o **Dr. Adilson**, a **Dra. Margaret** e a **Dra. Jeniffer**. Essas pessoas foram quem sempre me inspiraram para seguir no âmbito forense. Obrigado a minha querida e amada família Pereira.

Não poderia deixar de fazer menção a mais quatro pessoas que são fundamentais para minha conclusão desta etapa da pós-graduação. **Dr. Fernando Ramalho**, coordenador do programa de pós-graduação durante meu mestrado, as secretárias **Camila Zambonini** e **Rosangela Paiva** e o atual coordenador, **Dr. Marco Aurélio Guimarães**. Muito obrigado por sempre me atenderem, saciarem minhas

dúvidas, me informar sobre a possibilidade da bolsa financeira. Saibam que com toda certeza, se não fossem vocês, eu não teria conseguido finalizar essas etapas e estar aqui hoje escrevendo este agradecimento e estar ansioso pelo momento da defesa. Almejo um dia fazer para alguém ao menos a metade do que fizeram por mim.

Também agradeço as pessoas que fazem parte do grupo de pesquisa DGP-CNPq de “Antropologia Forense e Identificação de Pessoas”, do Departamento da Polícia Federal, e que ainda não foram aqui mencionados. São eles a **Dra. Bianca Santiago, Dra. Melina Calmon, Dra. Nicole Prata, Dra. Maria Gabriela Duarte, Dr. Alexandre Deitos, Dra. Analany Dias, Dr. Rafael Queiroz, Dra. Shirley Lima e Dra. Eugênia Cunha**. Saibam que todos vocês possuem grande parte nessa grande conquista, a qual não considero apenas minha, conceituo como nossa. Muito obrigado. Gostaria de engrandecer a Dra. Nicole Prata deste grupo pois é a grande responsável por tudo sair do papel e, principalmente, por ter auxiliado muito meu contato com o Dr. Palhares. Gratidão eterna.

Aproveito o ensejo para enaltecer a família que a vida me deu, meus grandes amigos **Pedro Lippe, Maria Isabel Dipe, Gabriel Rodrigues, Lívia Pagani, Gael Rodrigues, João Lucas e Gabriel Sanches**. Obrigado por tudo. Cada momento com vocês me lembra o quanto sou abençoado por ter amigos seletos.

Não poderia deixar de agradecer ao **Departamento de Patologia e Medicina Legal** da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo e todos os funcionários. Apesar de minha formação ser distinta, nunca me fecharam as portas. Também exalto aqui o **Departamento de Polícia Federal** de Brasília, em especial ao **Instituto Nacional de Criminalística**, por terem me recebido com as portas abertas e com tamanha cumplicidade que fizeram com que eu realmente me sentisse pertencente ao local.

Enalteço as pessoas que tive o privilégio de indicação para banca avaliadora deste trabalho, seja como titulares ou suplentes. **Dr. Lehi Sudy, Dra. Michele Avila, Dr. Jesus Velho, Dr. Murilo Racy, Dr. Diego Cusinato e Dr. Sérgio Marques**. Obrigado por terem me fornecido essa honra de poder contar com vocês para esse momento ímpar em minha vida.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (**CAPES**) – Código de Financiamento 001 e com o apoio do CNPq Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil.

“Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes.”

Isaac Newton

RESUMO

Vicentin-Junior, C.A. **Diferenças nos achados balísticos entre necrópsia e tomografia computadorizada *post-mortem* na região de cabeça e pescoço de vítimas de tiros: uma síntese abrangente para a tomada de decisões forenses.** 2024. 67f. Dissertação (mestrado em patologia experimental) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2024.

Conforme estudo realizado em 195 países, em 1990 o Brasil se encontrava em segundo lugar com mais homicídios envolvendo armas de fogo, passando para a liderança em 2016. Através dos dados secundários utilizados nas estimativas do estudo carga global de Doença (GBD), aproximadamente 56% dos homicídios ocorridos no Brasil em 1990 foram utilizando armas de fogo e, em 2015, essa porcentagem se elevou para quase 70%. Assim, com o intuito de otimizar as respostas do exame cadavérico para vítimas tiro, esta revisão sistemática e meta-análise foi realizada com o objetivo de confrontar os resultados da região anatômica de cabeça e pescoço sobre determinação de orifícios de entrada e saída de projéteis de arma de fogo, determinação dos trajetos e localização de fragmentos metálicos obtidos na necrópsia convencional com os da Tomografia Computadorizada *post-mortem*. A busca pela literatura foi realizada no *PubMed*, *Web of Science*, *Scopus*, *Embase*, *Google Scholar*, Teses e Dissertações de Acesso Aberto e lista de referência dos artigos selecionados. Não houve restrição de idiomas nem de datas de publicação. Para melhor qualidade de evidência foram realizados a avaliação do risco de viés dos estudos individuais pelo Instituto Joanna Briggs para estudos analíticos transversais e da força da evidência pelo *Grading of Recommendations Assessment, Development, and Evaluation (GRADE)*. Dos 704 artigos encontrados na busca inicial, 7 foram elegíveis ao estudo. Destes, 4 foram para a localização de fragmentos metálicos, contabilizando 117 vítimas, 6 para determinação de trajeto, contabilizando 181 vítimas e 4 para detecção de orifícios de entrada e de saída, contabilizando 97 vítimas. Como resultado, tem-se que para os orifícios de entrada e saída e para o trajeto não houve diferença estatisticamente relevante entre a Tomografia Computadorizada *post-mortem* e a necrópsia convencional na região anatômica de cabeça e pescoço (RP 0,81, IC 95% 0,61 – 1,09; p = 1,62; I² = 44,1% e RP 1,00, IC

95% 0,86 – 1,16; $p = 0,180$; $I^2 = 0\%$, respectivamente. Em ambos o GRADE avaliado foi com força da evidência muito baixa). Entretanto, a Tomografia Computadorizada *post-mortem* foi 26% superior à necrópsia convencional para a detecção de fragmentos de projéteis na região anatômica de cabeça e pescoço (RP 1,26, IC 95% 0,99 – 1,60; $p = 0,056$; $I^2 = 0\%$, com GRADE avaliado em moderado). Apesar deste resultado promissor, devido ao pequeno número de estudos, o intervalo de confiança foi grande e, sendo assim, a necrópsia utilizando Tomografia Computadorizada não pode ser considerada um substituto da necrópsia convencional. Em relação ao risco de viés, teve-se entre 5 e 6 respostas positivas para os estudos, classificando-os como qualidade moderada. Por fim, ressalta-se que apesar de não ser substituta, a necrópsia utilizando Tomografia Computadorizada deve ser considerada um excelente exame complementar à necrópsia convencional ampliando, assim, as informações obtidas no exame cadavérico.

Palavras-chave: Necrópsia, virtópsia, achados balísticos, TCPM, cabeça e pescoço.

ABSTRACT

Vicentin-Junior, C.A. **Differences in ballistic findings between autopsy and *post-mortem* computed tomography in the head and neck region of gunshot victims: a comprehensive synthesis for forensic decision-making.** 2024.67f. Dissertation (masters in experimental pathology) – Ribeirão Preto Medical School, University of São Paulo, Ribeirão Preto, 2024.

According to a study carried out in 195 countries, in 1990 Brazil was in second place with the most homicides involving firearms, moving to leadership in 2016. Through secondary data used in the Global Burden of Disease (GBD) estimates, approximately 56% of homicides occurred in Brazil in 1990 used firearms and, in 2015, this percentage rose to almost 70%. Thus, with the intention of optimizing cadaveric examination responses for gunshot victims, this systematic review and meta-analysis was carried out with the aim of comparing the results of the anatomical region of the head and neck regarding the determination of entry and exit holes for bullets firearm, determination of the wound tracks and location of metallic fragments obtained in conventional necropsy with those from post-mortem Computed Tomography. The literature search was carried out in PubMed, Web of Science, Scopus, Embase, Google Scholar, Open Access Theses and Dissertations and the reference list of selected articles. There were no restrictions on languages or publication dates. To improve the quality of evidence, the risk of bias of individual studies was assessed by the Joanna Briggs Institute for cross-sectional analytical studies and the strength of evidence was carried out by the Grading of Recommendations Assessment, Development, and Evaluation (GRADE). Out of 704 articles found in the initial search, 7 were eligible for the study. Of these, 4 were for locating metal fragments, accounting for 117 victims, 6 for determining the wound track, accounting for 181 victims and 4 for detecting entry and exit holes, accounting for 97 victims. As a result, there was no statistically relevant difference between post-mortem Computed Tomography and conventional necropsy in the anatomical region of the head and neck for the entry and exit orifices and the path (RP 0.81, CI 95% 0.61 – 1.09; $p = 1.62$; $I^2 = 44.1\%$ and PR 1.00, 95% CI 0.86 – 1.16; $p = 0.180$; $I^2 = 0\%$, respectively. In both the GRADE assessed was with very low strength of evidence). However, post-mortem Computed

Tomography was 26% superior to conventional necropsy for detecting projectile fragments in the anatomical region of the head and neck (PR 1.26, 95% CI 0.99 – 1.60; $p = 0.056$; $I^2 = 0\%$, with GRADE rated at moderate). Despite this promising result, due to the small number of studies, the confidence interval was large and, therefore, necropsy using Computed Tomography cannot be considered a substitute for conventional necropsy. Regarding the risk of bias, there were between 5 and 6 positive responses to the studies, classifying them as moderate quality. Finally, it should be noted that despite not being a substitute, necropsy using Computed Tomography should be considered an excellent complementary examination to conventional necropsy, thus expanding the information obtained in the cadaveric examination.

Keywords: Necropsy, virtopsy, ballistic findings, PMCT, head and neck.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Destinada a mostrar esquematicamente as cavidades temporárias e permanentes geradas pela passagem do projétil de arma de fogo.....	24
Figura 2	Destinada a mostrar esquematicamente o gráfico da resposta do tecido ósseo ao sofrer interações.....	25
Figura 3	Figura suplementar do artigo representando o fluxograma da seleção do estudo.....	46
Figura 4	Figura suplementar do artigo representando a avaliação do risco de viés.....	47
Figura 5	Figura suplementar do artigo representando o gráfico das diferenças entre Tomografia Computadorizada Post-Mortem e necrópsia convencional na região de cabeça e pescoço em relação a fragmentos de projéteis, trajeto e orifícios de entrada e saída.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela complementar do artigo representando a estratégia da busca.....	49
Tabela 2 - Tabela complementar do artigo representando as características dos estudos incluídos.....	50
Tabela 3 - Tabela complementar do artigo representando os métodos de aquisição, processamento e visualização das imagens para os artigos selecionados.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS

CPP	Código de processo penal
EUA	Estados Unidos da América
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
GBD	<i>Global Burden of Disease</i>
GRADE	<i>Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation</i>
IC	Intervalo de confiança
IML	Instituto Médico Legal
INC	Instituto Nacional de Criminalística
JBI	<i>Joanna Briggs Institute</i>
kV	Quilovolts
LPI	Laboratório de Patologia Investigativa
mA	Miliampere
mAs	Miliampere-segundo
MOOSE	<i>Meta-Analysis of Observational Studies in Epidemiology</i>
PAF	Projétil de arma de fogo
PMCT	<i>Post-Mortem Computed Tomography</i>
PRISMA	<i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Annalyses</i>
RMN	Ressonância Magnética Nuclear
RP	Razão de prevalência
SVO	Serviço de Verificação de Óbito
T	Tesla
TC	Tomografia Computadorizada
TCPM	Tomografia Computadorizada <i>Post-Mortem</i>
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 Conceitos iniciais	22
2.2 Lesões geradas por PAF	23
2.3 Breve histórico da necrópsia e virtópsia	25
2.4 Projeto <i>Virtopsy</i>	28
2.5 Virtópsia em achados balísticos	29
3. OBJETIVOS.....	33
4. METODOLOGIA	35
4.1 Tipo de estudo	36
4.2 Estratégia de busca	36
4.3 Critérios de elegibilidade	36
4.4 Seleção de estudos.....	37
4.5 Extração de dados	37
4.6 Avaliação do risco de viés	38
4.7 Síntese de dados	38
4.8 Classificação da força da evidência	39
5. ARTIGO	40
5.1 Artigo.....	41
5.2 Material suplementar.....	45
6. DISCUSSÕES	52
7. CONCLUSÕES	58
BIBLIOGRAFIA	60

Introdução

1. INTRODUÇÃO

Por base em um levantamento feito em 195 países, o Brasil em 1990 era o segundo país onde mais ocorria homicídios com a utilização de armas de fogo, contabilizando um total de 13% entre essa causa de óbito nesses locais. 26 anos após, o Brasil passou a liderar esse ranking contemplando agora 17,2% dos homicídios utilizando arma de fogo nessas regiões de estudo (NAGHAVI; MARCZAK; KUTZ; SHACKELFORD *et al.*, 2018).

Em relação ao número total de crimes com morte ocorridos no Brasil, segundo o estudo da carga global da doença (GBD), em 1990 aproximadamente 56% eram com a utilização de armas de fogo, correspondendo a uma taxa de 15,5 por 100.000 habitantes e, estes valores passaram para quase 70% em 2015, correspondente a 19,3 a cada 100.000 habitantes. Em contrapartida, a taxa por 100.000 habitantes de todas as causas de homicídio reduziu no mesmo período de 28.3 para 27.8. (MALTA; MINAYO; SOARES FILHO; SILVA *et al.*, 2017).

Para esses casos em que houve a utilização de armas de fogo para ocasionar o óbito, diversas variáveis devem ser buscadas para auxiliar na elucidação da dinâmica do ocorrido, tais como o calibre, a forma e a massa do projétil, as características e a região anatômica da lesão, a diferenciação do orifício de entrada e de saída, a recuperação do projétil, entre outras (HOLLERMAN; FACKLER; COLDWELL; BEN-MENACHEM, 1990; MARTRILLE; SYMES, 2019).

