

Peran Ultrasonografi (US) dalam Pemeriksaan Post-Mortem: Sebuah Studi Literatur

Liauw Djai Yen¹, Alexandra Ambar Saputro², Michelle Margaretha Suwito^{3*}, Eunike Marshya Easter Damanik⁴, Evellyn Hadiwinata⁵, Cindy Anastasia⁶, Radinka Genevieve Theopilia Sinurat⁷

¹Universitas Kristen Krida Wacana, Jakarta, Indonesia

^{2,3,4,5,6,7}Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

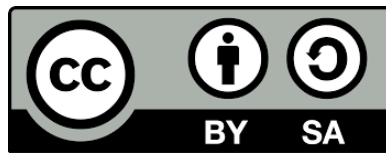
Received: October 6, 2025

Revised: November 27, 2025

Accepted: February 7, 2026

Available online: February 13, 2026

Keywords: autopsy, forensic, post-mortem, ultrasonography



This is an open-access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2025 by Author. Published by Medical Faculty and Health Sciences, Krida Wacana Christian University

ABSTRACT

Introduction: The global decline in autopsy rates has raised concerns about its consequences for education and research. Virtual autopsy offers a non-invasive alternative to conventional procedures, avoiding tissue destruction and gaining wider family acceptance. Ultrasonography (US) is widely available, relatively inexpensive, and has emerging potential in post-mortem evaluation. **Purpose:** To review the role of US as a post-mortem imaging modality as an alternative method to conventional autopsy. **Methods:** A literature search was conducted in PubMed, Google Scholar, and the Journal of Forensic Sciences for studies published between 2019 and 2025. Eligible designs included prospective diagnostic studies, case reports, systematic reviews, and descriptive observational research. Reported statistical analyses involved sensitivity and specificity calculations, logistic regression, diagnostic accuracy meta-analyses, and Fisher's exact test ($p < 0.05$). **Results:** With advances in technology, virtual autopsy can provide important information to help determine the cause and manner of death. Early post-mortem US has been shown to identify aortic dissection, pericardial and pleural effusions, pneumothorax, deep vein thrombosis (DVT), and pulmonary embolism. In forensic practice, US is used as a complementary technique, reducing the need for extensive autopsy exploration and limiting biological exposure risks to forensic staff. **Conclusion:** Post-mortem US is a practical and effective tool for detecting pathological findings, particularly in resource-limited settings or when infection risk is high. However, its diagnostic performance is constrained by gas artifacts, tissue cooling, and limited access to internal organs. Further research is needed to standardize techniques and validate diagnostic accuracy.

1. PENDAHULUAN

Autopsi atau yang dikenal juga sebagai 'post-mortem,' dan 'necropsy,' didefinisikan sebagai 'melihat dengan mata sendiri' dan merupakan metode *gold standard* untuk meninjau penyebab kematian.¹ Pemeriksaan autopsi merupakan suatu kajian menyeluruh terhadap tubuh jenazah, meliputi evaluasi permukaan kulit, reseksi serta pemisahan organ, yang diikuti dengan penegakan diagnosis makroskopis maupun histopatologis. Secara umum, autopsi dapat dibedakan menjadi autopsi rumah sakit, yaitu pemeriksaan post-mortem yang dilakukan atas permintaan klinisi dengan persetujuan keluarga terdekat. Kedua, autopsi medikolegal, yang mencakup autopsi untuk kepentingan hukum perdata maupun pidana, serta autopsi medikolegal non-forensik jika penyebab kematian diduga disebabkan oleh proses alamiah.² Secara global, terjadi penurunan dari angka autopsi yang menimbulkan kekhawatiran terhadap dampaknya pada pendidikan kedokteran, penelitian, serta audit klinis. Di Inggris, Start et al. melaporkan angka autopsi kurang

*Corresponding author

E-mail addresses: michellems27@gmail.com

dari 10% dari seluruh kasus kematian, sedangkan di Amerika Serikat, data dari *National Centre for Health Statistics* menunjukkan penurunan lebih dari 50% antara tahun 1972 hingga 2007.³⁻⁵

