



POSSIBILITIES OF APPLICATION OF POST-MORTEM COMPUTED TOMOGRAPHY IMAGING IN CRIMINALISTIC PRACTICE

Krzysztof WOŹNIAK¹, Artur MOSKAŁA¹, Andrzej URBANIK², Małgorzata KŁYS¹

¹ *Department of Forensic Medicine, Jagiellonian University Medical College, Kraków, Poland*

² *Department of Radiology, Jagiellonian University Medical College, Kraków, Poland*

Abstract

The authors present a possible application of post-mortem CT in order to better document injuries and locate foreign bodies, leading to determination of the mechanism of injury occurrence, including the type of event (the implement used), with additional visualization. The paper is based on results of research conducted by the authors since 2009 and involving 148 cases as at May 31, 2011. The results obtained to date, as well as data from the literature favour the view that post-mortem imaging will soon become a standard of post-mortem forensic medical examination.

Key words

Post-mortem imaging studies; CT; Injuries; Location of foreign bodies; Criminalistic analyses.

Received 22 June 2011; accepted 19 October 2011

1. Introduction

Examination of a corpse as material evidence may be performed to its full extent in the course of a conventional post-mortem examination (medicolegal autopsy) only once. Thus, it is necessary to meticulously plan the sequence of activities to be performed and to have them executed by a specialist that is well aware of the tasks ahead. Preparing an objective report of executed conventional examinations that would allow the image seen by the forensic pathologist performing the autopsy to be reproduced for the benefit of another specialist in forensic medicine who did not personally participate in the post-mortem examination, even taking into consideration enclosed extensive illustrative material in the form of photographs and sketches, is a very difficult and oftentimes an outright impossible task. An example here may be markedly extensive fragmentation of cranial bones that does not lend itself to verbal description (Figure 1). Hence, there is a clear

purpose in research devoted to such investigative techniques that would not only allow for evaluating the condition of a body which would be to a lesser degree dependent on the ability to report of a given forensic pathologist, but also make it possible to reproduce the evaluation: by the same expert or by specialists from various forensic medicine centres, immediately after autopsy or at a later date. For example, in cases where during judicial proceedings, additional data become disclosed and there is a need of referring such data to the results of the post-mortem examination (e.g. a chronologically later report of possibility of injuries inflicted actively by an object with a limited surface observed in a deceased who had been referred for autopsy as a victim of a traffic road accident, having been hit by a truck). Such opportunities are afforded only when data on the state of the corpse, both in terms of the body surface and internal structures (internal organs, osteomuscular system, body cavities, etc.) are recorded digitally in a manner that allows for such

analyses. An important place among such techniques is occupied by computed tomography – CT [1, 2, 7, 8, 10, 17].

2. The surface of the body

The techniques of choice designed for imaging the surface of the body are photogrammetry and laser scanning of the body surface. Data originating from CT acquisition may, however, also serve as a means of reconstructing lesions situated in the integuments. Location of injuries is possible (e.g. wounds, including stab and gunshot wounds), as well as presentation of

their fundamental properties. A prerequisite for a positive effect of wound visualization is adequate resolution of the reconstructions, as well as subjecting the corpse prior to CT imaging to conventional inspection with garments removed. Unfortunately, it is practically impossible to satisfactorily visualize (reproduce) all lesions. This is particularly true for injuries situated in the dorsal region, since the normal position of the examined body, with its back towards the ground, does not allow for acquiring positive results.

3D reconstruction allows for achieving a spatial image of the location and parameters of injuries; the figures present examples of individuals who died a violent death (Figure 2).

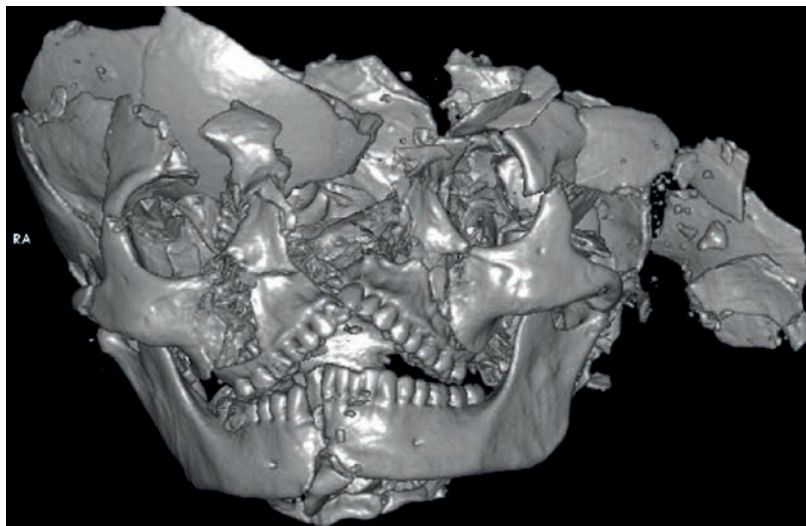


Fig. 1. Three-dimensional (3D) reconstruction of a crushed skull based on CT acquisition, slice thickness 0.75 mm. Software: Osirix.

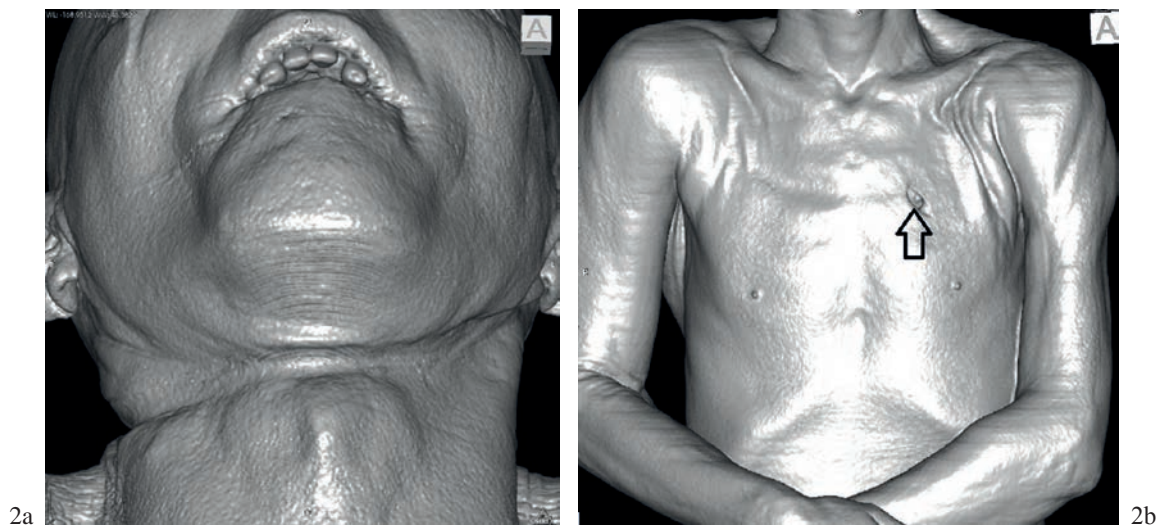


Fig. 2. 3D reconstruction of the surface of a body based on CT acquisition – slice thickness 1.5 mm. a) A ligature mark in a case of hanging; b) A stab wound of the chest (an arrow). Software: Osirix.