Para o estudo de traumas fatais, a necrópsia convencional é hoje o melhor exame conhecido. Entretanto, não são todos os países que possuem a obrigatoriedade desta análise para os casos de morte não natural (WILSON; HERBELLA; TAKASSI; MORENO *et al.*, 2011). Mesmo sabendo dos benefícios da necrópsia convencional para a investigação criminal e de sua obrigatoriedade para os casos de morte não natural no Brasil, não é incomum familiares e amigos solicitarem sua não execução, seja por crenças ou outros motivos (HUECK; MUGGENTHALER; HUBIG; HEINRICH *et al.*, 2020; WILSON; HERBELLA; TAKASSI; MORENO *et al.*, 2011). Este fato deixa o médico legista em uma situação delicada tendo em vista que o familiar não tem o poder de decisão nestes casos de mortes suspeitas e violentas no Brasil.

Com base nisso, técnicas de imagem como tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética nuclear (RMN) vêm sendo utilizadas com o intuito de suprir

a necrópsia convencional para a investigação da causa jurídica da morte. Tais procedimentos são nomeados como virtópsia ou autópsia virtual (BADAM; SOWNETHA; BABU; WAGHRAY *et al.*, 2017; THALI; YEN; SCHWEITZER; VOCK *et al.*, 2003). Entre o final do século XX e o início do século XXI, com a implementação do projeto *Virtopsy*, essas técnicas começaram a ter maior notoriedade e, com isso, aumentaram os estudos comparativos entre os resultados da necrópsia convencional e da necrópsia virtual (BOLLIGER; THALI; ROSS; BUCK *et al.*, 2008). A evolução foi rápida ao ponto de, em poucos anos, já haver a utilização de robôs para a realização de algumas tarefas da necrópsia minimamente invasiva (EBERT; PTACEK; NAETHER; FÜRST *et al.*, 2010).

Como todos os exames, a virtópsia tem vantagens e desvantagens, como qualquer outro método. Os principais pontos positivos são que evitam a probabilidade de contaminação do profissional, a possibilidade de visualizar as imagens quantas vezes necessário com a mesma qualidade evitando assim exumações, não sentir odores característicos de corpos em putrefação e a possibilidade de variação de técnicas de aquisição das imagens para a observação da mesma lesão. Os pontos negativos são a impossibilidade do profissional sentir a textura e ver a coloração da lesão, o custo dos equipamentos e dos treinamentos para os profissionais, necessidade de um local adequado com uma boa infraestrutura para alocação do equipamento de maneira adequada, entre outros (BOLLIGER; THALI, 2015; EBERT; FRANCKENBERG; SIEBERTH; SCHWEITZER *et al.*, 2021).

Em relação aos resultados comparativos, na literatura consta a não inferioridade da virtópsia por tomografia computadorizada em relação a necrópsia para a detecção de lesões ósseas em investigações de morte. Entretanto, para lesões em órgãos e tecidos não ósseos, a necrópsia continua sendo superior quando comparada ao exame de tomografia computadorizada *post-mortem* (TCPM) (JALALZADEH; GIANNAKOPOULOS; BERGER; FRONCZEK *et al.*, 2015).

Visando continuar com essa comparação entre a virtópsia utilizando tomografia computadorizada e a necrópsia convencional, este trabalho possui como objetivo a realização da revisão sistemática da literatura com posterior meta-análise entre esses exames para casos de vítimas fatais de tiro, considerando apenas a região anatômica de cabeça e pescoço. A busca foi sobre a possibilidade de determinação de orifícios de entradas e saídas de projéteis expelidos de arma de fogo, a determinação do trajeto do elemento de munição e a possibilidade do encontro de fragmentos metálicos.

Revisão Bibliográfica

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Conceitos iniciais

A ciência utilizada para quesitos jurídicos, denominada de ciência forense, é multidisciplinar e sua principal aplicabilidade é a determinação da dinâmica ocorrida em determinado local em que houve delito, auxiliando, assim, na investigação criminal e na identificação dos criminosos e vítimas. Seus métodos necessitam de corroboração científica, como toda ciência (AMANKWAA; NSIAH AMOAKO; MENSAH BONSU; BANYEH, 2019). Além disso, a escolha do melhor método pericial a ser utilizado deve ser baseado nas tecnologias que se tem acesso no momento e deve levar em consideração a menor probabilidade de equívocos nos resultados do exame.

Um dos ramos das ciências forenses é a balística forense, a qual possui divisão didática em quatro áreas, sendo elas a balística interna, intermediária, externa e terminal. A primeira estuda o interior e funcionamento das armas de fogo, a munição e a interação entre eles no momento do tiro (RHEE; MOORE; JOSEPH; TANG *et al.*, 2016). Já a segunda, estuda o movimento do projétil nos primeiros instantes em que apenas a gravidade e a resistência do ar atuam sobre o projétil em movimento. Conforme a distância do projétil com o cano da arma aumenta, tem-se o estudo da balística externa, analisando a trajetória do movimento do projétil (HUMPHREY; KUMARATILAKE, 2016). Não há definição sobre a distância que separa a balística intermediária da externa. Por fim, tem-se a balística terminal, também conhecida como das feridas ou dos efeitos, que analisa a interação do projétil com o alvo, sendo humano ou não (HALGRIN; SHIRI; MARECHAL; HAUGOU *et al.*, 2012).

Durante a interação do projétil com o tecido biológico, diversas são as variáveis que podem ocasionar a lesão, tal como tombamento ou expansão do projétil, fragmentação do elemento de munição, transferência total ou parcial de sua energia cinética por base em sua massa e velocidade, dimensões, forma e composição do projétil são alguns exemplos que influenciam na gravidade das lesões. Além disso, a região anatômica em que houve a interação com o projétil também influencia sobre o quão grave a lesão pode ser (FACKLER, 1986; HALGRIN; SHIRI; MARECHAL; HAUGOU *et al.*, 2012; PRAT; DABAN; VOIGLIO; RONGIERAS, 2017).

Posto isso, não é possível compreender toda a dinâmica do ocorrido apenas reconhecendo a ruptura tecidual. É necessária uma análise completa das

características da lesão para a interpretação inequívoca do que ocasionou o dano analisado, levando em conta toda a biomecânica da região afetada (UBELAKER, 2019). Para essa investigação das lesões em casos de óbito por morte suspeita ou violenta, no Brasil é obrigatório realizar o exame de necrópsia médico-legal, preferencialmente em um Instituto Médico Legal (IML). Ressalta-se que este exame não pode ser refeito e, sendo assim, é um exame minucioso em que o profissional deve analisar os diversos segmentos do corpo de maneira completa com o objetivo de esclarecer todas as dúvidas concluindo, assim, de maneira sólida e definitiva (FRANÇA, 2018).

Segundo Genival Veloso de França, a perícia médico-legal é o conjunto de procedimentos médicos e técnicos que possuem como finalidade esclarecer um fato de âmbito jurídico ou como um ato em que a autoridade necessita da elucidação, por meio técnicos e científicos, sobre a existência ou não de determinados acontecimentos que possuam possibilidade de interferência na decisão judicial ligada a vida ou saúde do ser humano. Também elucida que nos cadáveres o exame tem como objetivo, além da causa da morte, a causa jurídica da morte, o tempo que ocorreu desde a morte até a realização do exame, a identificação do morto, diagnóstico da possível presença de veneno em suas vísceras, a retirada de um projétil ou qualquer outro procedimento que seja necessário (FRANÇA, 2018).

Em síntese, a tanatologia forense é definida como o estudo da morte e de suas consequências jurídicas. Para o estudo do óbito é necessário a realização do exame de necrópsia, o qual é definido como sendo o exame realizado no cadáver com a finalidade de pesquisar, comprovar e diagnosticar a etiologia da morte de um ser humano e, para isso, é utilizado de maneira sistemática um conjunto de procedimentos técnico-científicos corroborados cientificamente com o intuito de constatar alterações que possam elucidar o que gerou a morte do indivíduo analisado. Sendo assim, tem o objetivo de evidenciar a *causa mortis* tanto do âmbito médico quanto jurídico (ADEGAS; COXE, 2018; FRANÇA, 2018).

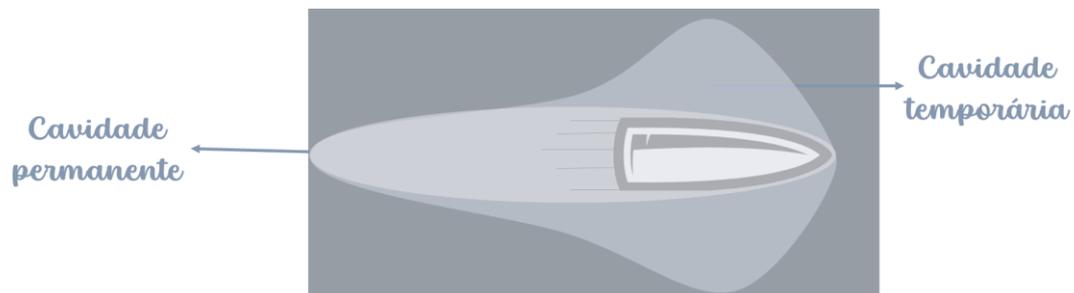
2.2 Lesões geradas por PAF

As lesões balísticas podem ser geradas de maneira direta e indireta. A primeira é definida quando há o contato direto do projétil com o tecido biológico. A segunda se

refere às lesões geradas pelas cavidades temporárias (CLASPER, 2001). Havia dúvida se a lesão indireta era ocasionada pela onda sônica ou pela cavidade temporária. Foi analisado então o momento de ocorrência da fratura e observou-se que a mesma ocorreu após a passagem do projétil sendo, portanto, resultado da cavidade temporária (DOUGHERTY; SHERMAN; DAU; BIR, 2011).

Assim, enquanto a maioria dos instrumentos lesivos não ocasionam dano significativo para os tecidos adjacentes à região atingida pelo dispositivo, as lesões geradas por projétil expelido por arma de fogo (PAF) produz um deslocamento radial que os tecidos realizam pelo fato de absorverem a energia cinética transferida pelo projétil e armazenarem por um curto intervalo temporal como forma de energia potencial elástica nas fibras do tecido biológico, ocasionando uma expansão. Após cessar essa transferência de energia, ocorre uma acomodação tecidual dessa região da cavidade temporária. Entretanto, essa realocação não significa ausência de danos pois, devido a ter ocorrido esse deslocamento dos tecidos, pode ter ocasionado alguma lesão na área adjacente ao local em que o projétil entrou em contato direto. Essas são denominadas de lesões indiretas geradas pelo PAF.

Figura 1: destinada a mostrar esquematicamente as cavidades temporárias e permanentes geradas pela passagem do projétil de arma de fogo.



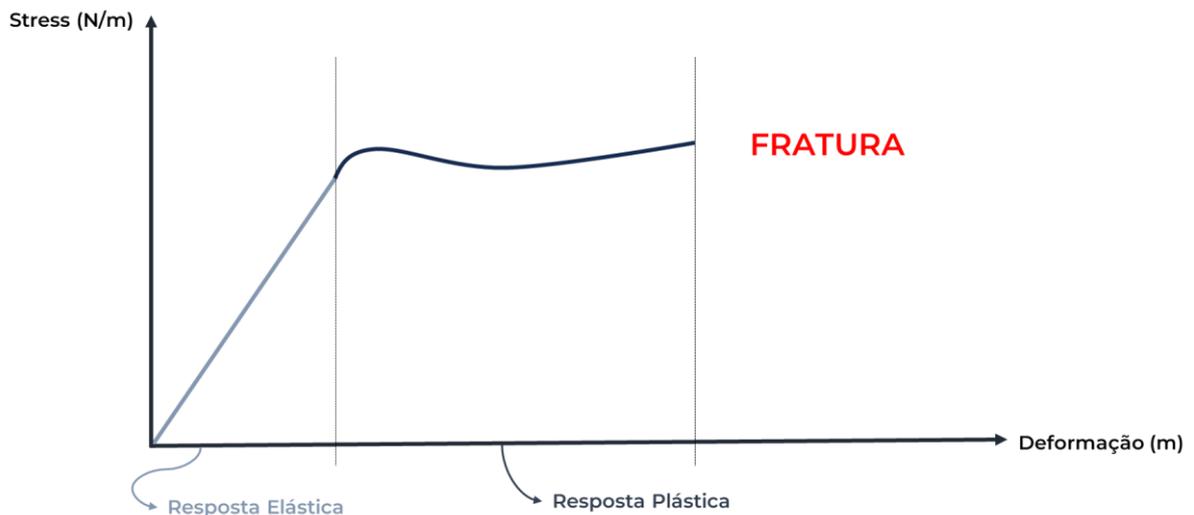
Fonte: autoria própria com uso do banco de dados Canva®, 2023.

Cada tecido biológico possui uma resistência diferente e, com isso, vetores de forças diversificados são necessários para realizar seu rompimento tecidual. Já foram realizados numerosos testes com munições não letais e, segundo as análises, foi comprovado que de acordo com o local anatômico que o projétil interaja com o corpo de uma pessoa, este contato poderia gerar uma interação cujo módulo seria capaz de levar o indivíduo ao óbito, em especial se ocorrer uma região de depressão em algum osso constituinte do crânio (BIR; VIANO; KING, 2004; VIANO; BIR; WALILKO; SHERMAN, 2004).

Com isso, dependendo da localização anatômica que o projétil o atinja, haverá diversidade dos danos gerados. De maneira geral, a cavidade temporária age em caminhos que têm menor resistência ao deslocamento, ocasionando assim a ruptura tecidual. Como exemplo o fígado, a maior glândula do corpo humano, devido a sua grande propriedade inelástica está mais suscetível a lesões indiretas do que o rim, o qual possui uma maior elasticidade (FACKLER, 1996).

O tecido biológico ao sofrer algum tipo de interação pode responder de maneira elástica, retornando ao seu tamanho original ao ser retirado o agente da interação ou de maneira plástica, em que mesmo com a retirada do estímulo, não há o retorno ao tamanho original devido a deformação ter ocorrido de maneira brusca. Entretanto, em casos da interação ser muito intensa, pode ocasionar de ultrapassar o ponto em que o tecido fornece resistência e gerar a ruptura tecidual (BIR; VIANO; KING, 2004). Abaixo, tem-se uma representação gráfica dessas respostas baseadas no tecido ósseo.