Pemeriksaan radiologis post-mortem telah dikenal lebih dari satu abad dalam praktik klinis dan forensik. Perkembangan teknologi *Computed Tomography* (CT) dan *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) telah merevolusi metode pencitraan sehingga menjadi sarana utama dalam investigasi post-mortem.^{6,7} Konsep *virtual autopsy* kini diakui sebagai disiplin tersendiri dan dinilai berpotensi melengkapi, bahkan menggantikan autopsi konvensional di masa mendatang.⁷⁻¹⁰ Dibandingkan dengan autopsi konvensional, pencitraan post-mortem memberikan sejumlah keunggulan, antara lain sifat non-invasif yang memungkinkan evaluasi organ *in situ* tanpa destruksi jaringan, serta tingkat persetujuan keluarga yang lebih baik. Selain itu, kemampuan dokumentasi digital memungkinkan arsip disimpan dalam jangka panjang untuk keperluan audit, pendidikan dan penelitian. Kendala autopsi konvensional seperti durasi pemeriksaan yang panjang serta keterbatasan evaluasi pada area kompleks—seperti leher, tulang belakang dan pelvis—dapat lebih mudah diatasi dengan pendekatan pencitraan post-mortem.¹¹⁻¹³

Secara keseluruhan, CT, MRI, maupun X-ray lebih mendominasi literatur forensik, dengan CT dianggap sebagai metode standar pencitraan post-mortem karena dinilai lebih tahan terhadap artefak pembentukan gas dan dapat mendeteksi udara bebas.¹⁴ *Ultrasonography* (US) merupakan modalitas pencitraan yang mudah diakses, relatif murah, dan berpotensi berguna dalam evaluasi post-mortem.¹³ Sebelumnya, US tidak dianggap memiliki nilai diagnostik yang signifikan untuk pencitraan post-mortem akibat pembentukan gas post-mortem yang cepat. Namun, Duarte-Neto, et al. menunjukkan aplikasinya pada pasien yang meninggal karena COVID-19, dengan tingkat konkordansi diagnostik 83% dibandingkan autopsi konvensional.¹⁵ Pada perinatal, penggunaan US semakin banyak dilaporkan dengan hasil signifikan. Pada dewasa, pemeriksaan yang dilakukan segera setelah kematian, bahkan dalam hitungan menit, terbukti mampu mengidentifikasi temuan penting yang tidak terdeteksi melalui autopsi konvensional atau bila autopsi tidak dilakukan sama sekali.¹⁵ Pemeriksaan segera post-mortem dinilai relatif bebas dari keterbatasan akibat pembentukan gas, sehingga dapat memperkuat nilai diagnostik sekaligus memberikan manfaat edukatif bagi klinisi.¹³ Mengingat potensi diagnostik, efisiensi biaya, serta ketersediaannya yang luas, diperlukan tinjauan lebih lanjut mengenai peran US post-mortem sebagai modalitas pencitraan alternatif dari autopsi konvensional dalam praktik forensik.

2. METODE

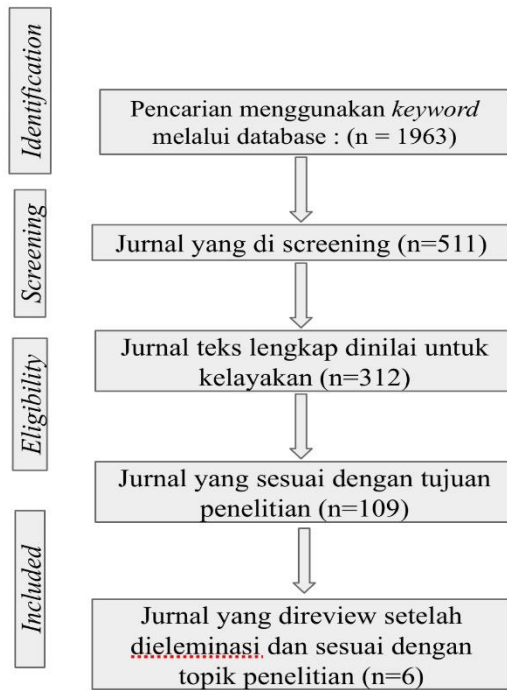
Penelitian ini menggunakan pendekatan *systematic review* dengan metode tinjauan pustaka (*literature review*) untuk mengumpulkan, mengintegrasikan, dan menganalisis secara mendalam mengenai pemakaian US pada pemeriksaan postmortem. Pemilihan metode ini didasarkan pada tujuan penelitian yaitu untuk mengevaluasi akurasi, efektivitas, keamanan, dan keterbatasan penggunaan ultrasonografi post-mortem sebagai metode alternatif minimal invasif terhadap autopsi konvensional.

