

A fotogrammetria és a háromdimenziós (3D) nyomtatás igazságügyi orvostani alkalmazásának lehetőségei

Simon Gábor dr.[✉] ■ Tóth Dénes dr.
Heckmann Veronika dr. ■ Poór Viktor Soma dr.

Pécsi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Igazságügyi Orvostani Intézet, Pécs

A technológiai/technikai fejlődés elérhetővé tett olyan új, háromdimenziós (3D) technológiákat, amelyek gyakorlati alkalmazása az orvoslás egyéb területei mellett az igazságügyi orvostanban is új lehetőségeket teremtenek. A 3D technológiák alkalmazásának az orvosszakértői munka során nemcsak a szakértő számára van közvetlen haszna, hanem egyúttal nagymértékben segíthetik a szakértői vélemény jogalkalmazók általi megértését is. A fotogrammetria olyan eljárás, amelynek során fényképfelvételekből digitális 3D modell állítható elő. A módszer nem igényel speciális eszközt vagy képzettséget. A segítségével elkészült digitális modell kiválóan dokumentálja és szemlélteti a sérüléseket, segítheti a bűncselekmények teljes körű 3D rekonstrukcióját, valamint az igazságügyi orvostan oktatását, illetve élő személyek sérüléseinek dokumentálásában is hatékonyan alkalmazható. A 3D nyomtatás gyors és költséghatékony, a napi gyakorlatba is könnyen beilleszthető eljárás, amely lehetővé teszi a digitális modellek valóságos másának megalkotását. Az eljárás jól alkalmazható csontsérülések vizsgálatánál, adott elkövetési eszközök sérülésbe való beilleszthetőségének vizsgálatánál, a holttest kegyeleti szempontú helyreállításánál, valamint szűrt sérülések vizsgálatánál a szűrőszatona vizsgálatára és demonstrálására is. Orv Hetik. 2026; 167(28): 1091–1096.

Kulcsszavak: igazságügyi orvostan, boncolás, fotogrammetria, 3D nyomtatás, sérülések

The application of photogrammetry and three-dimensional (3D) printing in forensic medicine

Technological progress has enabled new three-dimensional (3D) technologies, creating new opportunities in forensic medicine and other areas of medicine. The use of 3D technologies in forensic work is not only directly beneficial to the forensic expert but can also greatly help legal practitioners understand the expert opinion. Photogrammetry is a process for creating a digital 3D model from photographs. The method does not require special equipment or training. The digital model, created with its help, documents injuries accurately, supports the full 3D reconstruction of crimes, supports forensic education, and can also help document injuries of living persons. 3D printing enables the creation of physical copies of digital models. The procedure is excellent in the examination of bone injuries, when examining the match between an implement and an injury, in the restoration of the corpse, and also in the examination of stab wounds. 3D printing is a fast and cost-effective process that can be easily incorporated into daily practice.

Keywords: forensic medicine, autopsy, photogrammetry, 3D printing, injuries

Simon G, Tóth D, Heckmann V, Poór VS. [The application of photogrammetry and three-dimensional (3D) printing in forensic medicine]. Orv Hetil. 2026; 167(28): 1091–1096.

(Beérkezett: 2026. március 30.; elfogadva: 2026. április 18.)

Rövidítések

3D = háromdimenziós; CT = (computed tomography) komputertomográfia; DNS = dezoxiribonukleinsav; LIDAR = (Light Detection and Ranging) fényérzékelés és távolságmérés

Az elmúlt évtized technológiai fejlődése számos olyan újszerű technológiát eredményezett, amelyek új perspektívákat nyitva gyorsan utat törtek az orvoslásba. Ilyen új technika például a mesterséges intelligencia [1–5], a háromdimenziós (3D) képalkotás és a virtuális valóság

[6–9], valamint a 3D nyomtatás [10–12]. Ezekben az új technikákban közös, hogy azok medicinán kívül eső szakterületeken születtek, ugyanakkor orvosi felhasználási lehetőségeik igen tágak, alkalmazásuk viszont innovatív szemléletet igényel.

Az igazságügyi orvostan olyan alkalmazott tudomány, amelynek fő célja az igazságszolgáltatás segítése. Ebből a célból következik, hogy a jogi eljárásoknak az orvostudományi ismerettel nem rendelkező résztvevői (például bíró, ügyész, ügyvéd, elkövető, sértett) számára is érthetően kell megfogalmazni és prezentálni a szakértői megállapításokat. Ebben nyújthatnak nagy segítséget a különböző 3D technológiák, azok ugyanis láthatóvá, akár tapinthatóvá tehetik az orvosszakértői bizonyítékokat. A gyakorlatban a legáltalánosabban a postmortem CT-vizsgálat segítségével megvalósított 3D rekonstrukció terjedt el, amely mind az adott ügy szakértői megítélését, mind a szakértői megállapítások prezentációját jelentősen megkönnyítheti [13, 14] (1. ábra). A módszernek ugyanakkor megvannak a korlátjai, így költség- és eszközigényes, továbbá speciális szakképzettséget igényel, valamint a lágy részek ábrázolására korlátozottan, a felületi mintázat (textúra) megjelenítésére pedig nem alkalmas. A jelen tanulmányban e technológiák közül a fotogrammetria és a 3D nyomtatás gyakorlati igazságügyi orvostani alkalmazási lehetőségeit kívánjuk bemutatni.