Figura 2: destinada a mostrar esquematicamente o gráfico da resposta do tecido ósseo ao sofrer interações.



Fonte: autoria própria, 2023.

2.3 Breve histórico da necrópsia e virtópsia

Para a determinação da causa da morte, tanto clínica quanto jurídica, o exame considerado hoje como padrão ouro é a necrópsia convencional (LO RE; SALERNO; TERRANOVA; ARGO *et al.*, 2019; SCAPARRA; PESCHEL; KIRCHHOFF; REISER *et*

al., 2016; SCHOLING; SALTZHERR; FUNG KON JIN; PONSEN *et al.*, 2009; SPEELMAN; ENGEL-HILLS; MARTIN; VAN RIJN *et al.*, 2022). A abertura do corpo humano a fim de estudo é algo que vem sendo realizado desde a época de antes de Cristo (BADAM; SOWNETHA; BABU; WAGHRAY *et al.*, 2017). A primeira necrópsia de que se tem relato na literatura foi realizada em 335 a.C. por Herófilo e Erasistrato (BAY; BAY, 2010). Entretanto, tem-se uma lacuna de aproximadamente 1800 sem relatos de estudos cadavéricos com estes voltando de maneira notória no século XVI e com inúmeras compilações de dados nos séculos seguintes, como exemplo o livro de Giovanni Morgagni, de 1761, intitulado “*De Sedibus et Causis morborum per anatomen Indagatis*”, em que possui relato das 700 necrópsias realizadas por ele (KING; MEEHAN, 1973). Nele, Morgagni faz as primeiras correlações entre as alterações encontradas no cadáver e suas relações com o diagnóstico, inaugurando, assim, o método que relaciona a anatomia e a clínica médica.

Como já descrito anteriormente, o ramo das ciências forenses responsável pela execução deste exame *post-mortem* é a medicina legal (DAVIS, 1985), a qual não é unânime sua definição em relação a ser uma ciência ou especialidade médica, devido a aplicar diversos ramos da medicina para a elucidação dos questionamentos jurídicos (FRANÇA, 2018). A área da medicina legal responsável pelo estudo da morte é denominada de tanatologia forense. Em relação a natureza jurídica da morte, pode-se dividi-la em três vertentes, sendo elas a natural, a violenta e a suspeita. Para as duas últimas citadas, no Brasil é previsto no Código de Processo Penal (CPP) a obrigatoriedade do exame necroscópico, conforme contido no artigo 162 do decreto de lei número 3.689 (BRASIL, 1941). De maneira geral, a necrópsia é feita através da análise inicial das vestes, caracteres e determinação das lesões externas contidas no cadáver seguida do exame invasivo com a abertura das cavidades corpóreas.

“Art. 162. A autópsia será feita pelo menos seis horas depois do óbito, salvo se os peritos, pela evidência dos sinais de morte, julgarem que possa ser feita antes daquele prazo, o que declararão no auto.

Parágrafo único. Nos casos de morte violenta, bastará o simples exame externo do cadáver, quando não houver infração penal que apurar, ou quando as lesões externas permitirem precisar a causa da morte e não houver necessidade de exame interno para a verificação de alguma circunstância relevante”

Ressalta-se que o termo necrópsia é o mais utilizado no Brasil para se referir ao exame necroscópico. Entretanto, o Código de Processo Penal traz a palavra

autópsia como sinônimo. Para esta dissertação, será utilizado autópsia apenas em citações diretas e, no decorrer no texto, sempre será usado o termo necrópsia para se referir ao exame cadavérico.

Apesar de ser considerado o padrão ouro dos exames necroscópicos para elucidação do delito, por motivos de crença, religião ou outro, não é incomum o médico legista se deparar com situações em que a família ou amigos da vítima tenta negar a autorização para o exame, deixando assim o profissional em conflitos éticos (HUECK; MUGGENTHALER; HUBIG; HEINRICH *et al.*, 2020; SCHOLING; SALTZHERR; FUNG KON JIN; PONSEN *et al.*, 2009). Entretanto, no Brasil, a família não tem esse poder de solicitação da não execução da necrópsia para casos de mortes suspeitas ou violentas.

Até a última década do século XIX nenhuma tecnologia conhecida poderia gerar concorrência à necrópsia convencional. Mas a descoberta de Wilhelm Conrad Röntgen, professor da Universidade de Würzburg, na Alemanha, foi o ponto inicial para uma alteração neste cenário. Enquanto trabalhava com o tubo de raios catódicos, foi possível observar que, ao ligá-lo, uma placa de cianeto de bário, um material fluorescente, teve-se a emissão de luz, mesmo quando colocado obstáculos entre a ampola e a placa. Sem saber a origem dessa luminescência, denominou-a de radiação x (ECKERT; GARLAND, 1984).

Um ano após essa descoberta, nos EUA e no Reino Unido, já houve a utilização desta tecnologia para casos envolvendo PAF, inclusive com as imagens mostradas em tribunais como prova. Estes foram os primeiros relatos na literatura da utilização do Raio X, no âmbito da balística forense, auxiliando a justiça (GIORGETTI; GIRAUDO; VIERO; BISCEGLIA *et al.*, 2019). Entretanto, devido ao fato de ainda estar no início deste uso, pensava-se apenas no exame de imagem como forma complementar ao exame necroscópico. Muito disso se deve ao fato de a imagem radiográfica ser bidimensional e com baixa resolução na época (FILOGRANA, 2018).

Já na segunda metade do século XX, tem-se o início das imagens tridimensionais com o desenvolvimento de tomografia computadorizada (TC) a qual, de maneira sucinta, é similar a um exame de raio X no qual a fonte gira em torno do objeto de interesse. Apenas dois anos após, houve a geração de imagens através do exame de ressonância magnética nuclear (RMN) (FILOGRANA; PUGLIESE; MUTO; TATULLI *et al.*, 2019). Vinte anos depois das descobertas destes novos exames, foi feito o uso deles em cadáveres e, desde então, muito se pesquisa e se utiliza destas

tecnologias aplicadas para o âmbito jurídico (JEFFERY; RUTTY; ROBINSON; MORGAN, 2008; ROS; LI; VO; BAER *et al.*, 1990). Apesar dos resultados promissores, poucos são os países que adotam o exame de imagem de TCPM como rotina forense de maneira a complementar o exame de necrópsia.

2.4 Projeto *Virtopsy*

No ano de 2000, na Universidade de *Bern*, na Suíça, foi iniciado um projeto intitulado de "*Virtopsy*", o qual utilizou uma tomografia computadorizada espiral com multidetectores, uma ressonância magnética de 1,5 Tesla de campo magnético e, em alguns casos de tecido ósseo, uma microtomografia computadorizada. O objetivo deste projeto era verificar se as imagens geradas de maneira não invasivas poderiam concorrer com os resultados da necrópsia. As conclusões da pesquisa foram promissoras, constatando que a imagiologia forense possuirá grande notoriedade no futuro. (THALI; JACKOWSKI; OESTERHELWEG; ROSS *et al.*, 2007).

Já se sabe que a virtópsia utilizando TC ou RMN, assim como a necrópsia convencional, têm suas vantagens e desvantagens quando comparados entre si, em especial quando estudado diferentes tipos de tecidos biológicos, como o mole e o ósseo. Indiscutivelmente, o fato de eternizar a imagem, não destruir o tecido, não abrir as cavidades corporais e evitar contaminação biológica ao profissional deixam os exames de imagem bem à frente nessa disputa. Entretanto, a falta de experiência com essa forma de análise deixa a polêmica em aberto (CARPENITO; D'ERCOLE; PORTA; DI BLASI *et al.*, 2020; JACKOWSKI; THALI; AGHAYEV; YEN *et al.*, 2006; VERHOFF; RAMSTHALER; KRÄHAHN; DEML *et al.*, 2008).

Após o desenvolvimento do projeto *Virtopsy*, houve um aumento da utilização dos exames de imagens em casos forenses (JEFFERY; RUTTY; ROBINSON; MORGAN, 2008), com aplicações especiais em casos de morte que envolvam acidentes de trânsito, aéreos, mortes por queda, óbitos com a utilização de armas de fogo, entre outros (CARBALLEIRA ÁLVAREZ; MANCINI; TUCHTAN-TORRENTS; GACH *et al.*, 2018).

Mensurando os custos com o aparelho e a necessidade de ambientes exclusivos para os exames e com a correta blindagem para os que utilizam radiação ionizante, como a tomografia computadorizada, apenas países mais desenvolvidos como Austrália, Suíça, Alemanha, Reino Unido, Dinamarca, Estados Unidos da

América e Japão já se adaptaram e implementaram a radiologia forense como rotina nos exames periciais, de maneira a complementar os resultados da necrópsia convencional (BEDFORD; OESTERHELWEG, 2013).

2.5 Virtópsia em achados balísticos

Apesar de ser de comum o diálogo de que a TC é melhor para a visualização de lesões em tecido ósseo e localização de projéteis e a RMN ser mais eficiente para visualização dos tecidos moles (BOLLIGER; THALI, 2015), há relato de casos com projéteis alojados em que as imagens geradas por ressonância magnética nuclear possuíram melhores resultados do que as realizadas por tomografia computadorizada sem a utilização de algoritmos para redução de artefatos. Entretanto, devido a ação da atração do forte campo magnético das RMN, caso o projétil seja composto por materiais ferromagnéticos, como ferro e níquel, pode haver deslocamento do projétil do momento da execução deste exame. Assim, é necessário que, caso se utilize a RMN, a determinação da composição do projétil seja feita preliminarmente para, assim, evitar deslocamentos dele o que poderá influenciar na interpretação da dinâmica dos fatos (GASCHO; MAROSI; THALI; DEININGER-CZERMAK, 2020).

Os exames de RMN mais comuns na clínica hoje são com utilização de máquinas com o campo magnético entre 1,5 e 3,0 Teslas (T). Contudo, nesta última década, já estão entrando em atividade aparelhos com campos magnéticos mais intensos, como a RMN de 7 T para avaliação de danos causados por tiro na cabeça. As vantagens deste alto campo magnético são uma melhor visualização de pequenas lesões em tecidos moles, melhor delineamento de lesões por cisalhamento, detecção de micro hemorragias e da extensão das cavidades temporárias geradas pelo projétil. Como desvantagens, existe a maior falta de homogeneidade do campo gerado pelo pulso de radiofrequência mais intenso, devido a alteração nos tempos de relaxação, há o diferente contraste entre os diferentes tecidos moles e isso podendo ocasionar artefatos na imagem, em especial no caso de haver materiais com diferenças significativas no valor de susceptibilidade magnética quando comparada ao tecido de análise. (GASCHO; DEININGER-CZERMAK; ZOELCH; TAPPERO *et al.*, 2020).

Além dessas mencionadas, ressalta-se que em casos envolvendo PAF há a necessidade de abertura do corpo para coleta do projétil, o qual será submetido a exames complementares, como de microcomparação balística, a fim de posterior

confronto com elemento de munição suspeito, no caso de haver. Assim, tanto a TCPM quando a necrópsia utilizando RMN, há uma mínima ação invasiva no corpo, por isso são denominadas de virtópsias minimamente invasivas.

No Brasil tem-se a ressonância magnética nuclear com o maior valor de campo magnético da América Latina, 7 Teslas (ROCHITTE; SILVA; OTADUY; CHAIM *et al.*, 2023). Tal equipamento é utilizado no Serviço de Verificação de Óbitos (SVO) de São Paulo e é mantido pela Universidade de São Paulo (USP). Uma estimativa é que sejam realizadas quase 15 mil necrópsias a cada ano neste SVO. Em relação à qualidade das imagens obtidas por essa máquina, tem-se uma superioridade de 5,4 vezes em relação às ressonâncias de 3 T de campo e de 21 vezes quando comparada à ressonância de 1,5 T (MARQUES, 2015).

Já para as imagens de tomografia computadorizadas, estudos em vítimas fatais de projétil de arma de fogo já relatam ser muito precisa para a localização de projéteis, para a detecção de desarticulações de difícil visualização da necrópsia convencional, ser bem objetiva e reprodutível, de fácil observação do trajeto e de regiões de difícil acesso como a posterior do pescoço e tecidos moles da face e bases do crânio. Porém, como já citado, não é possível recuperar o projétil apenas com este exame, sendo necessário o exame minimamente invasivo para isso (MAIESE; GITTO; DE MATTEIS; PANEBIANCO *et al.*, 2014).

Apesar deste ponto negativo, já se tem estudo que trouxe a virtópsia utilizando tomografia computadorizada com resultados melhores e mais confiáveis em relação à documentação e reconstituição da lesão (PUENTES; TAVEIRA; MADUREIRA; SANTOS *et al.*, 2009). Além disso, há também relatos na literatura da diferenciação de projéteis de calibre 9mm expansivos de núcleo oco por TC (GASCHO; ZOELCH; DEININGER-CZERMAK; TAPPERO *et al.*, 2020).

Ainda que diversos artigos já mensurem valores de sensibilidade e especificidade, ainda faltam dados que possam assegurar a eficácia da virtópsia, ou seja, ainda não há corroboração científica da utilização de exames de imagem em cadáveres como um substituto da necrópsia (GARETIER; DELOIRE; DÉDOUIT; DUMOUSSET *et al.*, 2017; HENNINGSEN; LARSEN; JACOBSEN; VILLA, 2022; SCHOLING; SALTZHERR; FUNG KON JIN; PONSEN *et al.*, 2009).

Diversos estudos já concluíram que para se obter um exame necroscópico com a maior quantidade de informações sobre as lesões e achados balísticos, a utilização da virtópsia como forma complementar à necrópsia convencional trará muitos

benefícios à investigação criminal devido a maior coletânea dos resultados (CASCINI; POLACCO; CITTADINI; PALIANI *et al.*, 2020; DEL FANTE; DE MATTEIS; FAZIO; DI FAZIO *et al.*, 2019; PUENTES; TAVEIRA; MADUREIRA; SANTOS *et al.*, 2009).