Literatur yang relevan diperoleh melalui pencarian terstruktur pada beberapa basis data yang diakui secara internasional, yaitu *PubMed*, *Google Scholar*, dan *Journal of Forensic Science* dengan menggunakan kata kunci: "*post-mortem ultrasound*", "*postmortem US*", "*virtual autopsy ultrasound*", "*forensic ultrasound*", "*forensic post-mortem*", "*ultrasonography post-mortem*", dan lainnya. Adapun kriteria inklusi mencakup artikel yang membahas mengenai penggunaan US dan pemeriksaan-pemeriksaan *postmortem*, diterbitkan dalam jurnal ilmiah bereputasi internasional pada rentang tahun 2019-2025, serta ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris. Jenis publikasi yang digunakan meliputi artikel tinjauan (*review*) maupun studi empiris yang relevan dengan aspek pemeriksaan *postmortem* dengan US. Sementara itu, kriteria eksklusi meliputi artikel dengan topik yang tidak sesuai, publikasi non-akademik seperti opini populer atau blog, artikel yang hanya tersedia dalam bentuk abstrak, serta publikasi dalam bahasa di luar cakupan (selain bahasa Indonesia dan Inggris).

Berdasarkan hasil pencarian dan seleksi literatur, digunakan sebanyak 6 artikel ilmiah untuk dianalisis dan dibahas dalam tinjauan pustaka ini. Studi yang diangkat bersifat observasional atau deskriptif, memiliki kualitas *moderate*, dan risiko bias juga *moderate* dikarenakan keterbatasan

sampel. Literatur ini mengangkat tema yang mencakup aspek akurasi dan efektivitas US post mortem dalam mengidentifikasi penyebab kematian, keunggulannya dibandingkan keterbatasan autopsi tradisional, serta tantangan teknis dan aplikasinya baik pada kematian non-infeksi, kematian akibat infeksi, dan juga kematian pada bayi atau janin. Studi-studi ini menunjukkan bahwa US post mortem tidak sepenuhnya menggantikan autopsi konvensional, tetapi dapat menjadi alat diagnostik awal yang efektif dan menjadi pelengkap atau alternatif terutama saat autopsi standar tidak memungkinkan.

Gambar 1
Diagram Prisma Penyaringan Studi



3. HASIL

Pencarian menghasilkan 1963 hasil. Setelah penghapusan duplikat serta penyaringan judul dan abstrak, 109 artikel memenuhi syarat untuk ditinjau secara penuh. Dari jumlah tersebut, 6 artikel memenuhi kriteria inklusi. Data yang berkaitan dengan US untuk pemeriksaan post-mortem diambil. Informasi rinci mengenai proses penyaringan sumber dan pemilihan bukti dapat ditemukan pada diagram PRISMA (Gambar 1), sementara gambaran umum mengenai studi-studi tersebut disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1
Studi yang disertakan