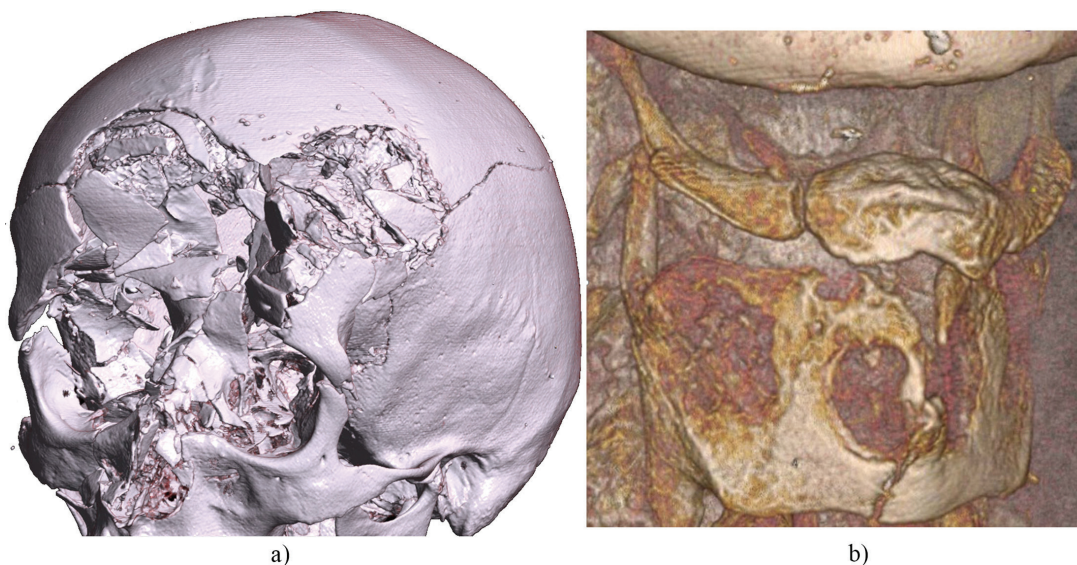
Fotogrammetria

Bár a postmortem CT-vizsgálatok az igazságügyi orvostan számára igen hasznos kiegészítői a boncolásoknak [15], egyik fő alkalmazási korlátjukat a költségigényük képezi: míg máshol kifejezetten költséghatékony módszernek számítanak [16], hazánkban elérhetőségük korlátozott,

finanszírozásuk a kirendelői (rendőrségi) oldalról nem megoldott. A másik korlátjuk, hogy a textúra megjelenítésére önmagukban nem képesek – ahhoz mindenképpen valamilyen felszínskennelő eljárás (surface scanning) szükséges. Ezek az eljárások azonban idő- és eszközigényesek, speciális képzettséget igényelhetnek [17].

Elérhető és költséghatékony alternatívát nyújthat a fotogrammetria, amelynek során fényképfelvételekből digitális 3D modell állítható elő. A fotogrammetria alapelveit az képezi, hogy több, egymással átfedésben lévő, kissé eltérő térbeli pozícióból készített fényképfelvétel segítségével az egyes képpontok térbeli helyzete pontosan meghatározható [18]. Az egymással átfedésben lévő fényképfelvételek segítségével szoftveres algoritmusok képesek szín- és mérethű, torzulásmentes, digitális 3D modellt létrehozni. A kriminalisztikában a bűnügyi helyszínek rekonstrukciójára vezették be a módszert [18, 19], ugyanakkor alkalmazható a holttestekről digitális 3D modell készítésére is [20]. A szakirodalmi adatok szerint a fotogrammetria a bonctermi munka során a 3D szkennerekkel költséghatékonyabb és gyorsabb, illetve az elért képminőség is jobb lehet [21]. Az elkészült modellek minőségét a fényképezőgép, annak beállításai, a fényképezési módszer (az elkészült képek száma, iránya), az alkalmazott szoftver, valamint a fényviszonyok is befolyásolják [21, 22].