Ainda falta a elaboração de um protocolo a ser utilizado para aplicações de imagens em virtópsia. Em mais de 55% dos estudos selecionados para esta revisão sistemática e meta-análise tem-se uma ausência de como foi executado o exame. Como exemplo, poucos trazem informações como a voltagem utilizada (kV), o qual influencia no contraste da imagem, na qualidade do feixe de raio X e na espessura que deverá atravessar. Além desse parâmetro, o mA e o mAs, ou seja, a miliamperagem e a miliamperagem segundo, também não foram evidenciadas na maioria dos estudos. Tais variáveis possuem relação com a quantidade de elétrons que será gerado e, assim, com o enegrecimento da imagem e com a dose que o paciente receberia. Os estudos, de maneira geral, embasaram que os valores utilizados são os mesmos da rotina clínica. Mas, ressalta-se que faltam estudos que alterem esses parâmetros para o âmbito forense tendo em vista que não é necessário se preocupar com a dose de radiação que o cadáver irá receber do aparelho.

Afonso Maron, na década de 50, propôs uma fórmula para obtenção do kV por base na espessura, a qual consiste em mensurar o valor que deseja que a radiação atravesse, multiplicar por 2 e somar com uma constante do próprio aparelho. Através deste valor, é possível somar um número, denominado de constante miliamperimétrica de Maron e, assim, obter o valor do mAs (RODRIGUES; GOLDMEIER; FELDMAN; MEDEIROS *et al.*, 2013). Na rotina clínica, a aplicação desta metodologia não é prática devido ao maior intervalo temporal que se utilizaria para o exame. Porém, no âmbito forense, seria de grande valia a implementação de padronizações para os parâmetros da imagem. Ressalta-se que mais estudos são necessários para isso ocorrer de maneira a não inviabilizar as padronizações.

Apesar das imagens de necrópsias por RMN serem muito efetivas, devido ao maior custo dos aparelhos, necessidade de um local mais amplo para alocação do equipamento devido ao seu maior tamanho e o risco de deslocamento de projéteis na interação com o campo magnético, neste estudo foi visado apenas o confronto entre TCPM e a necrópsia convencional apenas para a região anatômica de cabeça e pescoço com enfoque em três achados balísticos. São eles a determinação dos orifícios de entrada e saída de PAF, determinação do trajeto e localização de fragmentos metálicos.

O motivo da inclusão apenas da região anatômica de cabeça e pescoço foi baseada no fato de que é incomum o profissional abrir essa região no exame de necrópsia convencional. Em relação aos desfechos balísticos, a determinação dos orifícios de entrada e saída influenciam no entendimento da dinâmica dos fatos ocorridos, em especial com a análise dos efeitos primários e secundários do tiro, em especial o segundo mencionado por possuir relação com a distância do tiro, a qual pode ser encostado, curta distância ou longa distância. A ideia é análoga para a análise do sentido do trajeto. Por exemplo, não é possível consolidar um depoimento em que se diz ter sido legítima defesa se o orifício de entrada está evidente que foi um tiro encostado na nuca. Em relação aos fragmentos metálicos na região anatômica de cabeça e pescoço, no caso de não ser encontrado, pode influenciar negativamente para um posterior exame comparativo de microcomparação balística.

Objetivos

3. OBJETIVOS

Este presente estudo tem por objetivo comparar os exames de virtópsia utilizando tomografia computadorizada com a necrópsia convencional para vítimas fatais de armas de fogo na região anatômica de cabeça e pescoço em relação a determinação de orifícios de entrada e saída de PAF, de trajetos e ao encontro de fragmentos metálicos de projéteis.

Metodologia

4. METODOLOGIA

4.1 Tipo de estudo

Este estudo é uma revisão sistemática da literatura com meta-análise. Seu desenvolvimento está em conformidade com o contido nas diretrizes do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Annalyses* (PRISMA) (PAGE; MOHER; BOSSUYT; BOUTRON et al., 2021) e do *Meta-Analysis of Observational Studies in Epidemiology* (MOOSE) (STROUP; BERLIN; MORTON; OLKIN et al., 2000). Portanto, não houve necessidade da aprovação pelo conselho de revisão institucional e de termo de consentimento.

4.2 Estratégia de busca

Foi realizada uma busca sistemática, em 07 de junho de 2023, nas principais bases de dados *PubMed*, *Web of Science*, *Scopus*, *Embase*, no *Google Scholar* e em teses e dissertações de acesso aberto, sendo feita a triagem apenas para os 100 primeiros resultados nos dois últimos bancos de dados citados. Além disso, a lista de referência dos estudos elegíveis também foi analisada para a possibilidade de novas inclusões. Com o intuito de não restringir a busca, não houve aplicação de filtros nem restrições de idiomas.

A estratégia de busca utilizou os seguintes termos: (“*virtual autopsy*” OR *virtopsy* OR “*touch-free autopsy*” OR “*digital autopsy*” OR “*scalpel-free autopsy*” OR “*postmortem CT*” OR “*postmortem computed tomography*” OR “*postmortem CT*” OR “*postmortem computed tomography*” OR “*post-mortem CT*” OR “*post-mortem computed tomography*” OR *PMCT* OR “*robotic machine*” OR *virtibot* OR “*computed tomography virtopsy*”) AND (*gun* OR *gunshot* OR *gunshots* OR *gunfire* OR *shooting* OR *firearm* OR *firearms* OR “*fire arm*” OR *weapon* OR *weapons* OR *handgun* OR *handguns*).

4.3 Critérios de elegibilidade

Este estudo concentra-se na comparação entre os achados balísticos de determinação de orifícios de entrada e saída, determinação de trajetos e localização

de fragmentos metálicos obtidos através da virtópsia utilizando tomografia computadorizada e da necrópsia convencional, em vítimas fatais de projéteis de arma de fogo, exclusivamente na região anatômica da cabeça e pescoço.

Assim, para ser elegível para este estudo de revisão sistemática e meta-análise, os artigos deveriam relatar ao menos um achado balístico entre a determinação de lesões de entrada e saída, detecção de fragmentos de projéteis ou do trajeto do projétil, na região de cabeça e pescoço, e comparar o resultado obtido entre a TCPM e a necrópsia convencional.

Foram excluídos artigos com menos de 10 casos avaliados, opiniões de especialistas, todos os tipos de revisões, editoriais e estudos com populações potencialmente sobrepostas.

4.4 Seleção de estudos

Para avaliar os resultados da busca, foi feito um processo em duas etapas por dois revisores independentes, C.A.V-J e R.B.V. Inicialmente, foi realizada a leitura dos títulos e resumos de todos os artigos encontrados na busca pelos dois revisores, elegendo potenciais estudos para integrar esta revisão. Posteriormente, os estudos em comum por ambos foram lidos na íntegra e incluídos ou excluídos por base nos critérios de elegibilidade. No caso de haver discrepância entre os revisores, em qualquer das etapas acima, ou a divergência era solucionada por consenso ou era solicitado um terceiro revisor para a decisão, P.R.M.F.

4.5 Extração de dados

Os dados dos artigos selecionados para esta revisão sistemática com meta-análise foram extraídos de maneira independente pelos revisores C.A.V-J e R.B.V. utilizando um formulário padronizado para preenchimento com o nome dos autores, data da publicação, país do estudo, características da amostra, detalhes dos exames realizados nos cadáveres e os achados balísticos de determinação de orifícios de entrada e saída de PAF, determinação do trajeto e localização dos fragmentos metálicos obtidos na necrópsia convencional e na TCPM na região anatômica de interesse, ou seja, cabeça e pescoço.

4.6 Avaliação do risco de viés

Foi conduzida a avaliação do risco de viés para os estudos incluídos sem intervenção ou imposição de opiniões pelos examinadores C.A.V-J e R.B.V.. Todas as divergências foram discutidas e uma terceira pesquisadora, B.M.S., revisou todas as decisões finais. Para identificar possíveis fontes de viés dos estudos individuais, foi utilizado a Lista de Verificação de Avaliação Crítica do Instituto Joanna Briggs para Estudos Analíticos Transversais (<https://jbi.global/critical-appraisal-tools>). Tal lista é composta por 8 perguntas que podem ser respondidas com positivo, negativo ou não claro ou não aplicável. É preconizado que acima de 7 respostas positivas tem-se uma alta qualidade do estudo, 5 ou 6 respostas positivas uma qualidade moderada e até 4 respostas positivas como baixa (MOOLA; MUNN; TUFANARU; AROMATARIS *et al.*, 2020).

A lista de verificação avalia os critérios de inclusão da amostra, os sujeitos e ambientes de estudo, medição da exposição de forma válida e confiável, objetivação e padronização dos critérios de medições, identificação dos fatores de confusão e das estratégias para lidar com eles, o resultado ser válido e confiável e se a análise estatística foi utilizada de maneira apropriada.

4.7 Síntese de dados

Para a garantia da acurácia, este estudo foi realizado com procedimentos estatísticos padronizados. Inicialmente, foi calculado a prevalência de cada achado balístico obtido na virtópsia com utilização de tomografia computadorizada e na necrópsia convencional, nas regiões anatômicas de interesse. Posteriormente, foi utilizado o modelo de efeitos aleatórios para a síntese das razões de prevalência (RP) com o intervalo de confiança (IC) de 95%, apresentando-os visualmente através do modelo gráfico *forest plot*.

Foi também avaliado o grau de heterogeneidade entre os estudos utilizando o índice I^2 (HIGGINS; THOMPSON, 2002). Foi utilizado um nível de significância de 5% para determinar a significância estatística.

Todas as análises foram realizadas utilizando os pacotes “*metafor*” e “*forestplot*” no software R (versão 3.5.3; R *Foundation for Statistical Computing*, Viena, Áustria).

4.8 Classificação da força da evidência

Para a força da evidência, foi utilizado o sistema de classificação *Grading of Recommendations Assessment, Development, and Evaluation* (GRADE) (GUYATT; OXMAN; AKL; KUNZ *et al.*, 2011). Assim, foi possível realizar a avaliação da certeza da evidência para cada resultado obtido, ou seja, determinação de orifícios de entrada e saída de PAF, localização do trajeto e detecção de fragmentos de projéteis, na região anatômica de cabeça e pescoço.

Os desfechos foram classificados com base no GRADE em alto, moderado, baixo e muito baixo. Nota-se que os estudos observacionais são geralmente considerados como evidências de baixa qualidade no sistema GRADE, mas podem ser atualizados para estimativas com uma magnitude de efeito substancial na presença de confusão oposta residual plausível ou para gradientes de dose-resposta. Além disso, a certeza da evidência pode ser rebaixada com base no risco de viés, inconsistência, caráter indireto, imprecisão dos resultados e viés de publicação (GUYATT; OXMAN; AKL; KUNZ *et al.*, 2011).

Ressalta-se também que embora este estudo não tenha avaliado a assimetria do gráfico de funil por conta da limitação do número de estudos incluídos, ou seja, tem-se menos do que 10 artigos incluídos, foi realizada uma pesquisa abrangente que incluiu a literatura cinzenta sem realizar restrições de idioma e data de publicação minimizando, assim, o viés de publicação.

Artigo

5. ARTIGO

5.1 Artigo

*EXCLI Journal 2023;22:600-603 – ISSN 1611-2156
Received: June 16, 2023, accepted: July 03, 2023, published: July 07, 2023*

Letter to the editor:

DIFFERENCES IN BALLISTIC FINDINGS BETWEEN AUTOPSY AND POST-MORTEM COMPUTED TOMOGRAPHY IN THE HEAD AND NECK REGION OF GUNSHOT VICTIMS: A COMPREHENSIVE SYNTHESIS FOR FORENSIC DECISION-MAKING

Carlos Antonio Vicentin-Junior^{1,2}, Raíssa Bastos Vieira^{1,2}, Nicole Prata Damascena^{2,3},
Melina Calmon Silva⁴, Bianca Marques Santiago⁵, Eugénia Cunha^{6,7},
João Paulo Mardegan Issa¹, Paulo Ricardo Martins-Filho^{2,3,*},
Carlos Eduardo Palhares Machado^{1,4,8}

- ¹ Graduate Program in Pathology, Ribeirão Preto Medical School, University of São Paulo, USP, Ribeirão Preto, Brazil
- ² Investigative Pathology Laboratory, Federal University of Sergipe, Sergipe, Brazil
- ³ Graduate Program in Health Sciences, Federal University of Sergipe, Sergipe, Brazil
- ⁴ National Center for the Dissemination of Forensic Sciences, Brazilian Federal Police, Distrito Federal, Brazil
- ⁵ Graduate Program in Dentistry, Federal University of Paraíba, Paraíba, Brazil
- ⁶ Centre for Functional Ecology, Laboratory of Forensic Anthropology, University of Coimbra, Portugal
- ⁷ National Institute of Legal Medicine and Forensic Sciences, Lisbon, Portugal
- ⁸ National Institute of Criminalistics, Brazilian Federal Police, Distrito Federal, Brazil

* **Corresponding author:** Paulo Ricardo Martins-Filho, Universidade Federal de Sergipe, Hospital Universitário, Laboratório de Patologia Investigativa. Rua Cláudio Batista, s/n. Sanatório. Aracaju, Sergipe, Brazil. CEP: 49060-100. E-mail: prmartinsfh@gmail.com

<https://dx.doi.org/10.17179/excli2023-6256>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Firearms are frequently the primary cause of death in cases involving homicide, suicide, and unintentional injuries on a global scale (Naghavi et al., 2018). In this context, forensic sciences play a crucial role in the criminal investigation process, providing scientific expertise to determine the circumstances, causes, and consequences of firearm-related incidents. The head and neck region is particularly susceptible to fatal firearm injuries, and the complex anatomical structures and intricate nature of injuries in this area necessitate meticulous examination and analysis to uncover the sequence of events leading to death.

While autopsy is widely regarded as the gold standard for post-mortem examination, there is growing recognition of the value of imaging techniques, such as computed tomography, in forensic ballistic investigations. Here, we investigated differences in ballistic findings between conventional autopsy and post-mortem computed tomography (PMCT) specifically in gunshot victims within the head and neck region. By synthesizing the best available evidence, this research aims to contribute to the ongoing discourse surrounding the application of PMCT and its potential implications for informed forensic decisions.