Penulis (tahun), negara	Judul, Jenis Literatur	Hasil
Azeke (2023), Jerman ¹⁷	<i>Minimally Invasive Tissue Sampling via Post Mortem Ultrasound: A Feasible Tool (Not Only) in Infectious Diseases—A Case Report</i> , Laporan Kasus	MITS ^a adalah kombinasi dari ultrasonografi (US) post-mortem dan biopsi jarum. Metode MITS dapat menurunkan risiko infeksi terhadap pemeriksa dalam pemeriksaan kasus penyakit menular seperti COVID-19.
Kanchan (2020), India ¹⁶	<i>Post-mortem ultrasonography: a safer alternative to autopsies in COVID-19 deaths</i> , Artikel	Ultrasonografi post-mortem dapat mendeteksi kondisi seperti hipertrofi jantung, tamponade perikardium, aneurisma aorta abdominalis, efusi pleura, abses subfrenikus, ascites atau perdarahan intra-abdomen, metastasis hati, sirosis hati, batu empedu, kista ginjal, divertikulum kandung kemih, hiperplasia prostat, mioma uteri, perdarahan intrakranial pada bayi, fraktur tulang, dan benda asing pada payudara (implan). Pemeriksaan ultrasonografi post-mortem juga mengurangi kekhawatiran dan paparan terhadap pemeriksa yang terlibat dalam autopsi kasus COVID-19.
Thomsen (2023), Amerika ¹⁵	<i>Ultrasonography on the non-living. Current approaches</i> , Tinjauan Pustaka	Berdasarkan tinjauan dari 9 studi, pemeriksaan ultrasonografi yang dilakukan segera setelah kematian dapat mendeteksi kondisi seperti diseksi aorta, efusi perikardium, efusi pleura, pneumothoraks, DVT ^b , dan emboli pulmonal.
O'Keefe (2023), Inggris ²⁰	<i>Are non-invasive or minimally invasive autopsy techniques for detecting cause of death in prenatates, neonates and infants accurate? A systematic review of diagnostic test accuracy</i> , Tinjauan Pustaka	Berdasarkan tinjauan dari 54 studi, ultrasonografi post-mortem disukai pada seluruh sub- populasi yang diteliti untuk teknik ini, meskipun memiliki tingkat keberhasilan yang bervariasi. Bukti yang ada belum cukup untuk mendukung penggunaan rutin teknik non- invasif dalam praktik autopsi untuk semua sub-populasi perinatal. Ultrasonografi post- mortem dan ekokardiografi antenatal adalah teknik yang paling menjanjikan, dengan dukungan dari bukti langsung dan tidak langsung yang untuk penggunaan teknik tersebut.
Jangid (2024), India ¹⁸	<i>From Traditional to Virtual: The Evolving Landscape of Autopsy Techniques in Forensic Science</i> , Artikel	Seiring perkembangan teknik pencitraan non-invasif (CT ^c dan ultrasonografi), autopsi virtual memberikan hasil yang lebih cepat dan akurat, preservasi jenazah lebih baik, biaya yang lebih rendah, dan menurunkan risiko infeksi atau paparan zat berbahaya. Autopsi virtual dapat memberikan informasi penting yang membantu menentukan penyebab dan cara kematian serta memberikan bukti penting untuk penyelidikan.
Kang (2019), Belgia ¹⁹	<i>Postmortem examination of human fetuses: comparison of two-dimensional ultrasound with invasive autopsy</i> , Penelitian Eksperimental	Pada janin <20 minggu, spesifisitas pemeriksaan US postmortem adalah 83,3% untuk deteksi kelainan otak, 68,6% untuk thoraks, dan 77,4% untuk jantung. Pada janin ≥20 minggu, sensitivitas dan spesifisitas masing-masing adalah 61,9% dan 74,2% untuk deteksi kelainan otak, 29,5% dan 87,0% untuk thoraks, serta 65,0% dan 83,1% untuk jantung. Untuk organ perut janin, sensitivitas adalah 60,7% dan spesifisitas 75,8%. Ultrasonografi post-mortem memiliki akurasi yang dapat diterima untuk pemeriksaan otak dan abdomen janin, tetapi terbatas apabila usia janin terlalu kecil dan fetus mengalami maserasi. Ultrasonografi post- mortem relatif murah dan mudah diakses, sehingga teknik autopsi virtual memungkinkan untuk menjadi pemeriksaan lini pertama, walaupun pencitraan pada jantung tetap menjadi tantangan.