3. The skeleton

From the historical viewpoint, the basic objective of clinical examinations by X rays was visualization of pathologies of the skeletal system [9]. In the case of post-mortem examinations, CT imaging followed by 3D reconstruction not only allows for locating fractures, but also for reconstructing the shape of bone fragments, thus providing the basis for further criminalistic conclusions about the mechanism underlying the inflicted injuries [12, 13, 14, 15].

Spatial reconstructions in cases where there is no evident displacement of fractured bone fragments may fail to demonstrate all the fracture (breakage) lines.

Even with such limitations, it is possible to visualize basic tendencies in the fracture, as, for example, in the case of depressed cranial vault fracture (Figure 3). Conventional post-mortem examinations do not guarantee such visualization either, especially when no decision is made for the bones to be secured for further studies following maceration. In some cases, spatial reconstruction of injuries even affords an opportunity of visualizing the course of the event or the intentions of the culprit that inflicted the injury, as for example in the case of a multiple skull injury resulting from a blow with one type of blunt object (Figure 4).

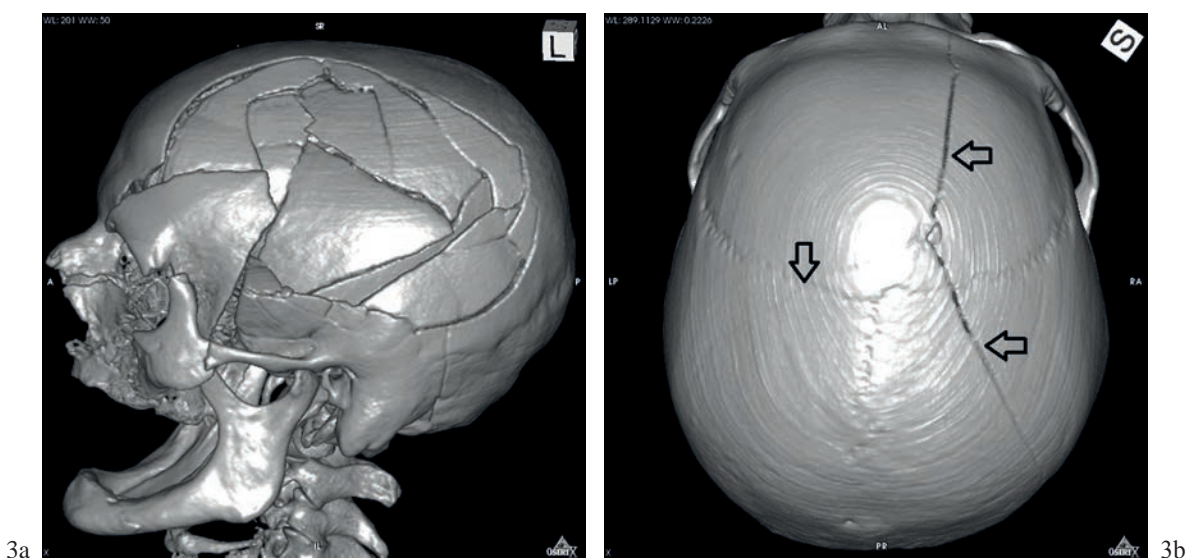


Fig. 3. 3D reconstructions of the skull based on CT acquisition, slice thickness 0.75 mm. a) Break inward of the vaults on the left, with fractures of the facial part; a view from the left side and slightly from above; b) A very small intrusion of the skull on the right side, with three radial fracture lines (arrows); a view from the top. Software: Osirix.

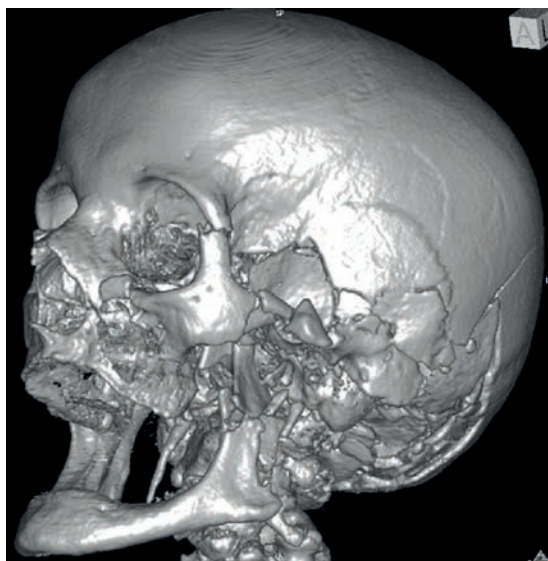


Fig. 4. 3D skull reconstruction – fragmentation with numerous small bone fragments as the result of multiple injuries with a blunt object is visible. Software: Osirix.

4. Air spaces

CT imaging allows for assessment of air spaces, both physiological and pathological, which have a traumatic background (the presence of air in the heart cavity, pleural cavities, under the skin, in the cranial cavity, etc. [5]). However, in contrast to a one-time only possibility of employing a conventional examination aiming at detection of gases, e.g. in the heart or pleural cavities, material originating from CT acquisition may be repeatedly analyzed, even with respect to more subtle lesions (e.g. gas bubbles along the tracks of stab or gunshot wounds, Figure 5).