A Pécsi Tudományegyetem Igazságügyi Orvostani Intézete a holttestek 3D digitalizálására 2020 óta rutinszerűen alkalmazza a fotogrammetriát a boncolások során, például emberöléseknél, valamint olyan esetekben, amelyeknél a sérülések pontos elhelyezkedése és jellege a későbbiekben kiemelt jelentőségű (így például közlekedési balesetekben elhunytak esetén). Tapasztalataink szerint a szakértői vélemény elkészítésekor is nagy segítséget



1. ábra

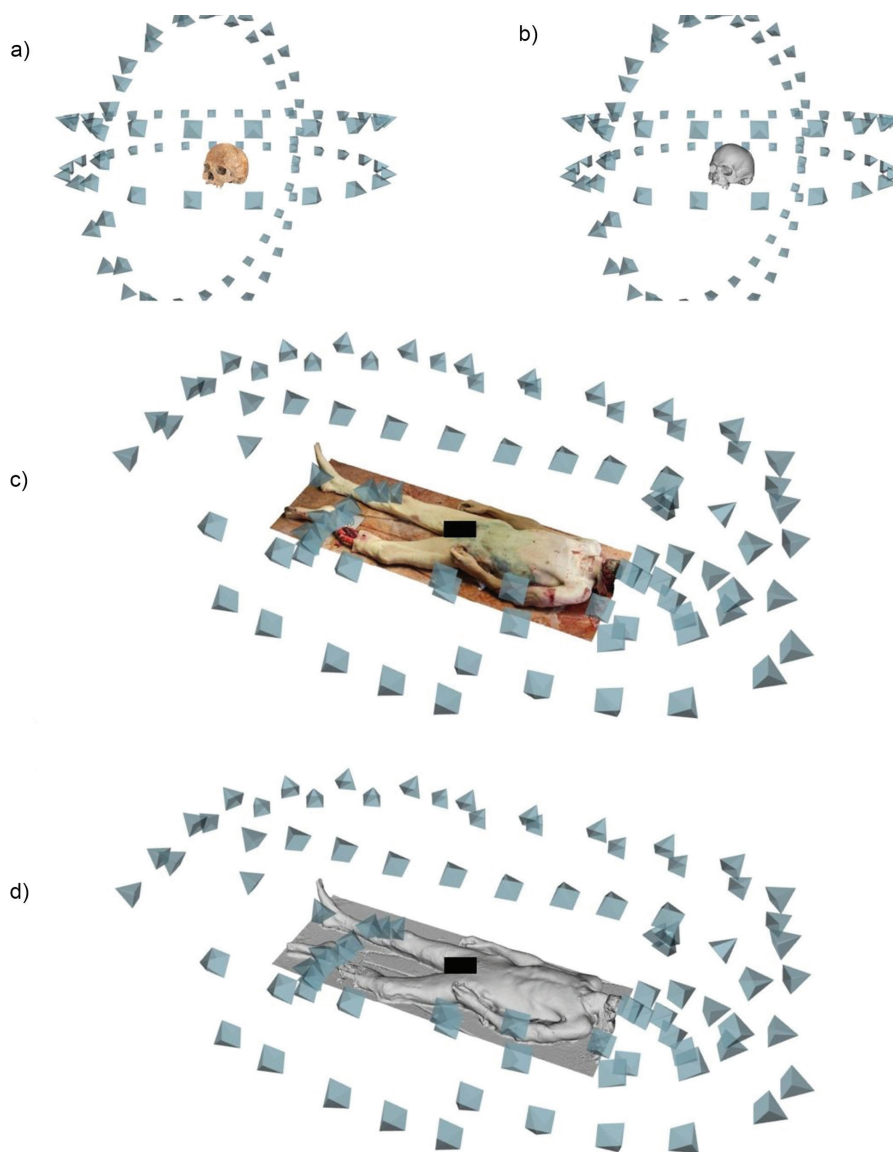
3D CT-rekonstrukciók: (a) emberölés sértettjének koponyatörései, (b) pajzspor- és nyelvsonttörések megfojtás következtében (az intézet képanyagából)

3D = háromdimenziós; CT = komputertomográfia

nyújthat az elkészült digitális modell, ugyanis a sérülések keletkezési mechanizmusának meghatározásakor hatékonyabban segítik a szakértőt, mint a boncolás során készült fényképfelvételek. A boncjegyzőkönyvek leleti részének pontosításakor ugyancsak hasznosnak bizonyult, hogy a modellen az egyes sérülések mérete, egymástól, illetve fix anatómiai pontoktól való távolságuk is meghatározható. A készült digitális modellek másik nagy előnye, hogy felhasználhatók az igazságügyi orvostan oktatása során is. A boncolást és a hagyományos dokumentációs módszereket véleményünk szerint semmiképpen sem helyettesíthetik, bemutatathatók azonban olyan tanulságos és illusztratív esetek is a hallgatók számára, amelyek boncolásán nincs lehetőségük részt venni. Különösen hasznosnak bizonyult a módszer a 2020. évi pandémia okozta lezárások idején, amikor a jelenléti oktatás-

ra nem volt lehetőség – a fotogrammetria segítségével készült 3D modellek bemutatása részben pótolhatta a bonctermi gyakorlatok hiányát [23].