Catatan: ^aMITS: *Minimally Invasive Tissue Sampling*, ^bDeep Vein Thrombosis, ^cComputerized Tomography

4. PEMBAHASAN

Tinjauan ini menunjukkan bahwa ultrasonografi post-mortem (PM-US) berperan sebagai alat diagnostik minimal invasif yang berpotensi melengkapi autopsi konvensional.¹⁵⁻¹⁸ Pemeriksaan PM-US dapat mengurangi kebutuhan eksplorasi anatomis menyeluruh dan menurunkan risiko paparan biologis bagi tenaga forensik, terutama dalam konteks penyakit menular seperti pandemi COVID-19.¹⁵⁻¹⁷

PM-US terbukti mampu mengidentifikasi berbagai kondisi yang relevan untuk penentuan penyebab kematian, termasuk hipertrofi jantung, tamponade perikardium, aneurisma aorta abdominalis, efusi pleura, abses subfrenikus, asites, metastasis hepar, sirosis, kelainan urogenital, mioma uteri, perdarahan intrakranial pada bayi, fraktur tulang, serta benda asing seperti implan payudara.¹⁶ Pemeriksaan segera setelah kematian meningkatkan kemampuan deteksi kondisi fatal seperti diseksi aorta, efusi perikardium, dan emboli paru.¹⁵ Pendekatan *minimally invasive tissue sampling* (MITS) berbasis US juga memperlihatkan efektivitas dalam mengidentifikasi kelainan intravesika yang relevan secara langsung terhadap penyebab kematian.¹⁹

Konsep MITS/US sejalan dengan *virtopsy*, yakni pemanfaatan pencitraan untuk memperoleh informasi patologis tanpa diseksi ekstensif.^{15,16} Beberapa validasi melaporkan variasi tingkat kesesuaian diagnostik dengan autopsi konvensional, yang sangat dipengaruhi oleh organ target, interval waktu pasca kematian, serta teknik sampling. Dari sisi praktik, PM-US menawarkan manfaat tambahan berupa peningkatan penerimaan keluarga, kemampuan dokumentasi digital, serta peluang pengulangan sampling pada periode awal pasca kematian yang mendukung audit klinik, pendidikan kedokteran, dan surveilans penyakit menular.¹⁹

Keterbatasan teknis tetap menjadi isu utama, seperti artefak gas pasca kematian, pendinginan jaringan, obesitas, serta keterbatasan akses ke organ tertentu seperti otak menurunkan kualitas citra dan meningkatkan risiko hasil negatif palsu.¹⁵⁻¹⁷ Pada jenazah yang disimpan di lemari pendingin, pemeriksaan US direkomendasikan dilakukan 1-2 jam setelah tubuh dikeluarkan dari ruang dingin untuk meminimalkan gangguan citra, sementara rekomendasi lain menyarankan penggunaan US dalam 4-5 hari pertama setelah kematian sebelum artefak gas dekomposisi mengaburkan visualisasi.¹⁶ Dengan demikian, PM-US paling bermanfaat bila dilakukan segera setelah kematian atau dalam jendela waktu optimal pasca kematian.

Dalam perspektif komparatif, PM-US unggul dibandingkan modalitas lain dalam hal aksesibilitas, biaya rendah, dan non-invasivitas, sehingga relevan untuk diterapkan di fasilitas dengan sumber daya terbatas.^{18,19} Pada populasi perinatal, akurasi diagnostik cukup tinggi untuk otak dan abdomen janin, meskipun menurun signifikan pada kasus makerasi atau usia gestasi rendah.¹⁸ Telaah sistematis juga menegaskan bahwa PM-US bermanfaat sebagai pemeriksaan lini pertama atau metode penunjang sebelum CT atau MRI diterapkan.²⁰

Gambar 2

Artefak gas (hiperekoik) lainnya pada regio retromolar hingga molar pada kadaver¹⁰



Secara keseluruhan, PM-US memiliki keunggulan sebagai modalitas minimal invasif dengan penerimaan keluarga yang lebih baik, tetapi efektivitas diagnostiknya pada organ dalam masih terbatas sehingga belum dapat menggantikan autopsi konvensional.¹⁵⁻¹⁷ Untuk meningkatkan validitas dan konsistensinya, dibutuhkan standarisasi protokol pemeriksaan, peningkatan kompetensi operator, serta penelitian multisentris berskala besar yang mengevaluasi sensitivitas, spesifisitas, dan nilai diagnostik relatif terhadap autopsi penuh.^{16,19}