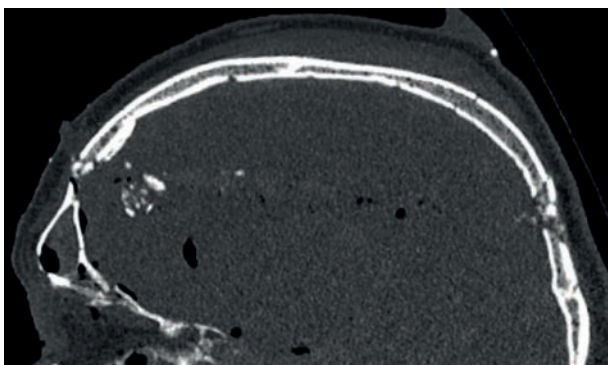


Fig. 5. Small fragments of bone and air bubbles along the bullet track within the head, sagittal reconstruction (2D). Software: Osirix.

5. Foreign bodies

Detection of metallic foreign bodies based on X-ray examinations is the most “obvious” benefit of the technique in medicolegal examinations [10, 16]; X-rays were applied to this end for the first time soon after the discovery of this type of radiation. This application is also the subject of the first report published in Polish medicolegal literature. It is worth mentioning here that Stefan Ryglicki, the author of the first Polish report on the use of X-rays for forensic purposes [6], served as a reserve lieutenant and was a prisoner-of-war in Starobielsk and later murdered in Charkow.

X-ray examinations of metallic foreign bodies (Figure 6), including projectiles, combined with CT imaging allow for a precise location of bullets prior to their extraction in the course of a conventional post-mortem examination. Such an examination may also allow for detecting a possible fragment of an implement in the case of stab wounds.

6. 3D processing of virtual objects and reconstruction of gunshot tracks

Another stage of processing data originating from post-mortem CT examinations is spatial processing of 3D models. Such a model is obtained through reconstruction of 2D cross-sections, employing, for example, Osirix software; subsequently, the data are exported to a format that can be read by highly advanced graphic programs, such as 3ds Max. In this way, it is possible to modify the resultant model in any desired manner. This is of special importance in the case of extensive, severe injuries of the skeletal system, when in the course of a conventional post-mortem examination, it is impossible or extremely difficult to reconstruct the scheme of fracturing of the fragmented bones, which may make it impossible to draw any conclusions as to the mechanism underlying the injuries. In such cases, by modifying a 3D model, it is possible in a computer model to move bone fragments into their anatomical position and thus to virtually reconstruct the original appearance of a given bone structure with its visible fracture lines, and subsequently evaluate the course of the fractures. In some situations, this may be the only acceptable manner of recreating the course of the fractures, especially in the case of skull or pelvis fragmentation, where an alternative to virtual reconstruction would be securing the bones, macerating them and then painstakingly gluing the fragments together. Virtual reconstruction additionally affords opportunities of marking areas of interest with different colours, which facilitates further analyses by individuals without appropriate medical education (Figure 7).

Of equal significance to reconstruction of the arrangement of fracture lines is reconstruction of gunshot or stab wounds tracks. In view of the fact that in a standard post-mortem CT examination, soft tissues are not visualized to a degree allowing for their detailed evaluation, a search is necessary for indirect evidence indicating the presence of a wound track in a given organ. Such indirect evidence is, for example, the presence of gas spaces (air bubbles), as well as possible location of foreign bodies (small bone fragments and projectiles or their fragments). This allows for reconstructing the wound track and determining the real angles (Figure 8).

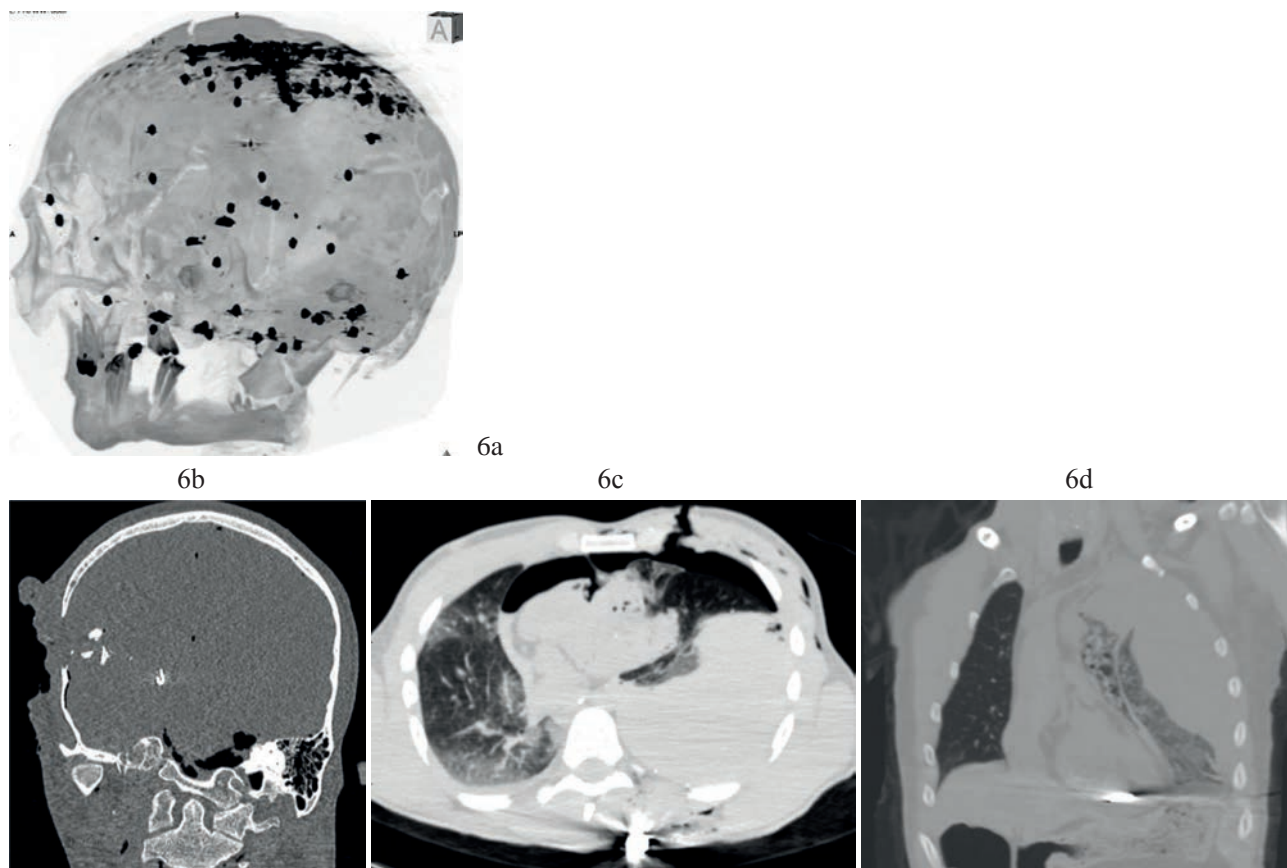


Fig. 6. Metallic foreign bodies. a) Multiple pellets – intraoral shooting; 3D MIP (maximal intensity projection) reconstruction; b) A fragment of a metal band and bone fragments inside the skull as the result of a grenade explosion; 2D reconstruction in a plane similar to the coronal plane; c) A gunshot injury of the chest, with the projectile left at the back of the body and the entrance wound at the front; an axial CT scan (2D); d) The blade of a knife injuring the heart; a coronal reconstruction (2D). Software: Osirix.