This systematic review and meta-analysis adhered to the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guideline. A comprehensive search of scientific evidence was conducted using various databases, including PubMed, Web of Science, Scopus, Embase, Google Scholar, and Open Access Theses and Dissertations. The search was carried out on June 7, 2023, employing a structured search strategy outlined in the supplementary file (Supplementary Table 1). Eligible studies had to report at least one of the following ballistic findings in the head and neck region: entrance/exit wounds, wound track, or projectile fragments. We excluded case reports, small case series with fewer than 10 cases, and studies with potential overlapping populations.

The assessment of search results was conducted independently by two reviewers using a two-stage process. Initially, titles and abstracts were reviewed, and potentially relevant studies were identified for a full-text evaluation. Any disagreements between the reviewers were resolved through a consensus-based approach or with the assistance of a third reviewer. Using a standardized data extraction form, we recorded data on authorship, publication year, study country, sample size and characteristics, details of the examinations conducted on gunshot victims, and ballistic findings. The Joanna Briggs Institute Critical Appraisal Checklist for Analytical Cross-Sectional Studies (<https://jbi.global/critical-appraisal-tools>) was used to assess the risk of bias.

To ensure a robust and accurate analysis, we followed standard statistical procedures in our study. First, we calculated the prevalence of each ballistic finding in the head and neck region, comparing results from both PMCT and autopsy. Subsequently, we utilized a random-effects model to synthesize prevalence ratios (PR) with 95 % confidence intervals (CI) and visually presented them using forest plots. We assessed the degree of heterogeneity between studies using the I^2 index. The significance level of 5 % was used to determine the statistical significance. All analyses were conducted using the R software (version 3.5.3; R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria).

The initial search yielded 704 references. After screening the titles and abstracts, 31 full-text articles were assessed for eligibility and seven studies (Levy et al., 2006; Andenmatten et al., 2008; Kirchhoff et al., 2016; Elkhateeb et al., 2018; Graziani et al., 2018; van Kan et al., 2019; Ursprung et al., 2022) met the inclusion criteria (supplementary file; Supplementary Figure 1). These studies involved a total of 203 gunshot victims. Data on ballistic outcomes, including projectile entrance/exit injuries (Andenmatten et al., 2008; Elkhateeb et al., 2018; van Kan et al., 2019; Ursprung et al., 2022), wound track (Levy et al., 2006; Kirchhoff et al., 2016; Elkhateeb et al., 2018; Graziani et al., 2018; van Kan et al., 2019; Ursprung et al., 2022), and detection of projectile fragments (Elkhateeb et al., 2018; Graziani et al., 2018; van Kan et al., 2019; Ursprung et al., 2022) were compiled for analysis in this study (supplementary file; Supplementary Table 2). Additional details on the method of image acquisition, processing, and visualization can be found in the supplementary file (supplementary Table 3). Overall, the included studies were assessed as having a low risk of bias (supplementary file; Supplementary Figure 2).

We observed no significant differences in ballistic findings for entrance/exit wounds (PR 0.81, 95 % CI 0.61 – 1.09; $p = 0.162$; $I^2 = 44.1$ %) and wound track (PR 1.00, 95 % CI 0.86 – 1.16; $p = 0.180$; $I^2 = 0$ %) between PMCT and autopsy. However, PMCT had a 26 % higher prevalence of projectile fragments found than conventional autopsy (PR 1.26, 95 % CI 0.99 – 1.60; $p = 0.056$; $I^2 = 0$ %) (supplementary file; Supplementary Figure 3).

The findings of this meta-analysis revealed that PMCT was more effective than autopsy in detecting a higher frequency of projectile fragments in the head and neck region. This finding is of utmost significance due to the challenges faced during autopsy examinations, where the cranial vault is typically the only area opened, leaving the face intact (Oehmichen et al., 2003;

Jalalzadeh et al., 2015). The limited access to the head and neck region during autopsy can result in a lower detection rate of projectile fragments. The use of PMCT overcomes these limitations by providing detailed and non-invasive 3D imaging, allowing for enhanced visualization and detection of projectiles in this challenging anatomical region. The detection of projectile fragments in the head and neck region can provide critical information on the direction of the shot, type of firearm, and the distance from which the shot was fired, thereby aiding in criminal investigations, and providing valuable evidence for legal proceedings. Therefore, the implementation of CT in routine forensic practice is suggested for cases involving firearm-related deaths, especially for the detection of projectile fragments in the head and neck region.

While PMCT has demonstrated its advantages in detecting projectile fragments in the head and neck region, it is important to note that this technique should be considered as a complementary tool rather than a replacement for conventional autopsy. The combination of both approaches can provide a comprehensive and accurate assessment of ballistic findings in gunshot victims. Furthermore, the incorporation of other emerging imaging techniques and the expertise of experienced forensic radiologists, may further enhance the detection and analysis of ballistic findings.

In conclusion, this study provides important evidence regarding the similarities and differences in ballistic findings between PMCT and conventional autopsy in gunshot victims. The superior detection of projectile fragments in the head and neck region through PMCT highlights its potential as a valuable adjunct to conventional autopsy. However, further research and standardization are needed to fully utilize the benefits of PMCT and optimize its integration into routine forensic practice. By addressing these research gaps and challenges, the forensic community can improve the accuracy and efficiency of investigations into firearm-related deaths, thereby contributing to the pursuit of justice.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments

This study was conducted under the auspices of the ANP/CNPq Forensic Anthropology and Identification of Persons Research Group. CAVJ and RBV received a master's scholarship from CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), Brazil.

REFERENCES

Andenmatten MA, Thali MJ, Kneubuehl BP, Oesterhelweg L, Ross S, Spendlove D, et al. Gunshot injuries detected by post-mortem multislice computed tomography (MSCT): A feasibility study. *Leg Med.* 2008;10:287–92. doi: 10.1016/j.legmed.2008.03.005.

Elkhateeb SA, Mohammed EB, Meleka HA, Ismail AAE. Postmortem computed tomography and autopsy for detection of lesions and causes of death in gunshot injury cases: a comparative study. *Egypt J Forensic Sci.* 2018;8:50. doi: 10.1186/s41935-018-0078-2.

Graziani G, Tal S, Adelman A, Kugel C, Bdolah-Abram T, Krispin A. Usefulness of unenhanced post mortem computed tomography – Findings in postmortem non-contrast computed tomography of the head, neck and spine compared to traditional medicolegal autopsy. *J Forensic Leg Med.* 2018;55:105–11. doi: 10.1016/j.jflm.2018.02.022.

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. doi: 10.1016/j.forsciint.2015.07.026.

Kirchhoff SM, Scaparra EF, Grimm J, Scherr M, Graw M, Reiser MF, et al. Postmortem computed tomography (PMCT) and autopsy in deadly gunshot wounds—a comparative study. *Int J Legal Med.* 2016;130:819–26. doi: 10.1007/s00414-015-1225-z.

Levy AD, Abbott RM, Mallak CT, Getz JM, Harcke HT, Champion HR, et al. Virtual autopsy: preliminary experience in high-velocity gunshot wound victims.

Radiology. 2006;240:522–8. doi: 10.1148/radiol.2402050972.

Naghavi M, Marczak LB, Kutz M, Shackelford KA, Arora M, Miller-Petrie M, et al. Global mortality from firearms, 1990–2016. *JAMA*. 2018;320:792. doi: 10.1001/jama.2018.10060.

Oehmichen M, Gehl H-B, Meissner C, Petersen D, Höche W, Gerling I, et al. Forensic pathological aspects of postmortem imaging of gunshot injury to the head: documentation and biometric data. *Acta Neuropathol*. 2003;105:570–80. doi: 10.1007/s00401-003-0683-4.

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. doi: 10.1177/0284185121999999.

van Kan RAT, Haest IHH, Lobbes MBI, Kroll J, Ernst SR, Kubat B, et al. Post-mortem computed tomography in forensic investigations of lethal gunshot incidents: is there an added value? *Int J Legal Med*. 2019;133:1889–94. doi: 10.1007/s00414-019-02108-y.

5.2 Material Supplementar

*EXCLI Journal 2023;22:600-603 – ISSN 1611-2156
Received: June 16, 2023, accepted: July 03, 2023, published: July 07, 2023*

Supplementary information to:

Letter to the editor:

DIFFERENCES IN BALLISTIC FINDINGS BETWEEN AUTOPSY AND POST-MORTEM COMPUTED TOMOGRAPHY IN THE HEAD AND NECK REGION OF GUNSHOT VICTIMS: A COMPREHENSIVE SYNTHESIS FOR FORENSIC DECISION-MAKING

Carlos Antonio Vicentin-Junior^{1,2}, Raíssa Bastos Vieira^{1,2}, Nicole Prata Damascena^{2,3},
Melina Calmon Silva⁴, Bianca Marques Santiago⁵, Eugénia Cunha^{6,7},
João Paulo Mardegan Issa¹, Paulo Ricardo Martins-Filho^{2,3,*},
Carlos Eduardo Palhares Machado^{1,4,8}

¹ Graduate Program in Pathology, Ribeirão Preto Medical School, University of São Paulo, USP, Ribeirão Preto, Brazil

² Investigative Pathology Laboratory, Federal University of Sergipe, Sergipe, Brazil

³ Graduate Program in Health Sciences, Federal University of Sergipe, Sergipe, Brazil

⁴ National Center for the Dissemination of Forensic Sciences, Brazilian Federal Police, Distrito Federal, Brazil

⁵ Graduate Program in Dentistry, Federal University of Paraíba, Paraíba, Brazil

⁶ Centre for Functional Ecology, Laboratory of Forensic Anthropology, University of Coimbra, Portugal

⁷ National Institute of Legal Medicine and Forensic Sciences, Lisbon, Portugal

⁸ National Institute of Criminalistics, Brazilian Federal Police, Distrito Federal, Brazil

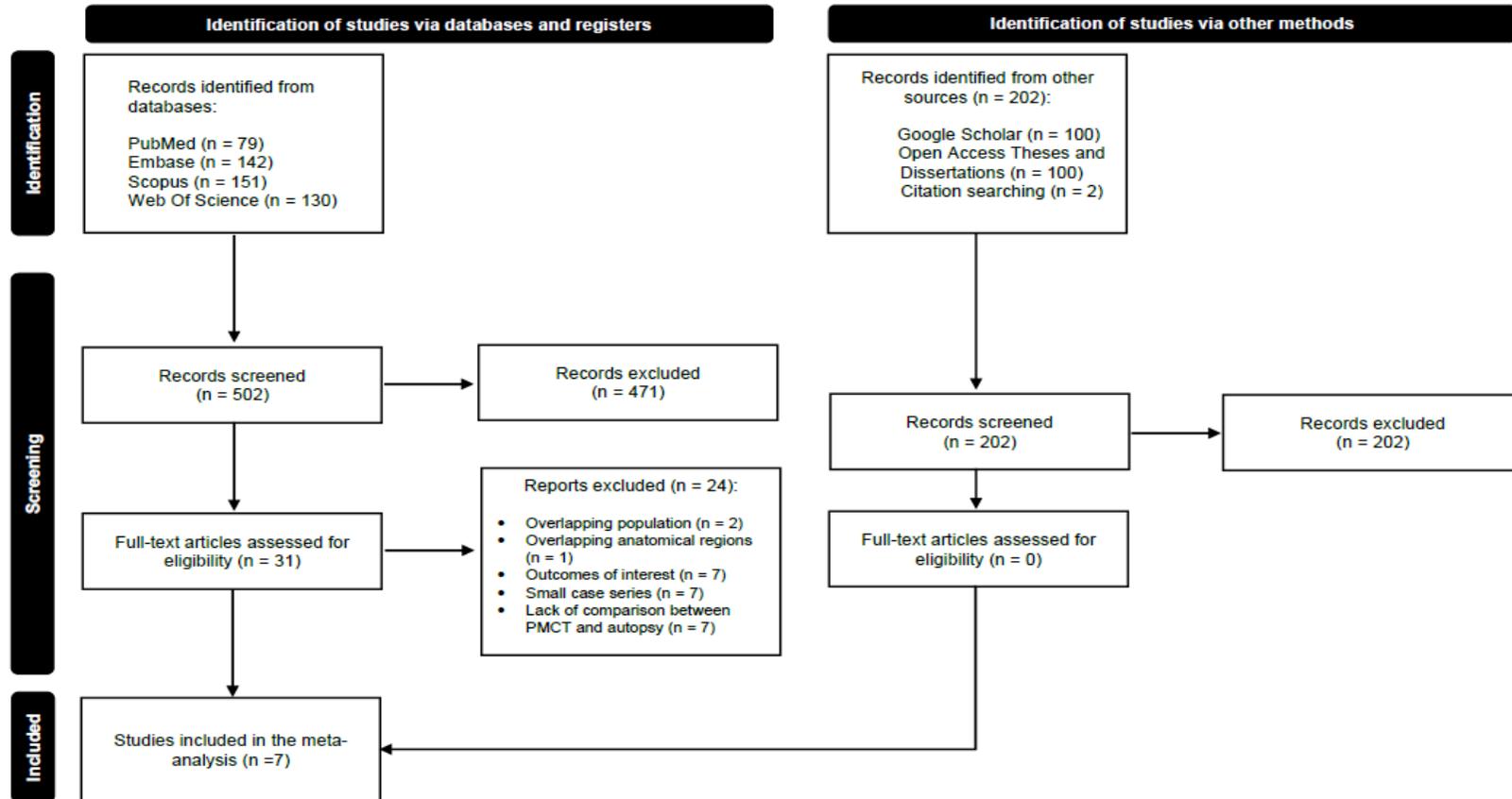
* **Corresponding author:** Paulo Ricardo Martins-Filho, Universidade Federal de Sergipe, Hospital Universitário, Laboratório de Patologia Investigativa. Rua Cláudio Batista, s/n. Sanatório. Aracaju, Sergipe, Brazil. CEP: 49060-100. E-mail: prmartinsfh@gmail.com

<https://dx.doi.org/10.17179/excli2023-6256>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Figura 3: Figura suplementar do artigo representando o fluxograma da seleção de estudos.