Sebagian besar literatur yang menjadi dasar dalam kajian ini berupa laporan kasus, seri kasus, dan studi observasional dengan jumlah sampel terbatas sehingga berisiko tinggi terhadap bias seleksi, bias publikasi, serta keterbatasan generalisasi temuan ke populasi yang lebih luas.^{10,12} Dalam konteks tinjauan ini, terdapat keterbatasan tambahan yang patut dicatat yaitu cakupan bukti yang terbatas pada dokumen yang dianalisis, heterogenitas desain studi, dan potensi bias bahasa atau publikasi yang mungkin memengaruhi kesimpulan keseluruhan.¹⁵⁻¹⁷ Secara keseluruhan, dari ketiga literatur ini menunjukkan bahwa ultrasonografi post-mortem, terutama bila dikombinasikan dengan MITS, berperan sebagai alat diagnostik komplementer yang aman, relatif terjangkau, dan berguna dalam kondisi di mana autopsi konvensional tidak dapat dilakukan atau berisiko tinggi, namun belum dapat sepenuhnya menggantikan autopsi terbuka sebagai gold standard di banyak kasus forensik dan klinis.¹⁵⁻¹⁷

5. SIMPULAN

Ultrasonografi post-mortem merupakan modalitas pencitraan minimal invasif yang memiliki nilai tambah dalam mendukung autopsi konvensional, terutama pada kondisi dengan keterbatasan sumber daya atau risiko paparan infeksi. Pemeriksaan ini efektif untuk mendeteksi kelainan tertentu, meningkatkan penerimaan keluarga, dan memungkinkan dokumentasi digital, namun keterbatasannya tetap signifikan terkait artefak gas, pendinginan jaringan, dan keterbatasan akses organ dalam. Adanya keterbatasan teknis dan metodologis masih membatasi penggunaannya sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk standarisasi dan validasi diagnostiknya, meskipun belum dapat menggantikan autopsi konvensional sebagai baku emas.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Paratz ED, Rowe SJ, Stub D, Pflaumer A, Gerche AL. A systematic review of global autopsy rates in all-cause mortality and young sudden death. *Heart Rhythm* [Internet]. 2023 Apr [cited 2025 Oct 6];2;607–613. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2023.01.008>
2. Nweke MC, Omenai SA, Fatunla E, Olusanya A, Onakpoma F, Exenkwa US, et al. The Importance of the Autopsy in Ascertaining the Cause of Death and as an Audit Tool at the University College Hospital, Ibadan. *Nigerian Postgraduate Medical Journal* [Internet]. 2022 Jan [cited 2025 Oct 6];29:43. Available from: https://doi.org/10.4103/npmj.npmj_503_21
3. Start RD, Firth JA, Macgillivray F, Cross SS. Have declining clinical necropsy rates reduced the contribution of necropsy to medical research? *J Clin Pathol* [Internet]. 1995 Mar [cited 2025 Oct 6];48:402–404. Available from: <https://doi.org/10.1136/jcp.48.5.402>
4. Loughrey MB, McCluggage WG, Toner PG. The declining autopsy rate and clinician's attitudes. *The Ulster Medical Journal* [Internet]. 2000 Nov [cited 2025 Oct 6];69(2):83-89. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11196736/>
5. Hoyert DL. The changing profile of autopsied deaths in the United States, 1972-2007. *NCHS Data Brief*. 67th ed. Hyattsville: MD: National Center for Health Statistics; 2011: p. 1–8.
6. Sieswerda-Hoogendoorn T, van Rijn RR. Current techniques in postmortem imaging with specific attention to paediatric applications. *Pediatr Radiol* [Internet]. 2010 Feb [cited 2025 Oct 6];40:141–152. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00247-009-1486-0>
7. Joseph TI, Girish KL, Sathyan P, Kiran MS, Vidya S. Virtopsy: An integration of forensic science and imageology. *J Forensic Dent Sci* [Internet]. 2017 Sep [cited 2025 Oct 6];9(3):111-114. Available from: https://doi.org/10.4103/jfo.jfds_52_16
8. Dirnhofer R, Jackowski C, Vock P, Potter K, Thali MJ. VIRTOPSY: minimally invasive, imaging-guided virtual autopsy. *Radiographics* [Internet]. 2006 Sep [cited 2025 Oct 6];26(5):1305-33. Available from: <https://doi.org/10.1148/rg.2650650001>