Intézetünkben két fő módon alkalmazzuk a fotogrammetriát: koponyák, csontok, illetve holttestek dokumentálására. Koponyák, csontok esetében fontos, hogy a teljes felszínről, 360°-ban készüljenek fényképek. Ehhez egy fehér háttér előtti automata forgatót használunk Olympus PL2 fényképezőgéppel és Olympus 14–42 mm kit objektívvel (Tokió, Japán). Egy teljes kör után a tárgyat elforgatjuk az oldalára, és ismét körbefotózzuk (*2/a és 2/b ábra*). Az automata forgató előnye, hogy meghatározott fokenként exponálja a fényképezőgépet, de használata kiváltható egy olcsó manuális tortaforogatóval. A holttestek esetében a fényképfelvételeket Canon EOS 600D digitális tükörreflexes fényképezőgéppel és EF-S



2. ábra

Példák fotogrammetriával készített 3D modellekre. Egy koponya textúrával (a) és textúra nélkül (b). Az egyes gúlkák a fényképezőgép látószögét mutatják. Látható, hogy a forgatón a koponyát mind a jobb, mind a bal oldalára fektetve körbefotóztuk. Egy vasútgázolásban elhunyt személy holtteste textúrával (c), illetve textúra nélkül (d). A sérülések többsége a lábszár és a fej környékét érintette, ott több, közelebbi fényképet is készítettünk

3D = háromdimenziós

18–55 mm kit objektívvel (Tokió, Japán) készítjük. Egy holttestről jellemzően kb. 75 képet készítünk kézből: egyszer körbefotózzuk a testet a boncasztal síkjában, egyszer kb. 45°-os szögben, majd felülről egy sorban. Sérülések esetén a részletekről több közeli felvételt is készítünk (2/c és 2/d ábra). A 3D modellek elkészítéséhez Autodesk ReCap (San Francisco, CA, USA) vagy AliceVision Meshroom (Párizs, Franciaország) szoftvert használunk. Az előbbi előnye az egyszerű használat, és hogy nem igényel nVidia videokártyával (Santa Clara, CA, USA) szerelt számítógépet, ha viszont nem oktatási célra alkalmazzák, előfizetési díja magas. A Meshroom ezzel szemben ingyenes és nyílt forráskódú, kezelése viszont szaktudást és erős számítógépet igényel.

A fotogrammetriás módszer kombinálható továbbá akár a CT-vizsgálat során létrehozott modellel, ezáltal a holttestről még teljesebb adatok nyerhetők, tárolhatók. A különböző modalitások ilyen módon való kombinálása nagy segítséget nyújthat az esetek rekonstrukciójában [24, 25] – ez az eljárás ugyanakkor kifejezetten eszközigenyes, és speciális képzettséget is igényel.

A fotogrammetria nemcsak holttestek, hanem élő személyek – így például bűncselekmények sértettjei – esetén is alkalmazható. A sértettekről készült 3D modellek segítségével elviekben pótolhatók lennének a sérülések dokumentálásakor a klinikai gyakorlatban észlelhető pontatlanságok [26–28]. Élő személyek esetén azonban a legkisebb mozgás (akár még a légvétel során a mellkas mozgása) is zavarhatja a 3D modell létrehozását [21, 29]. Ezt a hatást csökkentheti azonban például az intézetünkben kifejlesztett eszköz, amely négy mobiltelefon egyidejű alkalmazásával készít képeket, csökkentve egyrészt ezáltal a mozgásból eredő műtermékeket, másrészt gyorsítja a felvételek elkészítését [30].