7. Post-mortem CT angiography

Administration of contrast medium to blood vessels in the course of post-mortem CT examination [3, 4] allows for possible reconstruction of the vessel course and for locating the site of its traumatic injury and formation of blood-filled pathological spaces (Figure 9). This in turn may assist in the analysis of the mechanism underlying the injury.

8. Discussion and summary

Post-mortem imaging examinations open up new opportunities for classic forensic medicine. They allow a new type of documentation of post-traumatic lesions to be drawn up, especially involving bone structures. They also extend the possibilities of post-mortem diagnostic management through a precise location of

foreign bodies, such as projectiles, metallic fragments, bone fragments or displaced teeth. Several cases investigated at the Department of Forensic Medicine, Jagiellonian University Medical College, involved shotgun wounds with a large number of foreign bodies (pellets) remaining embedded within the head and chest. Based on post-mortem computed tomography, the location and spatial arrangement of the foreign bodies was visualized, which reflected the actual state in a much clearer way as compared to a mere description, especially for the benefit of individuals who are not directly associated with forensic medicine, such as lawyers or police officers. In addition, in one case of a gunshot wound, foreign bodies were observed in blood vessels that were distant with respect to the gunshot site; the size and shape of the said bodies corresponded to pellets. It could thus be concluded that small foreign bodies travelled with the blood flow beyond the site directly affected by the injury. Despite

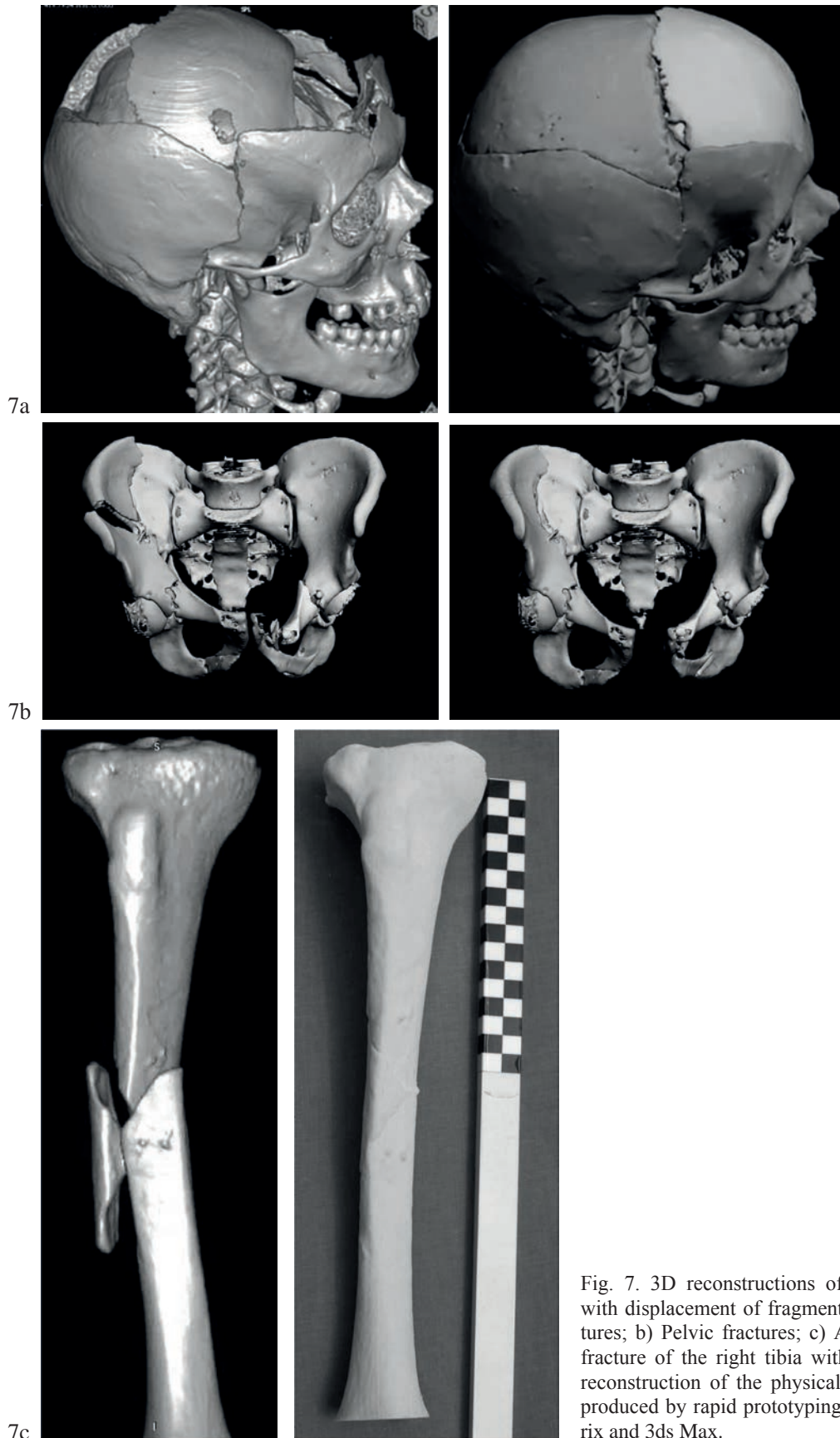


Fig. 7. 3D reconstructions of bone fractures with displacement of fragments. a) Skull fractures; b) Pelvic fractures; c) A Messerer type fracture of the right tibia with an anatomical reconstruction of the physical model of bone produced by rapid prototyping. Software: Osirix and 3ds Max.