*EXCLI Journal 2023;22:600-603 – ISSN 1611-2156
Received: June 16, 2023, accepted: July 03, 2023, published: July 07, 2023*



Supplementary Figure 1: Flow diagram of study selection

Figura 4: Figura suplementar do artigo representando a avaliação do risco de viés.

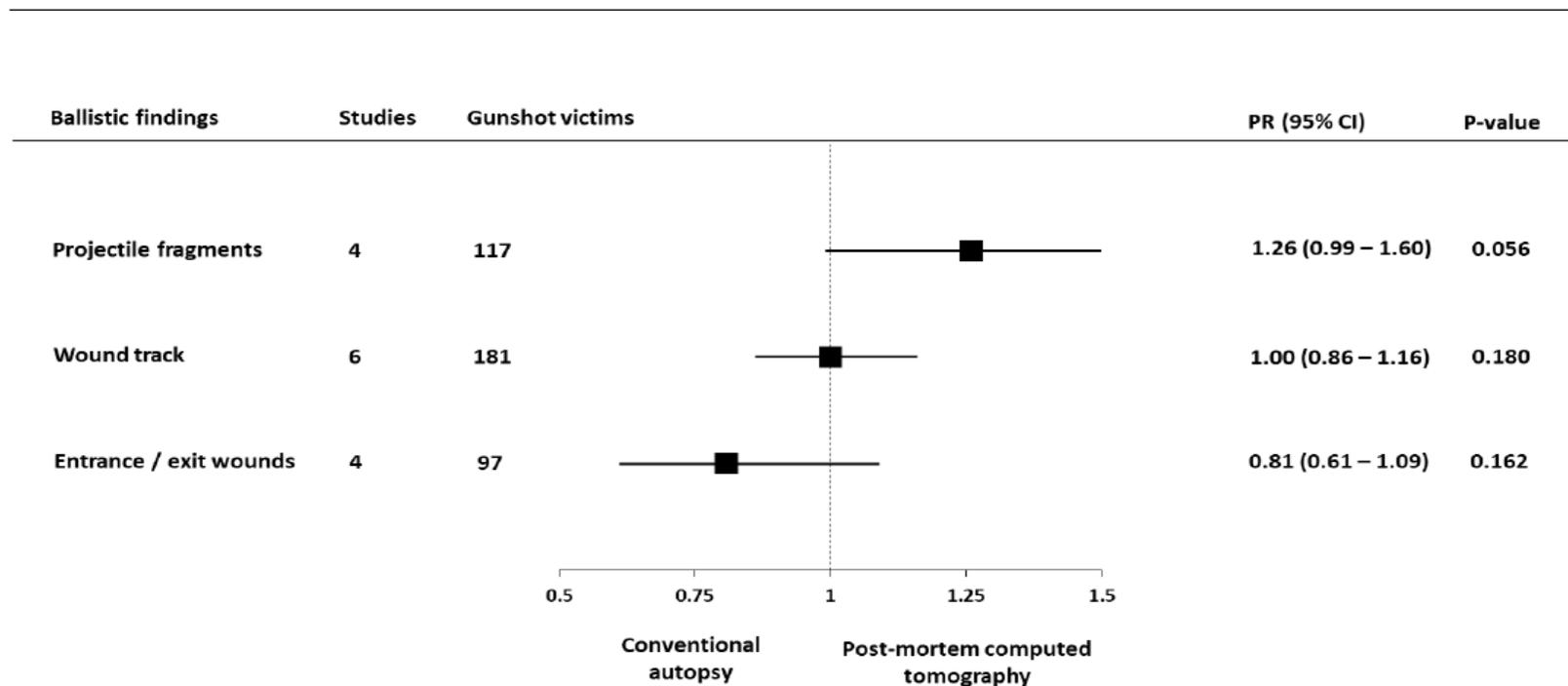
EXCLI Journal 2023;22:600-603 – ISSN 1611-2156
Received: June 16, 2023, accepted: July 03, 2023, published: July 07, 2023

Question	Author						
	Andenmatten <i>et al.</i> 2008	Elkhateeb <i>et al.</i> 2018	Graziani <i>et al.</i> 2018	Kirchhoff <i>et al.</i> 2016	Levy <i>et al.</i> 2006	Ursprung <i>et al.</i> 2022	van Kan, <i>et al.</i> 2019
1. Were the criteria for inclusion in the sample clearly defined?	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓
2. Were the study subjects and the setting described in detail?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
3. Was the exposure measured in a valid and reliable way?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4. Were objective, standard criteria used for measurement of the condition?	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
5. Were confounding factors identified?	?	?	?	?	?	?	?
6. Were strategies to deal with confounding factors stated?	?	?	?	?	?	?	?
7. Were the outcomes measured in a valid and reliable way?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8. Was appropriate statistical analysis used?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Supplementary Figure 2: Risk of bias assessment

Figura 5: Figura suplementar do artigo representando o gráfico das diferenças entre tomografia computadorizada *post-mortem* e necrópsia convencional na região de cabeça e pescoço em relação a fragmentos de projéteis, trajeto e orifícios de entrada e saída.

EXCLI Journal 2023;22:600-603 – ISSN 1611-2156
 Received: June 16, 2023, accepted: July 03, 2023, published: July 07, 2023



Supplementary Figure 3: Differences between post-mortem computed tomography and conventional autopsy in the head and neck region regarding projectile fragments, wound track, and entrance / exit wounds

Tabela 1: Tabela suplementar do artigo representando a estratégia da busca.

EXCLI Journal 2023;22:600-603 – ISSN 1611-2156
Received: June 16, 2023, accepted: July 03, 2023, published: July 07, 2023

Supplementary Table 1: Search strategy

Databases and other sources	Search strategy
PubMed Web of Science Scopus Embase Google Scholar Open Access Theses and Dissertations	("virtual autopsy" OR virtopsy OR "touch-free autopsy" OR "digital autopsy" OR "scalpel-free autopsy" OR "postmortem CT" OR "postmortem computed tomography" OR "postmortem CT" OR "postmortem computed tomography" OR "post-mortem CT" OR "post-mortem computed tomography" OR PMCT OR "robotic machine" OR virtibot OR "computed tomography virtopsy") AND (gun OR gunshot OR gunshots OR gunfire OR shooting OR firearm OR firearms OR weapon OR weapons OR handgun OR handguns)

Tabela 2: Tabela suplementar do artigo representando as características dos estudos incluídos.

EXCLI Journal 2023;22:600-603 – ISSN 1611-2156
 Received: June 16, 2023, accepted: July 03, 2023, published: July 07, 2023

Supplementary Table 2: Characteristics of the included studies

Author	Year	Country	Sample size	Sex		Ballistic outcomes		
				Male	Female	Entrance/exit wounds	Wound track	Projectile fragments
Andenmatten et al.	2008	Switzerland	22	14	8	Yes	NR	NR
Elkhateeb et al.	2018	Egypt	30	24	6	Yes	Yes	Yes
Graziani et al.	2018	Israel	42	NR	NR	NR	Yes	Yes
Kirchhoff et al.	2016	Germany	51	40	11	NR	Yes	NR
Levy et al.	2006	USA	13	13	0	NR	Yes	NR
Ursprung et al.	2022	Switzerland	24	19	5	Yes	Yes	Yes
van Kan et al.	2019	Netherlands	21	NR	NR	Yes	Yes	Yes

NR, Not reported

Tabela 3: Tabela suplementar do artigo representando os métodos de aquisição, processamento e visualização das imagens para os artigos selecionados.*EXCLI Journal 2023;22:600-603 – ISSN 1611-2156**Received: June 16, 2023, accepted: July 03, 2023, published: July 07, 2023***Supplementary Table 3:** Method of image acquisition, processing, and visualization

Author	Equipment	kV	mA	mAs	Acquisition time	Image reconstruction or visualization software
Andenmatten et al., 2008	Somatom Emotion 6 (Siemens Medical Solutions)	NR	NR	NR	< 10 minutes	Syngo CT workstation (Siemens Medical Solutions)
Elkhateeb et al., 2018	Somatom Sensation Cardiac 64 (Siemens Medical Solutions)	NR	NR	NR	NR	Syngo B workstation (Siemens Medical Solutions)
Graziani et al., 2018	Toshiba Aquilion PRIME scanner or Phillips iCT 256 Scanner	120 (under 100kg) 135 (over 100 kg)	350 (Torso) 350 (Head) 400 (Neck)	430 (Torso) 480 (Neck) 840 (Head)	NR	Phillips Portal or Vital-images Vitrea
Kirchoff et al., 2016	Brilliance 64 (Phillips) or GE Discovery 750 HD (GE Healthcare)	NR	NR	NR	NR	Picture Archiving Computer System
Levy et al., 2006	LightSpeed 16 (GE Medical Systems)	NR	NR	NR	NR	Advantage (GE Medical Systems)
Ursprung et al., 2022	Somatom Definition Flash (Siemens Medical Solutions)	120	NR	NR	NR	Leonardo workstation (Siemens Medical Solutions) and Picture Archiving Computer System
van Kan et al., 2019	NR	120	NR	350 (Head) 300 (Neck) 450 (Torso)	NR	OsiriX

kV, kilovoltage; mA, milliamperes; mAs, milliamperes-seconds; NR, not reported

Discussões

6. DISCUSSÕES

Em 1990 o Brasil contemplava 13% dos homicídios envolvendo o uso de armas de fogo em uma pesquisa realizada em 195 países, estando em segundo lugar dentre eles dos que mais possuem esse tipo de morte. Essa porcentagem passou para 17,2% no ano de 2016 e, com isso, o Brasil assumiu a liderança (NAGHAVI; MARCZAK; KUTZ; SHACKELFORD *et al.*, 2018). Dentre o total de homicídio ocorridos no Brasil, 55,9% foram utilizando arma de fogo no ano de 1990 e este número subiu para aproximadamente 70% em 2015 (MALTA; MINAYO; SOARES FILHO; SILVA *et al.*, 2017). Assim, mortes que envolvem a utilização de armas de fogo estão entre as causas mais comuns no Brasil e isso implica em uma alta demanda de exames cadavéricos devido a sua obrigatoriedade no país para mortes suspeitas e violentas. (GITTO; ARUNKUMAR; SEGOVIA; FILKINS *et al.*, 2021).

Atualmente, a necrópsia é o exame considerado padrão ouro para a determinação da causa da morte independentemente da maneira que o óbito tenha ocorrido (LO RE; SALERNO; TERRANOVA; ARGO *et al.*, 2019; SCAPARRA; PESCHEL; KIRCHHOFF; REISER *et al.*, 2016; SPEELMAN; ENGEL-HILLS; MARTIN; VAN RIJN *et al.*, 2022; THALI; YEN; VOCK; OZDOBA *et al.*, 2003). Isso se deve ao fato de que é um exame rotineiro nos IML's e sua execução é antiga, com o primeiro relato no século IV a.C. e com intensa quantidade de publicações nos séculos XVI, XVII e XVIII. Portanto, em geral os profissionais estão habilitados para a realização deste exame necroscópico e com muito treinamento e experiência, o que não ocorre no caso dos radiologistas forenses ainda na maior parte do planeta (HARCKE; LEVY; ABBOTT; MALLAK *et al.*, 2007; VESTER; NOLTE; HATCH; GERRARD *et al.*, 2020).

Na necrópsia convencional o torso do cadáver é aberto de maneira rotineira e, em muitos casos, também ocorre a abertura da calota craniana. Além disso, um exame detalhado no exterior do corpo é necessário antes da abertura do torso anterior com registros fotográficos e por escrito em laudos sobre as características das vestes e descrições detalhadas das lesões encontradas. Com isso, desde que o profissional esteja realizando o exame de maneira atenta, é improvável que deixe de perceber divergências anatômicas e características incomuns nas roupas, como furos originados por tiro. Ressalta-se a importância da qualidade do exame. Não é apenas o número de autópsias que um profissional já realizou em sua jornada profissional que remete a excelência em seu trabalho (AYOUB; CHOW, 2008).

A nova modalidade de necrópsia aplicada na medicina legal chamada de autópsia virtual ou virtópsia (DEL FANTE; DE MATTEIS; FAZIO; DI FAZIO *et al.*, 2019) iniciou sua trajetória no final do século XIX e vem ganhando forças em debates sobre o tema, especialmente para achados balísticos (CASCINI; POLACCO; CITTADINI; PALIANI *et al.*, 2020). Devido a expansão tecidual que ocorre com o corpo humano durante a passagem e interação com o projétil, as lesões sofrem variações conforme se altera algum fator balístico, como o formato do projétil e anatômicos, como a região do tiro. Além disso, no caso de PAF que fica incrustado no corpo e não transfixa, é possível observar um destaque nas imagens da TCPM por conta da diferente densidade que possui quando comparado ao tecido biológico, inclusive o ósseo, gerando uma imagem mais radiopaca, ou seja, mais esbranquiçada.

Consta na literatura situações em que a virtópsia com TC se mostrou ser superior à necrópsia para alguns achados (HUECK; MUGGENTHALER; HUBIG; HEINRICH *et al.*, 2020). Entretanto, essa superioridade foi apenas em alguns casos, assim como a necrópsia convencional também foi superior em outros desfechos posteriores. Visando uma melhor objetividade de gabarito para essa comparação sobre maior ou menor hierarquia em relação aos resultados obtidos, um estudo propõe que a referência de confronto seja a combinação dos resultados da virtópsia com os da autópsia (SCHOLING; SALTZHERR; FUNG KON JIN; PONSEN *et al.*, 2009). Com isso pode-se evidenciar quando que cada exame é superior ou inferior em relação a compilação dos resultados de ambos. Entretanto, o mais comum é a comparação dos resultados da TCPM apenas com os resultados na necrópsia convencional.