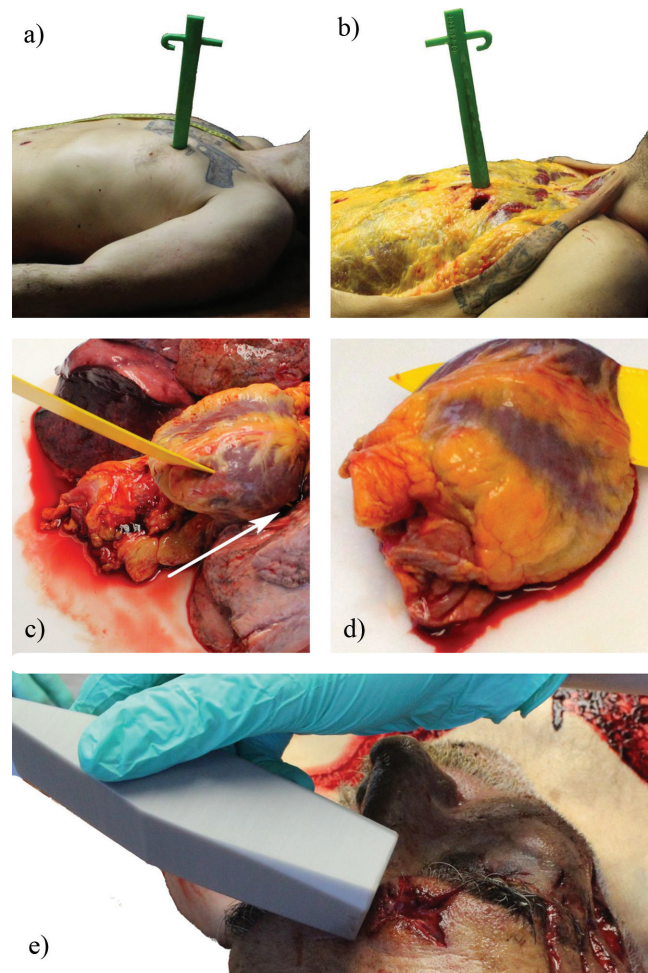
A digitális 3D modellek létrehozásában a LIDAR-ral (Light Detection and Ranging) ellátott eszközök (például Apple iPhone Pro és iPad Pro modellek, Cupertino, CA, USA) alkalmazása is megoldás lehet, ez mind a helyszíni szemlék során [31–33], mind a boncolások során bizonyított. Bár ezek az eszközök semmiképp sem tekinthetők olcsónak, a céleszközök jellemzően ezeknél is drágábbak. A módszer előnye, hogy gyakorlatilag azonnali visszacsatolással szolgál: ha egy részlet nem megfelelő a 3D modellen, akkor még a helyszínen lehet újabb felvételt készíteni, nem pedig órák múlva derül ki a hiba, mint ami előfordulhat a fotogrammetria esetén. E felhasználói szintű LIDAR-eszközök hátránya, hogy nem képesek olyan részletes, nagy felbontású modellek létrehozására, mint a fotogrammetria.

A 3D nyomtatás igazságügyi orvostani alkalmazásának lehetőségei

A 3D nyomtatás az orvoslás igen sok területén elterjedt [12], így az igazságügyi orvostani gyakorlatban is szerepet kapott [34–36]. A leggyakoribb igazságügyi orvostani alkalmazási területe a csontok másolatának 3D nyom-

tatás segítségével történő megalkotása – ebben az esetben a digitális modell CT segítségével létrehozható [36]. A csontokról készült 3D másolat tárgyalóteremben is bemutatható, kézzelfogható bizonyítékként felhasználható a büntetőeljárásokban, megkönnyíti a sérülések elemzését [37], illetve segítségével vizsgálható az elkövetési eszközök csontsérülésbe való beilleszthetősége is [38]. A 3D nyomtatás segítségével alkotott csontmásolat vizsgálati értéke tovább növelhető speciális festési eljárásokkal [39]. A hiányzó csontrészek 3D nyomtatással való pótlása a holttestek kegyeleti szempontú rekonstrukciójában is nagy segítséget jelenthet [40].

Az igazságügyi orvostanban az emberölések egyik leggyakoribb elkövetési módját a szúrt sérülések képezik, amelyeknél a szakértőknek – egyebek mellett – nyilatkozniuk kell a szúrcsatorna lefutásáról, a sérülést létrehozó eszköz pengéjének jellemzőiről, illetve arról, hogy egy konkrét eszköz létrehozhatta-e az adott sérülést [41]. Ám az e kérdések vizsgálatára rendelkezésre álló módszerek – úgymint a réteges boncolás, a sérülés szondázása, postmortem képalkotó eljárások – korlátokkal



3. ábra

3D nyomtatással készült késmásolat behelyezése a szúrt sérülésbe (a, b), a szív szúrt sérülésébe (c, d), 3D nyomtatással készült eszköz (kalapács) másolatának összehasonlítása repesztett sérüléssel (e)