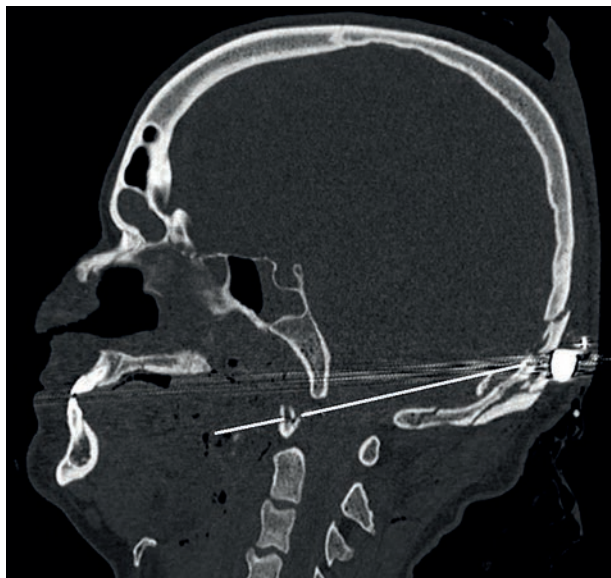
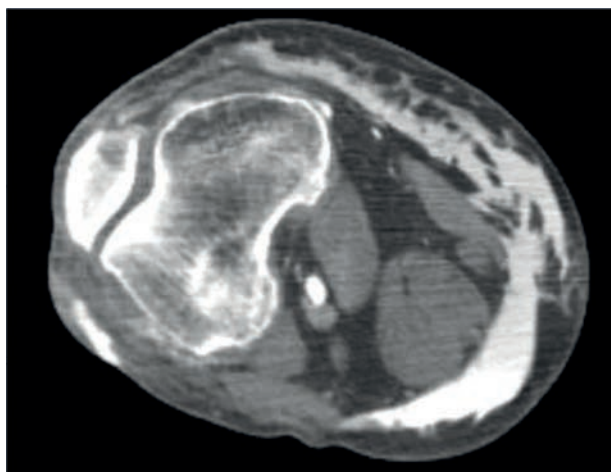


Fig. 8. Reconstruction of a bullet track in a case of intraoral shooting with the projectile lodged in the occipital region; damage of the first cervical vertebra and of the occipital bone (lines); a sagittal reconstruction (2D). Software: Osirix.



9a



9b

Fig. 9. Post-mortem CT after administration of contrast into the femoral artery. a) An axial CT scan of the knee region: note the popliteal artery filled with contrast and contrast filling the injury spaces; b) 3D reconstruction of the right lower limb with long bones fractures, contrast agent filling the arteries and areas of damage. Software: Osirix.

knowledge of the location of these foreign bodies based on CT imaging, the investigators failed to visualize them in the course of a standard post-mortem examination. In another case, where death resulted from an explosion of material situated near the head of the deceased, it was possible to visualize a fragment of the bomb that was lodged in the brain after a meticulous examination of the region indicated based on CT imaging. This suggests that even an extremely detailed and astute post-mortem examination does not guaran-

tee success in terms of locating a foreign body. In yet another case of a male who jumped from a fourth floor window and immediately afterwards was run over by a car, the prosecution was interested in establishing which event – the fall from a high altitude or being hit by the car – resulted in fatal head injuries. During the autopsy, the skull was found to be completely fragmented, which made it impossible to evaluate the course of the fracture lines directly during the post-mortem examination. On the other hand, processing

the material obtained by post-mortem CT imaging allowed for demonstrating that the arrangement of fracture lines within the major part of the skull surface unambiguously corresponded to injuries encountered in falls from a high altitude and thus the victim's being run over by a car was not determinative for his death.

Another stage in the development of post-mortem imaging is angiography, which assists standard CT examinations in that it visualizes sites of damage to blood vessels and traumatic lesions to soft tissues. Oftentimes in the course of conventional post-mortem examinations, it is extremely difficult to locate the site of bleeding. When examining a living patient, a surgeon has the advantage of being capable of directly seeing the site of blood extravasation, while a forensic medicine specialist must painstakingly dissect the vessels, hoping to find the damaged segment. In this area, post-mortem angiography that allows for simulating blood circulation in a living individual is capable of a prompt and unambiguous documentation of the critical site. Since post-mortem imaging is a relatively new technique employed by few research centres worldwide, the extent of its applicability continues to change. This is particularly true in the case of employing post-mortem angiography for medicolegal purposes, since at present there are no standards established that would allow this method to be used in full and unambiguous interpretation of its results. Nevertheless, even now it can be stated that – taking as an example the above-mentioned aspects – in selected cases post-mortem CT imaging combined with angiography will have to be taken into consideration in the near future as a standard supplement to classic autopsy procedure.

Employing data originating from post-mortem CT imaging provides new possibilities of evaluating the body surface and internal structures, thus enriching conventional post-mortem examinations. The potential of reconstructions based on CT acquisitions, both in the form of cross-sections and spatial reconstructions should be taken advantage of by forensic medicine specialists and representatives of related disciplines. The use of CT techniques in post-mortem examinations may seem to be a newly emerging additional domain for radiologists: an extension of the scope of their clinical examinations. However, both the images of lesions obtained in post-mortem examinations (and their interpretation, in many cases differing from clinical interpretations), and the manner of their presentation make us seriously believe that performance of the examination and the ability to process material obtained through CT acquisition should extend the skills of the forensic medicine specialist, thus supporting the development of classic thanatology. The authors are of

the opinion that within the next few years, such examinations will have become an indispensable element of post-mortem medicolegal diagnostic management.