O investimento financeiro para a implementação na rotina da TCPM é alto devido ao grande custo do equipamento, local apropriado com blindagem para não ter radiação ionizante nas regiões adjacentes no momento da execução do exame, fornecer treinamento para os profissionais a fim de haver uma homogeneização dos exames e, no caso de haver mais estudos futuros, pode-se inclusive adotar uma padronização para os parâmetros utilizados na formação da imagem, como kV, mA e mAs. Mas, uma coisa nunca conseguirá ser suprida nos exames de imagem em relação a necrópsia convencional, a capacidade de sentir o tecido biológico ao tocá-lo neste exame e a visualização do exato espectro de cor que a lesão está refletindo.

Apesar de ter este elevado custo de implementação, rapidamente esse valor será recuperado tendo em vista o risco mínimo biológico a que o profissional será

submetido, desde que devidamente treinado para operar com radiação ionizante. O menor intervalo temporal da execução do exame também possui um valor positivo nessa balança de maneira que o profissional conseguirá realizar suas análises muito mais rápido e isso poderá influenciar inclusive no tempo da investigação criminal. Ainda é importante fazer menção de que as imagens dos exames podem ficar em um banco de dados virtual podendo, assim, haver um acompanhamento mais eficaz nos casos, sem a necessidade de solicitações de exumações para eventuais análises complementares. Além disso também haveria uma facilidade para o serviço de assistentes técnicos e, além de tudo, é importante fazer menção de que se trataria de uma necrópsia minimamente invasiva e isso poderia gerar menos atritos entre os familiares e amigos da vítima com o médico no momento da obrigatoriedade da execução do exame em que, em muitos casos, eles tentam não autorizar, mas, no Brasil, não existe essa possibilidade de aceite pelo profissional.

Todos os estudos incluídos possuem moderada qualidade da evidência por base na análise do risco de viés através da lista de verificação de avaliação crítica do Instituto Joanna Briggs para Estudos Analíticos Transversais devido ao fato de possuírem entre 5 (ANDENMATTEN; THALI; KNEUBUEHL; OESTERHELWEG *et al.*, 2008; KIRCHHOFF; SCAPARRA; GRIMM; SCHERR *et al.*, 2016; URSPRUNG; EGGERT; AMPANOZI; GASCHO *et al.*, 2022; VAN KAN; HAEST; LOBBES; KROLL *et al.*, 2019) e 6(ELKHATEEB; MOHAMMED; MELEKA; ELAZEEM, 2018; GRAZIANI; TAL; ADELMAN; KUGEL *et al.*, 2018; LEVY; ABBOTT; MALLAK; GETZ *et al.*, 2006) pontos positivos das 8 perguntas realizadas.

Para a determinação dos orifícios de entrada e saída de PAF tem-se uma tendência do resultado estar deslocado para a melhor eficácia da necrópsia convencional. Entretanto, o valor de P é alto, o grau de heterogeneidade é moderado e o intervalo de confiança toca na linha de nulidade. Sendo assim, o resultado não é estatisticamente relevante e mais estudos são necessários para diminuir o intervalo de confiança e observar se essa tendência continua. Além disso, o GRADE para este resultado foi muito baixo para a análise da força dessa evidência.

A importância para o exame pericial da detecção dos orifícios de entrada e saída é visando compreender a dinâmica ocorrida. A análise cautelosa do orifício de entrada consegue elucidar muito sobre os fatos ocorridos. Por exemplo, é possível afirmar sobre a distância do tiro, se estava encostado, se foi curta a distância ou longa e isso é crucial em uma investigação criminal.

Em relação ao trajeto na região anatômica de cabeça e pescoço, o resultado obtido está centralizado na linha de nulidade o que fornece a informação de que os exames de necrópsia convencional ou TCPM são equivalentes para essa análise. Apesar do valor de P também ser alto e não possuir relevância estatística, o intervalo de confiança está menor do que os demais resultados devido a amostra ter sido maior e os estudos incluídos foram homogêneos. Entretanto, o GRADE para este resultado foi muito baixo para a análise da força dessa evidência.

Em relação a perícia criminal, a determinação do trajeto auxilia para a corroboração da localização dos orifícios de entrada e saída além de serem importantes para a interpretação das lesões indiretas do tiro, ou seja, geradas pela cavidade temporária. Além disso, em casos de ricochetes, a determinação do trajeto auxilia na maneira de compreender o desvio do percurso do projétil evitando, assim, inequívocas interpretações sobre os efeitos do tiro.

Analisando os resultados obtidos para a detecção de fragmentos metálicos na região anatômica de cabeça e pescoço é possível inferir que não possui heterogeneidade nos estudos, o valor de P está levemente acima do esperado para relevância significativa estatisticamente e o intervalo de confiança está grande e tocando por um curto intervalo na linha de nulidade. Além deste fato, o GRADE para este resultado deu moderado deixando, assim, essa evidência científica com maior poder de confiabilidade. Com isso, a TCPM está tendendo a ser 26% superior à necrópsia convencional para esse desfecho. Com a inclusão de mais artigos e, assim, como consequência, o aumento da amostra analisada, é esperado que o intervalo de confiança reduza seu tamanho e, assim, que seja significativamente o resultado de que a virtópsia por TC é superior à necrópsia convencional para este achado balístico.

Na prática pericial é possível realizar exames de microcomparação balística entre os elementos de munição, estojos e projéteis, que foram encontrados na cena de crime ou no cadáver com os encontrados no decorrer da investigação criminal dos suspeitos. Assim, este exame no caso de ser positivo, comprova que a arma suspeita realizou o tiro que levou àquele indivíduo ao óbito. Portanto, a recuperação de fragmentos ou de projéteis íntegros é de suma importância para conseguir realizar este exame complementar e deixar menos inconsistências no resultado pericial.

Além disso, a abertura da face não é comum de ser realizada nos IML's. Apenas ocorre a abertura da calota craniana e, mesmo assim, em geral é uma região de difícil acesso (JALALZADEH; GIANNAKOPOULOS; BERGER; FRONCZEK *et al.*, 2015;

OEHMICHEN; GEHL; MEISSNER; PETERSEN *et al.*, 2003). Dependendo do tamanho do fragmento, no momento da abertura pode ser perdido ou danificado e isso poderia prejudicar a perícia (BOLLIGER; THALI, 2015).

Um questionamento importante encontrado nos artigos é sobre a possibilidade de substituição do exame necroscópico pelo exame de imagem utilizando a TC. Através deste estudo, ainda não é possível considerar que a TCPM possa ser utilizada para substituição da necrópsia convencional e essencialmente isso se deve ao pequeno número de artigos existentes que corroborassem com os critérios de elegibilidade para serem elegíveis a este estudo. De todos os artigos encontrados na busca inicial nos bancos de dados, apenas aproximadamente 1% estava respondendo adequadamente os quesitos elaborados desta revisão sistemática e meta-análise.

Assim sendo, para conseguir responder esse questionamento de maneira significativamente estatística, mais estudos comparativos entre essas técnicas de exames necroscópicos são necessários. Entretanto, apesar da não substituição, é evidente através dos resultados que a TCPM e o exame necroscópico usados de maneira complementar geram apenas benefícios para a investigação criminal.

Conclusões

7. CONCLUSÕES

Com base nos resultados e discussões do artigo publicado desta revisão sistemática com meta-análise é possível concluir que não há diferença estatisticamente significativa entre a virtópsia utilizando tomografia computadorizada e a necrópsia convencional em vítimas fatais de lesões geradas por projéteis de arma de fogo na região anatômica de cabeça e pescoço para a determinação de orifícios de entrada e saída de projéteis expelidos de arma de fogo e para a localização de trajetos. Sendo assim, não há superioridade entre nenhum dos exames para esses desfechos balísticos.

Para a localização de fragmentos de projéteis na cabeça e pescoço, teve-se uma prevalência 26% maior da virtópsia utilizando a tomografia computadorizada em relação a necrópsia convencional, ou seja, a TCPM possui maiores achados em comparação com os resultados obtidos do exame necroscópico convencional. Apesar do valor de P estar uma pequena porcentagem acima do limite superior para significância estatística e da linha do intervalo de confiança tocar a linha de nulidade por um pequeno espaço, é esperado que o aumento da amostra faça com que essa prevalência se mantenha ou se amplie ainda mais.

Apesar da TCPM ser considerado não invasivo em alguns estudos, há a necessidade da abertura da cavidade corporal em que se encontrar o fragmento metálico ou o projétil íntegro para a recolha deste elemento para realização de exames complementares. Assim, a virtópsia deve ser considerada minimamente invasiva.

Portanto, embora a virtópsia com tomografia computadorizada não possa substituir a necrópsia atualmente, recomenda-se fortemente seu uso como forma complementar, em especial na região anatômica de cabeça e pescoço para a detecção de fragmentos metálicos, deixando assim o resultado da análise pericial do corpo da vítima mais confiável quando envolver vítimas fatais de tiro.

Recomenda-se que mais estudos sejam realizados para responder de maneira mais segura sobre a substituição destes exames. Em especial, confrontando os resultados de cada um deles separados, TCPM e necrópsia convencional, com a compilação dos achados de ambos e, assim, inferir de maneira mais objetiva os benefícios e os malefícios de cada um destes exames.

Bibliografia

BIBLIOGRAFIA

ADEGAS, N. B.; COXE, R. A. G. Tanatologia forense: a importância desta ciência como meio de prova pericial no âmbito jurídico. **Revista Matiz Online**, 8, p. 20, 2018.

AMANKWAA, A. O.; NSIAH AMOAKO, E.; MENSAH BONSU, D. O.; BANYEH, M. Forensic science in Ghana: A review. **Forensic Sci Int Synerg**, 1, p. 151-160, 2019.

ANDENMATTEN, M. A.; THALI, M. J.; KNEUBUEHL, B. P.; OESTERHELWEG, L. *et al.* Gunshot injuries detected by post-mortem multislice computed tomography (MSCT): a feasibility study. **Leg Med (Tokyo)**, 10, n. 6, p. 287-292, Nov 2008.

AYOUB, T.; CHOW, J. The conventional autopsy in modern medicine. **J R Soc Med**, 101, n. 4, p. 177-181, Apr 2008.

BADAM, R. K.; SOWNETHA, T.; BABU, D. B. G.; WAGHRAY, S. *et al.* Virtopsy: Touch-free autopsy. **J Forensic Dent Sci**, 9, n. 1, p. 42, 2017 Jan-Apr 2017.

BAY, N. S.-Y.; BAY, B.-H. Greek anatomist herophilus: the father of anatomy. **Anatomy and cell biology**, p. 4, 2010.

BEDFORD, P. J.; OESTERHELWEG, L. Different conditions and strategies to utilize forensic radiology in the cities of Melbourne, Australia and Berlin, Germany. **Forensic Sci Med Pathol**, 9, n. 3, p. 321-326, Sep 2013.

BIR, C.; VIANO, D.; KING, A. Development of biomechanical response corridors of the thorax to blunt ballistic impacts. **J Biomech**, 37, n. 1, p. 73-79, Jan 2004.

BOLLIGER, S. A.; THALI, M. J. Imaging and virtual autopsy: looking back and forward. **Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci**, 370, n. 1674, Aug 05 2015.

BOLLIGER, S. A.; THALI, M. J.; ROSS, S.; BUCK, U. *et al.* Virtual autopsy using imaging: bridging radiologic and forensic sciences. A review of the Virtopsy and similar projects. **Eur Radiol**, 18, n. 2, p. 273-282, Feb 2008.

BRASIL. Decreto de lei nº 3689 de 3 de outubro de 1941. Título VII. Cap.II. Do exame de corpo de delito, da cadeia de custódia e das perícias em geral. Art. 162. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del3689.htm > Acesso em: 22/10/2022. 1941.

CARBALLEIRA ÁLVAREZ, A.; MANCINI, J.; TUCHANTAN-TORRENTS, L.; GACH, P. *et al.* Diagnostic value of unenhanced postmortem computed tomography in the detection of traumatic abdominal injuries. **Diagn Interv Imaging**, 99, n. 6, p. 397-402, Jun 2018.

CARPENITO, L.; D'ERCOLE, M.; PORTA, F.; DI BLASI, E. *et al.* The autopsy at the time of SARS-CoV-2: Protocol and lessons. **Ann Diagn Pathol**, 48, p. 151562, Oct 2020.

CASCINI, F.; POLACCO, M.; CITTADINI, F.; PALIANI, G. B. *et al.* Post-mortem computed tomography for forensic applications: A systematic review of gunshot deaths. **Med Sci Law**, 60, n. 1, p. 54-62, Jan 2020.

CLASPER, J. The interaction of projectiles with tissues and the management of ballistic fractures. **J R Army Med Corps**, 147, n. 1, p. 52-61, Feb 2001.

DAVIS, B. A history of forensic medicine. **Med Leg J**, 53 (Pt 1), p. 9-23, 1985.

DEL FANTE, Z.; DE MATTEIS, A.; FAZIO, V.; DI FAZIO, N. *et al.* The importance of Post Mortem Computed Tomography (PMCT) in the reconstruction of the bullet trajectory. **Clin Ter**, 170, n. 2, p. e129-e133, 2019.

DOUGHERTY, P. J.; SHERMAN, D.; DAU, N.; BIR, C. Ballistic fractures: indirect fracture to bone. **J Trauma**, 71, n. 5, p. 1381-1384, Nov 2011.

EBERT, L. C.; FRANCKENBERG, S.; SIEBERTH, T.; SCHWEITZER, W. *et al.* A review of visualization techniques of post-mortem computed tomography data for forensic death investigations. **Int J Legal Med**, 135, n. 5, p. 1855-1867, Sep 2021.

EBERT, L. C.; PTACEK, W.; NAETHER, S.; FÜRST, M. *et al.* Virtobot--a multi-functional robotic system for 3D surface scanning and automatic post mortem biopsy. **Int J Med Robot**, 6, n. 1, p. 18-27, Mar 2010.

ECKERT, W. G.; GARLAND, N. The history of the forensic applications in radiology. **Am J Forensic Med Pathol**, 5, n. 1, p. 53-56, Mar 1984.

ELKHATEEB, S. A.; MOHAMMED, E. B.; MELEKA, H. A.; ELAZEEM, A. A. I. Postmortem computed tomography and autopsy for detection of lesions and causes of death in gunshot injury cases: a comparative study. **Egyptian Journal of Forensic Sciences**, p. 9, 2018.