3D = háromdimenziós

bírtak. A szúrt sérülés lefutását, illetve az eszköz beilleszthetőségét elméletben a legpontosabban és a legnagyobb demonstratív értékkel az eredeti eszköz (kés) sérülésbe helyezésével lehetne elérni, ugyanakkor ez a módszer nem jöhet szóba részben a kontamináció (vér, DNS) miatt, részben pedig azért, mert az adott kés vizsgálata megváltoztathatja a szúrcsatornát [41, 42]. Az adott eszközök 3D nyomtatással készült másolatainak alkalmazásával viszont a pontosság és a demonstratív érték megtartása mellett ezek a tényezők teljes mértékben kiküszöbölhetők. Kutatásaink alapján a 3D nyomtatással készült késmásolatok a szúrt sérülésbe való beillesztés során nem alkalmasak szövetsérülés létrehozására, így nem képesek megváltoztatni a szúrcsatornát [42]. Az eszközök – későbbiekben nyomtatásra kerülő – digitális másolatának megalkotását az eredeti eszköz szkennelésével is el lehet végezni [42], ehhez azonban szükséges a bűnjelnek minősülő eszköz kezelése, ami felveti a kontamináció lehetőségét. A mindennapi gyakorlatban azonban ez elkerülhető, amennyiben a digitális másolatot nem szkenneléssel, hanem a rendőrség által a helyszíni szemle keretében az eszközről készített metrikus fényképfelvételek alapján készítjük el [43] (3. ábra).

3D nyomtatással nemcsak éllel és hegygel bíró eszközök, hanem egyéb elkövetési eszközök másolata is elkészíthető, amely azt követően összevethető a boncolás során a holttesten észlelt sérülésekkel [43]. Az elkövetési eszközök 3D nyomtatással készített másolatainak alkalmazását bevezettük az intézet mindennapi szakértői gyakorlatába. Így – függetlenül attól, hogy ön- vagy idegen kezű volt-e a cselekmény – alkalmazzuk minden olyan boncolás esetén, amikor az elkövetési eszközt a boncolás előtt megtalálták. Olyan esetben is alkalmazhatók a késmásolatok, amikor nem ismert az elkövetési eszköz, ilyen esetben ugyanis a már korábban elkészült, a sérülésbe behelyezhető 3D nyomtatott késmásolatokkal a szúrcsatorna lefutása jól vizsgálható és demonstrálható.

A módszer kombinálható a fotogrammetriával is – ilyen esetben a holttestről az eszköz sérülésbe való beillesztése után készül 3D modell, ezáltal a szúrás irányát forgatható térbeli modellen is lehetséges demonstrálni [41, 42]. Az így készült modell a későbbiekben összevethető az egyéb adatokkal, így akár a helyszín 3D rekonstrukciós modelljével [44].

Következtetés

Mind a fotogrammetria, mind pedig a 3D nyomtatás hasznos eleme az igazságügyi orvostan eszköztárának. A tapasztalatok és a szakirodalmi adatok szerint a 3D modellek, illetve a 3D nyomtatás segítségével megalkotott tárgyak a bizonyítás során nagy demonstratív értékkel bírnak, hatékonyan segítik a büntetőeljárások résztvevőinek megértését [45–47]. A fentiekben bemutattuk, hogy e technológiák gyakorlati alkalmazásra képesek, költséghatékonyak, gyorsak, és nem igényelnek speciális eszközöket.

Anyagi támogatás: A tanulmány megírása, illetve a kapcsolódó kutatómunka nem részesült anyagi támogatásban.

Szerzői munkamegosztás: A szerzők a közlemény elkészítésében azonos mértékben vettek részt, és a végleges változatát valamennyi szerző elolvasta és jóváhagyta.

Érdekltségek: A szerzőknek nincsenek érdekltségeik.