References

1. Bolliger S. A., Thali M. J., Ross S. [et al.], Virtual autopsy using imaging: bridging radiologic and forensic sciences. A review of the Virtopsy and similar projects, *European Radiology* 2008, 18, 273–282.
2. Brogdon's forensic radiology, Thali M. J., Viner M. D., Brogdon B. G. [eds.], CRC Press, Boca Raton 2011.
3. Grabherr S., Djonov V., Yen K. [et al.], Post-mortem angiography: review of former and current methods, *AJR American Journal of Roentgenology* 2007, 188, 832–838.
4. Jackowski C., Persson A., Thali M. J., Whole body post-mortem angiography with a high viscosity contrast agent solution using poly ethylene glycol as contrast agent dissolver, *Journal of Forensic Sciences* 2008, 53, 465–468.
5. Jackowski C., Thali M., Sonnenschein M. [et al.], Visualization and quantification of air embolism structure by processing post-mortem MSCT data, *Journal of Forensic Sciences* 2004, 49, 1339–1342.
6. Ryglicki S., Przyczynek do zastosowania promieni Roentgena w medycynie sądowej, *Czasopismo Sądowo-Lekarskie* 1930, 4, 244–248.
7. Thali M. J., Yen K., Schweitzer W. [et al.], Virtopsy, a new imaging horizon in forensic pathology: virtual autopsy by post-mortem multislice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI) – a feasibility study, *Journal of Forensic Sciences* 2003, 48, 386–403.
8. The virtopsy approach: 3D optical and radiological scanning and reconstruction in forensic medicine, Thali M. J., Dirnhofer R., Vock P. [eds.], CRC Press, Boca Raton 2009.
9. Urbanik A., Chrzan R., Woźniak K. [et al.], Post-mortem CT examination – own experiences, *Polish Journal of Radiology* 2009, 74, 55–63.
10. Woźniak K., Moskała A., Urbanik A. [i in.], Pośmiertne badania obrazowe z rekonstrukcją 3D: nowa droga rozwoju klasycznej medycyny sądowej?, *Archiwum Medycyny Sądowej i Kryminologii* 2009, 59, 124–130.
11. Woźniak K., Moskała A., Urbanik A. [i in.], Pośmiertne badania obrazowe TK z rekonstrukcją 3D u ofiar postrzałów z broni palnej i eksplozji ładunków wybuchowych, *Archiwum Medycyny Sądowej i Kryminologii* 2009, 59, 85–92.
12. Woźniak K., Moskała A., Urbanik A. [i in.], Pośmiertne badania obrazowe TK z rekonstrukcją 3D u ofiar wypadków drogowych, *Archiwum Medycyny Sądowej i Kryminologii* 2009, 59, 93–100.

13. Woźniak K., Moskała A., Urbanik A. [i in.], Przestrzenna rekonstrukcja złamań na podstawie pośmiertnego badania TK, jako element procesu rekonstrukcji wypadku drogowego, *Paragraf na Drodze* 2009, nr spec., 299–305.
14. Woźniak K., Moskała A., Urbanik A. [i in.], Przydatność wstępnej analizy danych z pośmiertnego badania TK dla poszerzenia możliwości diagnostycznych sądowo-lekarskiej sekcji zwłok, *Archiwum Medycyny Sądowej i Kryminologii* 2010, 60, 27–37.
15. Woźniak K., Moskała A., Urbanik A. [i in.], Wartość pośmiertnych badań TK w przypadkach urazów mechanicznych powodujących znacznego stopnia destrukcję zwłok, *Archiwum Medycyny Sądowej i Kryminologii* 2010, 60, 38–47.
16. Woźniak K., Pohl J., Samobójcze postrzały z broni śrutowej po wprowadzeniu lufy do ust a ryzyko błędnej oceny na miejscu ujawnienia zwłok, *Archiwum Medycyny Sądowej i Kryminologii* 2003, 53, 347–355.
17. Yen K., Lövbld K. O., Scheurer E. [et al.], Post-mortem forensic neuroimaging: correlation of MSCT and MRI findings with autopsy results, *Forensic Science International* 2007, 173, 21–35.

Corresponding author

Dr n. med. Krzysztof Woźniak
Katedra i Zakład Medycyny Sądowej
Collegium Medicum UJ
ul. Grzegorzewska 16
PL 31-531 Kraków
e-mail: mpwoznia@cyf-kr.edu.pl

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA W ASPEKCIE KRYMINALISTYCZNYM POŚMIERTNYCH BADAŃ OBRAZOWYCH WYKONANYCH TECHNIKĄ TOMOGRAFII KOMPUTEROWEJ

1. Wstęp

Badanie zwłok jako dowodu rzeczowego może być przeprowadzone w pełnym zakresie podczas konwencjonalnego badania pośmiertnego (sądowo-lekarskiej sekcji zwłok) tylko jeden raz. Konieczne jest więc szczegółowe zaplanowanie kolejności wymaganych czynności i wykonanie ich przez świadomego swoich zadań specjalistę. Sporządzenie obiektywnego raportu z wykonanych konwencjonalnych badań mającego umożliwić odtworzenie obrazu widzianego przez obducenta innemu specjalistce medycyny sądowej nie uczestniczącemu osobiście w badaniu pośmiertnym, nawet przy uwzględnieniu dołączanego bogatego materiału pogładowego w postaci zdjęć fotograficznych i schematów, jest bardzo trudne, a w niejednym przypadku po prostu niemożliwe. Przykładem tego może być np. niepoddająca się opisowi słownemu bardzo znaczna fragmentacja kości czaszki (rycina 1). Stąd też sens mają prace nad zastosowaniem takich technik badawczych, które nie tylko dawałyby możliwość oceny stanu zwłok mniej uzależnionej od umiejętności raportowania przez konkretnego obducenta, ale i sposobność wielokrotności tej oceny: przez tego samego biegłego lub specjalistów z różnych ośrodków medycyny sądowej bezpośrednio po sekcji zwłok, czy też w terminie późniejszym – np. w przypadku, kiedy prowadzący postępowanie sądowe uzyskuje dodatkowe dane i istnieje potrzeba odniesienia tych danych do wyniku badania pośmiertnego (np. późniejsza relacja o urazach czynnych głowy przy użyciu narzędzia o ograniczonej powierzchni u zmarłego, który został skierowany na sekcję zwłok jako ofiara zdarzenia drogowego – przejechany przez ciężarówkę). Takie szanse istnieją wtedy, gdy stan zwłok, zarówno powłok, jak i struktur wewnętrznych (narządy wewnętrzne, układ kostno-mięśniowy, jamy ciała itd.) jest zapisany cyfrowo w sposób pozwalający na prowadzenie analiz. Wśród takich technik badawczych ważne miejsce zajmuje tomografia komputerowa – TK [1, 2, 7, 8, 10, 17].