FACKLER, M. L. Ballistic injury. **Ann Emerg Med**, 15, n. 12, p. 1451-1455, Dec 1986.

FACKLER, M. L. Gunshot wound review. **Ann Emerg Med**, 28, n. 2, p. 194-203, Aug 1996.

FILOGRANA, L. The development of forensic imaging in Italy. A systematic review of the

literature. **Journal of Forensic Radiology and Imaging**, 15, p. P. 7, 2018.

FILOGRANA, L.; PUGLIESE, L.; MUTO, M.; TATULLI, D. *et al.* A Practical Guide to Virtual Autopsy: Why, When and How. **Semin Ultrasound CT MR**, 40, n. 1, p. 56-66, Feb 2019.

FRANÇA, G. V. D. **Fundamentos de medicina legal**. 3 ed. Guanabara Koogan, 2018. 1723 p.

GARETIER, M.; DELOIRE, L.; DÉDOUIT, F.; DUMOUSSET, E. *et al.* Postmortem computed tomography findings in suicide victims. **Diagn Interv Imaging**, 98, n. 2, p. 101-112, Feb 2017.

GASCHO, D.; DEININGER-CZERMAK, E.; ZOELCH, N.; TAPPERO, C. *et al.* Noninvasive 7 tesla MRI of fatal craniocerebral gunshots - a glance into the future of radiologic wound ballistics. **Forensic Sci Med Pathol**, 16, n. 4, p. 595-604, 12 2020.

GASCHO, D.; MAROSI, M.; THALI, M. J.; DEININGER-CZERMAK, E. Postmortem Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging of Gunshot Wounds to the Neck. **J Forensic Sci**, 65, n. 4, p. 1360-1364, Jul 2020.

GASCHO, D.; ZOELCH, N.; DEININGER-CZERMAK, E.; TAPPERO, C. *et al.* In situ identification of Action 4, SECA and QD-PEP bullets from special police ammunitions by computed tomography. **Med Sci Law**, 60, n. 3, p. 188-195, Jul 2020.

GIORGETTI, A.; GIRAUDDO, C.; VIERO, A.; BISCEGLIA, M. *et al.* Radiological investigation of gunshot wounds: a systematic review of published evidence. **Int J Legal Med**, 133, n. 4, p. 1149-1158, Jul 2019.

GITTO, L.; ARUNKUMAR, P.; SEGOVIA, A.; FILKINS, J. A. *et al.* Anatomical distribution and autopsy features of gunshot injuries to support the manner of death. **J Forensic Leg Med**, 79, p. 102135, Apr 2021.

GRAZIANI, G.; TAL, S.; ADELMAN, A.; KUGEL, C. *et al.* Usefulness of unenhanced post mortem computed tomography – Findings in Postmortem Non-Contrast Computed Tomography of the Head, Neck and Spine Compared to Traditional Medicolegal Autopsy. **Journal of Forensic and Legal Medicine**, p. 20, 2018.

GUYATT, G.; OXMAN, A. D.; AKL, E. A.; KUNZ, R. *et al.* GRADE guidelines: 1. Introduction-GRADE evidence profiles and summary of findings tables. **J Clin Epidemiol**, 64, n. 4, p. 383-394, Apr 2011.

HALGRIN, J.; SHIRI, S.; MARECHAL, C.; HAUGOU, G. *et al.* Experimental and numerical characterisation of the mechanical behaviour of the cranial bone. **Comput Methods Biomech Biomed Engin**, 15 Suppl 1, p. 313-315, 2012.

HARCKE, H. T.; LEVY, A. D.; ABBOTT, R. M.; MALLAK, C. T. *et al.* Autopsy radiography: digital radiographs (DR) vs multidetector computed tomography (MDCT) in high-velocity gunshot-wound victims. **Am J Forensic Med Pathol**, 28, n. 1, p. 13-19, Mar 2007.

HENNINGSEN, M. J.; LARSEN, S. T.; JACOBSEN, C.; VILLA, C. Sensitivity and specificity of post-mortem computed tomography in skull fracture detection-a systematic review and meta-analysis. **Int J Legal Med**, 136, n. 5, p. 1363-1377, Sep 2022.

HIGGINS, J. P.; THOMPSON, S. G. Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. **Stat Med**, 21, n. 11, p. 1539-1558, Jun 15 2002.

HOLLERMAN, J. J.; FACKLER, M. L.; COLDWELL, D. M.; BEN-MENACHEM, Y. Gunshot wounds: 1. Bullets, ballistics, and mechanisms of injury. **AJR Am J Roentgenol**, 155, n. 4, p. 685-690, Oct 1990.

HUECK, U.; MUGGENTHALER, H.; HUBIG, M.; HEINRICH, A. *et al.* Forensic postmortem computed tomography in suspected unnatural adult deaths. **Eur J Radiol**, 132, p. 109297, Nov 2020.

HUMPHREY, C.; KUMARATILAKE, J. Ballistics and anatomical modelling - A review. **Leg Med (Tokyo)**, 23, p. 21-29, Nov 2016.

JACKOWSKI, C.; THALI, M.; AGHAYEV, E.; YEN, K. *et al.* Postmortem imaging of blood and its characteristics using MSCT and MRI. **Int J Legal Med**, 120, n. 4, p. 233-240, Jul 2006.

JALALZADEH, H.; GIANNAKOPOULOS, G. F.; BERGER, F. H.; FRONCZEK, J. *et al.* Post-mortem imaging compared with autopsy in trauma victims--A systematic review. **Forensic Sci Int**, 257, p. 29-48, Dec 2015.

JEFFERY, A. J.; RUTTY, G. N.; ROBINSON, C.; MORGAN, B. Computed tomography of projectile injuries. **Clin Radiol**, 63, n. 10, p. 1160-1166, Oct 2008.

KING, L. S.; MEEHAN, M. C. A history of the autopsy. A review. **Am J Pathol**, 73, n. 2, p. 514-544, Nov 1973.

KIRCHHOFF, S. M.; SCAPARRA, E. F.; GRIMM, J.; SCHERR, M. *et al.* Postmortem computed tomography (PMCT) and autopsy in deadly gunshot wounds--a comparative study. **Int J Legal Med**, 130, n. 3, p. 819-826, May 2016.

LEVY, A. D.; ABBOTT, R. M.; MALLAK, C. T.; GETZ, J. M. *et al.* Virtual autopsy: preliminary experience in high-velocity gunshot wound victims. **Radiology**, 240, n. 2, p. 522-528, Aug 2006.

LO RE, G.; SALERNO, S.; TERRANOVA, M. C.; ARGO, A. *et al.* Virtopsy and Living Individuals Evaluation Using Computed Tomography in Forensic Diagnostic Imaging. **Semin Ultrasound CT MR**, 40, n. 1, p. 67-78, Feb 2019.

MAIESE, A.; GITTO, L.; DE MATTEIS, A.; PANEBIANCO, V. *et al.* Post mortem computed tomography: useful or unnecessary in gunshot wounds deaths? Two case reports. **Leg Med (Tokyo)**, 16, n. 6, p. 357-363, Nov 2014.

MALTA, D. C.; MINAYO, M. C. D. S.; SOARES FILHO, A. M.; SILVA, M. M. A. D. *et al.* Mortality and years of life lost by interpersonal violence and self-harm: in Brazil and Brazilian states: analysis of the estimates of the Global Burden of Disease Study, 1990 and 2015. **Revista brasileira de epidemiologia**, 20, p. 15, 2017.

MARQUES, F. A morte explica a vida. *Revista Pesquisa Fapesp*. 229: 15-21 p. 2015.

MARTRILLE, L.; SYMES, S. A. Interpretation of long bones ballistic trauma. **Forensic Sci Int**, 302, p. 109890, Sep 2019.

MOOLA, S.; MUNN, Z.; TUFANARU, C.; AROMATARIS, E. *et al.* **Chapter 7: Systematic reviews of etiology and risk.** <https://synthesismanual.jbi.global>: JBI Manual for Evidence Synthesis., 2020.

NAGHAVI, M.; MARCZAK, L. B.; KUTZ, M.; SHACKELFORD, K. A. *et al.* Global Mortality From Firearms, 1990-2016. **JAMA**, 320, n. 8, p. 792-814, Aug 28 2018.

OEHMICHEN, M.; GEHL, H. B.; MEISSNER, C.; PETERSEN, D. *et al.* Forensic pathological aspects of postmortem imaging of gunshot injury to the head: documentation and biometric data. **Acta Neuropathol**, 105, n. 6, p. 570-580, Jun 2003.

PAGE, M. J.; MOHER, D.; BOSSUYT, P. M.; BOUTRON, I. *et al.* PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. **BMJ**, 372, p. n160, Mar 29 2021.

PRAT, N. J.; DABAN, J. L.; VOIGLIO, E. J.; RONGIERAS, F. Wound ballistics and blast injuries. **J Visc Surg**, 154 Suppl 1, p. S9-S12, Dec 2017.

PUENTES, K.; TAVEIRA, F.; MADUREIRA, A. J.; SANTOS, A. *et al.* Three-dimensional reconstitution of bullet trajectory in gunshot wounds: a case report. **J Forensic Leg Med**, 16, n. 7, p. 407-410, Oct 2009.

RHEE, P. M.; MOORE, E. E.; JOSEPH, B.; TANG, A. *et al.* Gunshot wounds: A review of ballistics, bullets, weapons, and myths. **J Trauma Acute Care Surg**, 80, n. 6, p. 853-867, 06 2016.

ROCHITTE, C. R.; SILVA, D. C.; OTADUY, M. C.; CHAIM, K. T. *et al.* Cardiac Magnetic Resonance Imaging in a 7 Tesla Magnetic Field: Initial Experience with Hydrogen and Sodium Nuclei. **Arq Bras Cardiol**, 120, 2023.

RODRIGUES, G. O.; GOLDMEIER, S.; FELDMAN, C. J.; MEDEIROS, R. F. D. *et al.* Radiografías de tórax de calidad con dosis menores que los límites recomendados. **Imagen diagnóstica**, 4, p. 7, 2013.

ROS, P. R.; LI, K. C.; VO, P.; BAER, H. *et al.* Preautopsy magnetic resonance imaging: initial experience. **Magn Reson Imaging**, 8, p. 303-308, 1990.

SCAPARRA, E.; PESCHEL, O.; KIRCHHOFF, C.; REISER, M. *et al.* Detection of blood aspiration in deadly head gunshots comparing postmortem computed tomography (PMCT) and autopsy. **Eur J Med Res**, 21, n. 1, p. 43, Nov 01 2016.

SCHOLING, M.; SALTZHERR, T. P.; FUNG KON JIN, P. H.; PONSEN, K. J. *et al.* The value of postmortem computed tomography as an alternative for autopsy in trauma victims: a systematic review. **Eur Radiol**, 19, n. 10, p. 2333-2341, Oct 2009.

SPEELMAN, A. C.; ENGEL-HILLS, P. C.; MARTIN, L. J.; VAN RIJN, R. R. *et al.* Postmortem computed tomography plus forensic autopsy for determining the cause of death in child fatalities. **Pediatr Radiol**, 52, n. 13, p. 2620-2629, Dec 2022.

STROUP, D. F.; BERLIN, J. A.; MORTON, S. C.; OLKIN, I. *et al.* Meta-analysis of observational studies in epidemiology: a proposal for reporting. Meta-analysis Of Observational Studies in Epidemiology (MOOSE) group. **JAMA**, 283, n. 15, p. 2008-2012, Apr 19 2000.

THALI, M. J.; JACKOWSKI, C.; OESTERHELWEG, L.; ROSS, S. G. *et al.* VIRTOPSY - the Swiss virtual autopsy approach. **Leg Med (Tokyo)**, 9, n. 2, p. 100-104, Mar 2007.

THALI, M. J.; YEN, K.; SCHWEITZER, W.; VOCK, P. *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. **Journal of forensic sciences**, p. 18, 2003.

THALI, M. J.; YEN, K.; VOCK, P.; OZDOBA, C. *et al.* Image-guided virtual autopsy findings of gunshot victims performed with multi-slice computed tomography and magnetic resonance imaging and subsequent correlation between radiology and autopsy findings. **Forensic Sci Int**, 138, n. 1-3, p. 8-16, Dec 17 2003.

UBELAKER, D. H. Recent advances in understanding hard tissue alterations related to trauma. **Forensic Sci Int**, 299, p. 235-237, Jun 2019.

URSPRUNG, R.; EGGERT, S.; AMPANOZI, G.; GASCHO, D. *et al.* Gunshot wounds to the head: a comparison of postmortem magnetic resonance imaging, computed tomography, and autopsy. **Acta Radiol**, 63, n. 4, p. 513-519, Apr 2022.

VAN KAN, R. A. T.; HAEST, I. I. H.; LOBBES, M. B. I.; KROLL, J. *et al.* Post-mortem computed tomography in forensic investigations of lethal gunshot incidents: is there an added value? **Int J Legal Med**, 133, n. 6, p. 1889-1894, Nov 2019.

VERHOFF, M. A.; RAMSTHALER, F.; KRÄHAHN, J.; DEML, U. *et al.* Digital forensic osteology—Possibilities in cooperation with the Virtopsy® project☆. **Forensic Science International**, 174, p. 152-156, 2008.

VESTER, M. E. M.; NOLTE, K. B.; HATCH, G. M.; GERRARD, C. Y. *et al.* Postmortem Computed Tomography in Firearm Homicides: A Retrospective Case Series. **J Forensic Sci**, 65, n. 5, p. 1568-1573, Sep 2020.

VIANO, D. C.; BIR, C.; WALILKO, T.; SHERMAN, D. Ballistic impact to the forehead, zygoma, and mandible: comparison of human and frangible dummy face biomechanics. **J Trauma**, 56, n. 6, p. 1305-1311, Jun 2004.

WILSON, J. L.; HERBELLA, F. A. M.; TAKASSI, G. F.; MORENO, A. G. *et al.* Fatal trauma injuries in a Brazilian big metropolis: a study of autopsies. **Rev. Col. Bras. Cir.**, 38, 2011.