Irodalom

- [1] Horváthné Kónya E, Virág A, Lajkó P, et al. Artificial intelligence in health education: blessing or curse? [Mesterséges intelligencia az egészségügyi oktatásban: áldás vagy átok?] Orv Hetil. 2024; 165: 2061–2064. [Hungarian]
- [2] Basubrin O. Current status and future of artificial intelligence in medicine. Cureus 2025; 17: e77561.
- [3] Bungyi G, Pócza T, Zongor Á, et al. Application of artificial intelligence-based organ contouring software and comparison of results in treatment planning for radiotherapy. [Mesterséges intelligencián alapuló szervkontúrozó szoftverek alkalmazása és eredményeinek összehasonlítása sugárterápiás besugárzás-tervezés során.] Orv Hetil. 2024; 165: 1934–1944. [Hungarian]
- [4] Rajpoot K. Artificial intelligence in medicine and imaging applications. Curr Pharm Des. 2025; 31: 3055–3073.
- [5] Hegyi A, Somodi K, Pintér Cs, et al. Automatic segmentation of dental cone-beam computed tomography scans using a deep learning framework. [Mesterséges intelligencia alkalmazása fogászati cone-beam számítógépes tomográfiás felvételek automatikus szegmentációjára.] Orv Hetil. 2024; 165: 1242–1251. [Hungarian]
- [6] Trinh SH, Kis-Tamás M, Pápai J, et al. The potentials of virtual reality in pediatric perioperative care. [A virtuális valóság használatának lehetőségei gyermekek perioperatív ellátásában.] Orv Hetil. 2025; 166: 50–59. [Hungarian]
- [7] Liu YQ. Virtual reality: The bridge between medical education and clinical practice. World J Clin Cases 2024; 12: 6575–6579.
- [8] Horváth B, Németh DZs, Bánfai B. The role of virtual reality in first aid education. [A virtuális valóság szerepe az elsősegélynyújtás oktatásában.] Orv Hetil. 2025; 166: 1927–1934. [Hungarian]
- [9] Sztipits T, Barabás JI, Szalontai L, et al. Investigation of virtual vascular model in laparoscopic right hemicolectomy with complete mesocolic excision. [Virtuális érmodell vizsgálata laparoskopos jobb hemicolectomia és komplett mesocolicus excisio esetében.] Orv Hetil. 2023; 164: 1938–1946. [Hungarian]
- [10] Szilágyi GS, Szabó T, Holnapp G, et al. Three-dimensional modeling and printing in the instrumentation of arthroplasty. [Háromdimenziós tervezés és nyomtatás az arthroplastika műszerparkjában.] Orv Hetil. 2025; 166: 1730–1735. [Hungarian]
- [11] Bernatoniene J, Stabrauskienė J, Kazlauskaitė JA, et al. The future of medicine: How 3D printing is transforming pharmaceuticals. Pharmaceutics 2025; 17: 390.
- [12] Oleksy M, Dynarowicz K, Aebischer D. Rapid prototyping technologies: 3D printing applied in medicine. Pharmaceutics 2023; 15: 2169.
- [13] Persson A, Jackowski C, Engström E, et al. Advances of dual source, dual-energy imaging in postmortem CT. Eur J Radiol. 2008; 68: 446–455.
- [14] Wozniak K, Moskała A, Urbanik A, et al. Postmortem CT examination with 3D reconstruction in gunshot and post explosion injuries. [Pośmiertne badania obrazowe TK z rekonstrukcją 3D u ofiar postrzałów z broni palnej i eksplozji ładunków wybuchowych.]. Arch Med Sadowej Kryminol. 2009; 59: 85–92. [Polish]