2. Powłoki ciała

Technikami, które przeznaczone są z wyboru do odwzorowania powłok ciała, są fotogrametria i laserowe skanowanie jego powierzchni. Dane z akwizycji TK mogą jednak także posłużyć do rekonstrukcji zmian na powłokach. Możliwa jest lokalizacja obrażeń (np. rany,

w tym klute i postrzałowe) i przedstawienie ich podstawowych cech. Warunkiem pozytywnego efektu wizualizacji ran jest wystarczająca rozdzielczość zastosowanych rekonstrukcji, a także poddanie zwłok przed badaniem techniką TK konwencjonalnym oględzinom z usunięciem odzieży. Niestety, praktycznie nie ma możliwości, aby wszystkie zmiany dały się odwzorować w stopniu satysfakcjonującym. Dotyczy to zwłaszcza zmian w części grzbietowej, bowiem normalna pozycja badanych zwłok (grzbietem do podłoża), ze względu na uciśnięcie tkanek miękkich, nie pozwala na uzyskanie pozytywnych wyników.

Rekonstrukcja 3D umożliwia otrzymanie przestrzennego obrazu lokalizacji i parametrów zmian; na rycinach przedstawiono przykłady dotyczące osób, u których nastąpił gwałtowny zgon (rycina 2).

3. Szkielet

Z historycznego punktu widzenia podstawowym celem badań klinicznych promieniami Roentgena było ujawnienie patologii układu kostnego [9]. W przypadku badań pośmiertnych badanie metodą TK z następną rekonstrukcją 3D daje nie tylko możliwości lokalizacji złamań, ale i odtworzenia kształtu odłamów, stanowiąc podstawy do dalszego wnioskowania kryminalistycznego na temat mechanizmu powstałych obrażeń [12, 13, 14, 15].

Rekonstrukcje przestrzenne w przypadku wyraźnego braku przemieszczenia odłamów kostnych mogą nie ujawniać wszystkich linii złamań (pęknięć) kości. Nawet przy takim ograniczeniu istnieje możliwość pokazania podstawowych tendencji występujących w złamaniu, jak np. w przypadku włamania kości sklepienia czaszki (rycina 3). Także konwencjonalne badanie pośmiertne nie może dawać gwarancji takiego ujawnienia, zwłaszcza jeśli nie następuje decyzja o zabezpieczeniu kości do dalszych badań po maceracji. Przestrzenna rekonstrukcja doznanych obrażeń w niektórych przypadkach daje nawet szansę unaocznienia przebiegu zdarzenia lub intencji osoby zadającej obrażenia, jak to np. ma miejsce w przypadku wielokrotnego urazu kości czaszki w wyniku uderzenia jednym typem narzędzia (rycina 4).

4. Przestrzenie powietrzne

Badanie techniką TK umożliwia ocenę przestrzeni powietrznych – zarówno fizjologicznych, jak i patologicznych, powstałych np. na tle urazowym (obecność powietrza w jamach serca, jamach opłucnej, pod powłokami, w jamie czaszki itd. [5]). W odróżnieniu od jednokrotnej możliwości zastosowania konwencjonalnego badania na ujawnienie obecności gazów np. w jamach serca czy opłucnej – materiał z akwizycji TK może być analizowany wielokrotnie, nawet pod kątem bardziej subtelnych zmian (np. pęcherzyków gazu w przebiegu kanałów ran kłutych czy postrzałowych, rycina 5).

5. Ciała obce

Stwierdzanie obecności metalicznych ciał obcych na podstawie badania przy użyciu promieni Roentgena to najbardziej „oczywista” zdobycz tej techniki do badań sądowo-lekarskich [10, 16], pierwszy raz wykorzystana już wkrótce po odkryciu tego promieniowania. Jest też pierwszym tematem doniesienia w polskim piśmiennictwie sądowo-lekarskim. Warto w tym miejscu wspomnieć, że Stefan Ryglicki, autor pierwszej w piśmiennictwie polskim pracy na temat zastosowania promieni RTG do celów sądowo-lekarskich [6], jako porucznik rezerwy był jeńcem wojennym w Starobielsku, zamordowanym w Charkowie.

Rentgenowskie badanie obecności metalicznych ciał obcych (rycina 6), w tym pocisków, wzbogacone o technikę TK, pozwala na dokładną ich lokalizację przed wydobyciem podczas konwencjonalnego badania pośmiertnego. Badanie takie może pozwolić na znalezienie ewentualnego fragmentu narzędzia w przypadku ran kłutych.

6. Przetwarzanie wirtualnych obiektów 3D i rekonstrukcja kanałów ran

Kolejnym etapem przetwarzania danych z pośmiertnego badania TK jest przestrzenna obróbka modeli 3D. Model taki uzyskuje się z rekonstrukcji przekrojów 2D, np. przy użyciu oprogramowania Osirix i następnie eksportuje do formatu, który można odczytać w zaawansowanych programach graficznych, jak np. 3ds Max. Dzięki temu uzyskuje się możliwość dowolnej modyfikacji otrzymanego modelu. Ma to szczególne znaczenie w przypadkach nasilonych obrażeń układu kostnego, kiedy w czasie konwencjonalnego badania pośmiertnego niemożliwe lub bardzo trudne jest odtworzenie schematu złamania rozfragmentowanych kości, co może uniemożliwić wypowiedzenie się odnośnie do mechanizmu powstania urazów. W takich przypadkach, dokonując modyfikacji modelu 3D, można w programie kompute-

rowym przemieścić odłamy kostne w ich anatomiczne położenie i w ten sposób wirtualnie odtworzyć pierwotny wygląd danej struktury kostnej z widocznymi szczelinami złamań, a następnie ocenić ich przebieg. W niektórych sytuacjach może to być jedyny akceptowalny sposób odtwarzania przebiegu złamań, zwłaszcza w przypadku fragmentacji czaszki czy miednicy, gdzie alternatywą dla wirtualnej rekonstrukcji byłoby zabezpieczenie kości, poddanie ich maceracji, a następnie pracochłonne sklejenie odłamów. Wirtualna rekonstrukcja daje dodatkowo możliwości oznaczenia kolorem interesujących nas obszarów, co ułatwia późniejszą analizę przez osobę bez odpowiedniego wykształcenia medycznego (rycina 7).

Kwestią równie istotną, jak odtworzenie układu szczelin złamań, jest dokonanie rekonstrukcji kanału ran postrzałowych czy kłutych. Z uwagi na fakt, iż w standardowym pośmiertnym badaniu TK tkanki miękkie nie ujawniają się w stopniu pozwalającym na ich szczegółową ocenę, konieczne jest poszukiwanie dowodów pośrednich na obecność w danym narządzie kanału rany. Takimi cechami są m.in. obecność przestrzeni gazowych (pęcherzyki powietrza), jak i lokalizacja ewentualnych ciał obcych (drobnych odłamów kostnych oraz pocisków lub ich fragmentów). Daje to podstawy do sporządzenia rekonstrukcji kanału rany z wyznaczeniem rzeczywistych kątów (rycina 8).