9. Hao ZR, Wu JD, Liu XS, Chen BZ, Hu T, Xing HW. Application of virtopsy in forensic science. *Fa Yi Zue Za Zhi* [Internet]. 2007 Apr [cited 2025 Oct 6];23(2):142-4. Available from: https://doi.org/10.4103/jfsm.jfsm_67_20
10. Stillfried SV, Isfort P, Knüchel-Clarke R. Postmortem imaging procedures: Experiences and perspectives. *Pathologe* [Internet]. 2017 Aug [cited 2025 Oct 6];38(5):412-415. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00292-017-0344-3>
11. Christe A, Flach P, Ross S, Spendlove D, Bolliger S, Vock P, et al. Clinical radiology and postmortem imaging (Virtopsy) are not the same: Specific and unspecific postmortem signs. *Leg Med (Tokyo)* [Internet]. 2010 Sep [cited 2025 Oct 6]; 12:215–222. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2010.05.005>
12. Roberts ISD, Benamore RE, Benbow EW, Lee SH, Harris JN, Jackson A, et al. Post-mortem imaging as an alternative to autopsy in the diagnosis of adult deaths: a validation study. *Lancet* [Internet]. 2012 Jan [cited 2025 Oct 6];379:136–142. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)61483-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)61483-9)
13. 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* [Internet]. 2015 Dec [cited 2025 Oct 6];257:29–48. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2015.07.026>
14. Heinemann A, Vogel H, Heller M, Tzikas A, Püschel K. Investigation of medical intervention with fatal outcome: the impact of post-mortem CT and CT angiography. *Radiol Med* [Internet]. 2015 Aug [cited 2025 Oct 6];120:835–845. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11547-015-0574-5>
15. Thomsen T, Blaiwas M, Sadiva P, Kripfgans OD, Chan HL, Dong Y, et al. Ultrasonography on the non-living. Current approaches. *Med Ultrason* [Internet]. 2023 Mar [cited 2025 Oct 6];25:56–65. Available from: <https://doi.org/10.11152/mu-3490>
16. Kanchan T, Shrestha R, Krishan K. Post-mortem ultrasonography: a safer alternative to autopsies in COVID-19 deaths. *J Ultrasound* [Internet]. 2021 Dec [cited 2025 Oct 6];24:577–578. Available from: <https://doi.org/10.1007/s40477-020-00531-1>
17. Terence Azeke A, Schädler J, Ondruschka B, Steurer S, Möbius D, Fitzek A. Minimally Invasive Tissue Sampling via Post Mortem Ultrasound: A Feasible Tool (Not Only) in Infectious Diseases—A Case Report. *Diagnostics* [Internet]. 2023 Aug [cited 2025 Oct 6];13:2643. Available from: <https://doi.org/10.3390/diagnostics13162643>
18. Jangid C, Dalal J, Kumari K, et al. From Traditional to Virtual: The Evolving Landscape of Autopsy Techniques in Forensic Science. *Journal of Indian Academy of Forensic Medicine* [Internet]. 2024 Dec [cited 2025 Oct 6];46:545–552. Available from: <https://doi.org/10.1177/09710973251327639>
19. Kang X, Shelmerdine SC, Hurtado I, Bevilacqua E, Hutchinson C, Mandalia U, et al. Postmortem examination of human fetuses: comparison of two-dimensional ultrasound with invasive autopsy. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology* [Internet]. 2019 Feb [cited 2025 Oct 6];53:229–238. Available from: <https://doi.org/10.1002/uog.18828>
20. O'Keefe H, Shenfine R, Brown M, Beyer F, Rankin J. Are non-invasive or minimally invasive autopsy techniques for detecting cause of death in prenatals, neonates and infants accurate? A systematic review of diagnostic test accuracy. *BMJ Open* [Internet]. 2023 Jan [cited 2025 Oct 6];13:e064774. Available from: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-064774>