- [15] Aghayev E, Christe A, Sonnenschein M, et al. Postmortem imaging of blunt chest trauma using CT and MRI: comparison with autopsy. *J Thorac Imaging*. 2008; 23: 20–27.
- [16] Grabherr S, Grimm J, Dominguez A, et al. Advances in post-mortem CT-angiography. *Br J Radiol*. 2014; 87: 20130488.
- [17] Grabherr S, Baumann P, Minoiu C, et al. Post-mortem imaging in forensic investigations: current utility, limitations, and ongoing developments. *Res Reports Forensic Med Sci*. 2016; 6: 25–37.
- [18] Metzger M, Újvári Zs, Gárdonyi G. Criminal application of photogrammetry: three-dimensional reconstruction of crime scenes, human corpses and objects. [A fotogrammetria kriminalisztikai célú alkalmazása: helyszínek, holttestek, tárgyak rekonstrukciója három dimenzióban.] *Belügyi Szle*. 2020; 68: 57–70. [Hungarian]
- [19] Gonzalez-Aguilera D, Gomez-Lahoz J. Forensic terrestrial photogrammetry from a single image. *J Forensic Sci*. 2009; 54: 1376–1387.
- [20] Gitto L, Donato L, Di Luca A, et al. The application of photogrammetry in the autopsy room: a basic, practical workflow. *J Forensic Sci*. 2020; 65: 2146–2154.
- [21] Újvári Z, Metzger M, Gárdonyi G. A consistent methodology for forensic photogrammetry scanning of human remains using a single handheld DSLR camera. *Forensic Sci Res*. 2023; 8: 295–307.
- [22] Lux C, Ebert L, Schweitzer W, et al. Photography techniques for 3D surface reconstruction during autopsy. *Forensic Sci Int*. 2026; 378: 112702.
- [23] Tóth D, Petrus K, Heckmann V, et al. Application of photogrammetry in forensic pathology education of medical students in response to COVID-19. *J Forensic Sci*. 2021; 66: 1533–1537.
- [24] Kottner S, Ebert LC, Ampanozi G, et al. VirtoScan – a mobile, low-cost photogrammetry setup for fast post-mortem 3D full-body documentations in x-ray computed tomography and autopsy suites. *Forensic Sci Med Pathol*. 2017; 13: 34–43.
- [25] Villa C, Lynnerup N, Jacobsen C. A virtual, 3D multimodal approach to victim and crime scene reconstruction. *Diagnostics (Basel)* 2023; 13: 2764.
- [26] Fogarasi K, Simon G, Gyenes G, et al. Terminological ambiguities in clinical injury reports and their impact on forensic assessment: a multidisciplinary, retrospective, corpus-based study in Hungary. *Forensic Sci*. 2025; 5: 46.
- [27] Simon G, Angyal M, Dérczy K, et al. Lessons of an unpunished child abuse. [Egy büntetlenül maradt gyermekbántalmazás tanulságai.] *Orv Hetil*. 2024; 165: 553–559. [Hungarian]
- [28] Fogarasi K, Patonai Z, Gyenes G, et al. Terminology and forensic expert judgment. The role of clinical injury documentation in criminal proceedings. [Terminológia és igazságügyi orvosszakértői megítélhetőség. A klinikai sérülésdokumentáció szerepe a büntetőeljárásban.] *Magyar Jogi Nyelv* 2025; 9: 1–8. [Hungarian]
- [29] Michienzi R, Meier S, Ebert LC, et al. Comparison of forensic photo-documentation to a photogrammetric solution using the multi-camera system “Botsan”. *Forensic Sci Int*. 2018; 288: 46–52.
- [30] Poór VS. Phone cam array. An open-source, modular photogrammetry system made of Android phones. *HardwareX*. 2023; 14: e00438.
- [31] Stevenson S, Liscio E. Assessing iPhone LiDAR & Recon-3D for determining area of origin in bloodstain pattern analysis. *J Forensic Sci*. 2024; 69: 1045–1060.
- [32] Kottner S, Thali MJ, Gascho D. Using the iPhone’s LiDAR technology to capture 3D forensic data at crime and crash scenes. *Forensic Imaging* 2023; 32: 200535.
- [33] Maiese A, Manetti AC, Ciallrella C, et al. The introduction of a new diagnostic tool in forensic pathology: LiDAR sensor for 3D autopsy documentation. *Biosensors (Basel)* 2022; 12: 132.
- [34] Carew RM, Errickson D. An overview of 3D printing in forensic science: the tangible third-dimension. *J Forensic Sci*. 2020; 65: 1752–1760.
- [35] Srivastava A, Sharma V, Krishan K. Forensic applications of 3D printing. A review of literature, case studies and future implications. *Forensic Sci Med Pathol*. 2025; 21: 1843–1854.
- [36] Simon G, Poór VS. Applications of 3D printing in forensic medicine and forensic pathology. A systematic review. *Ann 3D Print Med*. 2022; 8: 100083.
- [37] Kettner M, Schmidt P, Potente S, et al. Reverse engineering-rapid prototyping of the Skull in forensic trauma analysis. *J Forensic Sci*. 2011; 56: 1015–1017.
- [38] Woźniak K, Rzepecka-Woźniak E, Moskała A, et al. Weapon identification using antemortem computed tomography with virtual 3D and rapid prototype modelling – a report in a case of blunt force head injury. *Forensic Sci Int*. 2012; 222: e29–e32.
- [39] Poór VS, Tóth D, Simon G. Emphasise details of 3D-printed bones with contrast paints. *Med Educ*. 2023; 57: 191.
- [40] Urbanová P, Vojtíšek T, Frišhons J, et al. Applying 3D prints to reconstructing postmortem craniofacial features damaged by devastating head injuries. *Leg Med (Tokyo)* 2018; 33: 48–52.
- [41] Heckmann V. Objectivity in forensic medicine. Modern methods of examination and evaluation of stab injuries. Doctoral (PhD) thesis. [Objektivitás a forenzikus medicinában. A szűrt sérülések vizsgálatának és véleményezésének modern módszerei. Doktori értekezés.] Pécsi Tudományegyetem, Orvos- és Gyógyszerésztudományi Doktori és Habilitációs Tanács (OGYDHT), Pécs, 2025. [Hungarian]
- [42] Simon G, Tóth D, Heckmann V, et al. Application of 3D printing in assessment and demonstration of stab injuries. *Int J Legal Med*. 2022; 136: 1431–1442.
- [43] Simon G, Tóth D, Heckmann V, et al. The use of 3D-printed replicas of homicide weapons during autopsy. *Int J Legal Med*. 2026; 140: 1837–1848.
- [44] Fullár A, Fülöp P, Újvári Zs, et al. Empirical and virtual experiments: reconstruction of an extraordinary death. *Police Studies* 2025; 5(1–2): 81–96.
- [45] Baier W, Warnett JM, Payne M, et al. Introducing 3D printed models as demonstrative evidence at criminal trials. *J Forensic Sci*. 2018; 63: 1298–1302.
- [46] Baskin JH, Edersheim JG, Price BH. Is a picture worth a thousand words? Neuroimaging in the courtroom. *Am J Law Med*. 2007; 33: 239–269.
- [47] Blau S, Phillips E, O’Donnell C, et al. Evaluating the impact of different formats in the presentation of trauma evidence in court: a pilot study. *Aust J Forensic Sci*. 2019; 51: 695–704.

(Simon Gábor dr.,
Pécs, Szigeti u. 12., 7624
e-mail: gabor.simon@aok.pte.hu)