7. Pośmiertna angiografia TK

Podanie kontrastu do naczyń podczas badania pośmiertnego techniką TK [3, 4] daje możliwości odtworzenia przebiegu naczyń, jak i zlokalizowania miejsca ich urazowego uszkodzenia oraz powstania patologicznych przestrzeni wypełnionych krwią (rycina 9). To z kolei może wspierać analizę mechanizmu powstania obrażeń.

8. Dyskusja i podsumowanie

Pośmiertne badania obrazowe otwierają nowe możliwości przed klasyczną medycyną sądową. Pozwalają one na wytworzenie nowego rodzaju dokumentacji zmian pourazowych, zwłaszcza w obrębie struktur kostnych. Poszerzają także możliwości diagnostyki sekcyjnej poprzez precyzyjną lokalizację ciał obcych, takich jak pociski, fragmenty metaliczne, odłamy kostne, przemieszczone zęby. Kilka przypadków badanych w Katedrze i Zakładzie Medycyny Sądowej Collegium Medicum UJ dotyczyło postrzałów z broni śrutowej z dużą liczbą ciał obcych (śrucin) pozostających w obrębie głowy i klatki piersiowej. Na podstawie pośmiertnego badania tomografii komputerowej uwidoczniono lokalizację i przestrzeny rozkład ciał obcych, co o wiele plastyczniej oddawało stan faktyczny niż opis, zwłaszcza dla osób bezpośrednio

niezwiązanych z medycyną sądową, jak prawnicy czy funkcjonariusze policji. Dodatkowo w jednym przypadku postrzału stwierdzono obecność ciał obcych wielkością i kształtem odpowiadającym śrucinom w naczyniach krwionośnych oddalonych od miejsca postrzału. Można z tego wnioskować, iż drobne ciała obce przemieściły się z prądem krwi poza rejon bezpośredniego działania urazu. Pomimo znajomości na podstawie badania techniką TK lokalizacji tych ciał obcych, nie udało się ich uwidocznić w czasie standardowego badania pośmiertnego. W innym przypadku, gdy zgon nastąpił w wyniku eksplozji materiału wybuchowego w pobliżu głowy zmarłego, odłamek bomby, który utkwił w mózgowiu, udało się zlokalizować po skrupulatnym badaniu rejonu wytypowanego na podstawie techniki TK. Wskazuje to, że nawet bardzo szczegółowe i wnikliwe badanie pośmiertne nie gwarantuje sukcesu w postaci zlokalizowania ciała obcego. W innym przypadku dotyczącym mężczyzny, który wyskoczył z okna na trzecim piętrze, a następnie bezpośrednio po upadku został przejechany przez samochód, dla prokuratury istotne było określenie, które zdarzenie – upadek z wysokości czy przejechanie przez samochód – spowodowało śmiertelne obrażenia głowy. W czasie sekcji zwłok stwierdzono całkowitą fragmentację czaszki uniemożliwiającą ocenę przebiegu szczelin złamania bezpośrednio podczas badania sekcyjnego. Natomiast opracowanie materiału z pośmiertnego badania techniką TK pozwoliło na wykazanie, iż układ szczelin złamania w obrębie przeważającej powierzchni czaszki jednoznacznie odpowiada obrażeniom spotykanym w upadkach z wysokości i tym samym przejechanie przez samochód nie miało decydującego znaczenia dla zgonu mężczyzny.

Kolejnym etapem rozwoju pośmiertnych badań obrazowych jest badanie angiograficzne, które wspomaga standardowe badanie techniką TK w zakresie uwidocznienia miejsc uszkodzenia naczyń i zmian urazowych w zakresie tkanek miękkich. Niejednokrotnie w czasie konwencjonalnego badania pośmiertnego niezwykle trudno jest zlokalizować miejsce krwawienia. Chirurg, badając osobę żywą, ma tę przewagę, że bezpośrednio widzi miejsce, w którym dochodzi do wynaczynienia krwi, gdy tymczasem medyk sądowy musi żmudnie preparować naczynia, licząc na odnalezienie miejsca uszkodzenia. W tym zakresie badania techniką pośmiertnej angiografii, umożliwiające symulację krążenia krwi u osoby żywej, jest w stanie szybko i jednoznacznie udokumentować krytyczne miejsce. Ponieważ pośmiertne badania obrazowe są stosunkowo młodą techniką badawczą stosowaną przez niezbyt liczne ośrodki naukowe na świecie, zakres ich przydatności cały czas się zmienia. Dotyczy to zwłaszcza wykorzystania pośmiertnej angiografii do celów medycyny sądowej, gdyż obecnie nie istnieją standardy, które pozwalałyby w pełni zastosować tę metodę i jednoznacznie interpretować jej wy-

niki. Jednakże już teraz można stwierdzić, iż chociażby w powyższych aspektach pośmiertne badania techniką TK w wybranych przypadkach, połączone z angiografią, musi być rozważane w najbliższej przyszłości jako standardowe uzupełnienie klasycznej sekcji zwłok.

Wykorzystanie danych z pośmiertnego badania obrazowego techniką TK daje nowe możliwości oceny powłok i struktur wewnętrznych, wzbogacając konwencjonalne badanie pośmiertne. Potencjał drżący w rekonstrukcjach na podstawie akwizycji TK, zarówno w formie przekrojów, jak i rekonstrukcji przestrzennych, powinien być wykorzystany przez medyków sądowych i przedstawicieli dyscyplin pokrewnych. Co prawda, użycie technik TK w badaniu pośmiertnym może pozornie wydawać się powstającą dodatkową domeną radiologów jako poszerzenie zakresu badań klinicznych. Jednak zarówno uzyskiwane w badaniu pośmiertnym obrazy zmian (i ich interpretacje, w wielu przypadkach różniące się od interpretacji klinicznej), jak i sposób ich przedstawiania, powodują, że można całkiem poważnie myśleć o tym, że przeprowadzanie badania i umiejętność opracowywania materiału uzyskanego z akwizycji TK powinno poszerzać umiejętności medyka sądowego, wspierając rozwój klasycznej tanatologii. Autorzy uważają, że w ciągu najbliższych lat badania takie staną się nieodzownym elementem pośmiertnej diagnostyki sądowo-lekarskiej.