



Praca oryginalna
Original paper

Artur Moskała, Krzysztof Woźniak, Piotr Kluza, Karol Romaszko, Oleksiy Lopatin

Przydatność pośmiertnego badania tomografią komputerową w konfrontacji z konwencjonalną sądowo-lekarską sekcją zwłok u ofiar wypadków komunikacyjnych – kierowców i pasażerów

Usefulness of post mortem computed tomography versus conventional forensic autopsy of road accident victims (drivers and passengers)

Katedra i Zakład Medycyny Sądowej, Uniwersytet Jagielloński Collegium Medicum w Krakowie, Polska
Chair and Department of Forensic Medicine, Jagiellonian University Medical College, Krakow, Poland

Streszczenie

Cel pracy: Problematyka zgonów osób z wnętrza samochodu w wyniku wypadków komunikacyjnych stanowi istotną grupę zagadnień w medycynie sądowej. Opiniowanie w tym zakresie obejmuje przede wszystkim określenie przyczyny zgonu oraz udział medyka sądowego w procesie rekonstrukcji przebiegu zdarzenia drogowego poprzez określenie mechanizmu powstania obrażeń ciała. Zakres opinii, jej dokładność i szczegółowość w dużym stopniu zależą od zakresu sądowo-lekarskiego badania pośmiertnego. W tym kontekście istotne są techniki zwiększające możliwości standardowej sekcji zwłok. W pracy przedstawiono wyniki pośmiertnego badania tomografią komputerową (*post mortem computed tomography* – PMCT) ofiar wypadków drogowych z wnętrza samochodu (kierowca, pasażer), które zestawiono z wynikami standardowej sekcji zwłok, określając zakres, w jakim badanie PMCT zwiększa w sposób istotny możliwości badania pośmiertnego.

Materiał i metody: Analizie poddano 118 przypadków ofiar z wnętrza samochodu (kierowcy i pasażerowie), badanych w latach 2012–2014. Sekcja zwłok w każdym przypadku poprzedzona była badaniem PMCT przy użyciu aparatu Somatom Emotion 16 (Siemens AG, Niemcy).

Wyniki: Wyniki badań zaprezentowano w formie tabelarycznej.

Wnioski: Pośmiertne badanie tomografią komputerową w przypadku ofiar wypadków komunikacyjnych (kierowca – pasażer) ma istotne znaczenie dla zwiększenia szczegółowości wyników, zwłaszcza w zakresie obrażeń kostnych i przestrzeni gazowych.

Słowa kluczowe: wypadki drogowe, medycyna sądowa, pośmiertna tomografia komputerowa.

Abstract

Aim of the study: Deaths of in-vehicle victims (drivers and passengers) of road accidents represent a significant group of issues addressed by forensic medicine. Expressing opinions in this regard involves first of all the determination of the cause of death and the forensic pathologist's participation in the process of road accident reconstruction through defining the mechanism of bodily harm. The scope of the opinion as well as its accuracy and degree of detail largely depend on the scope of forensic autopsy. In this context, techniques that broaden the capabilities of standard autopsy are of particular importance. This paper compares the results of post mortem computed tomography (PMCT) of road

accident victims (drivers and passengers) against the results of standard examination in order to determine the scope to which PMCT significantly enhances autopsy capabilities.

Material and methods: The analysis covers 118 in-vehicle victims (drivers and passengers) examined from 2012 to 2014. In each case, post-mortem examination was preceded by PMCT examination using Somatom Emotion 16 (Siemens AG, Germany).

Results: The results are presented in a tabular form.

Conclusions: In most road accident victims (drivers and passengers), post mortem computed tomography significantly increases the results' degree of detail, particularly with regard to injuries of bones and gas collections.

Key words: road accidents, forensic medicine, post mortem computed tomography.

Wprowadzenie

Dynamiczny rozwój motoryzacji w ostatnich dekadach z jednej strony spowodował znaczny wzrost bezpieczeństwa biernego (pasy bezpieczeństwa, poduszki/kurtyny powietrzne, nowe materiały konstrukcyjne), jak również czynnego (systemy wspomagania kierowania, hamowania, parkowania), z drugiej jednak strony liczba wypadków ciągle pozostaje wysoka. Zgodnie z danymi Komendy Głównej Policji w ostatnich latach liczba ofiar śmiertelnych wypadków komunikacyjnych wynosi w Polsce ok. 3000 ofiar/rok [1]. Nie rośnie, jednak nadal pozostaje na wysokim poziomie, stanowiąc istotny problem także w zakresie medycyny sądowej. Problemy ujęte w opiniach wydawanych na temat okoliczności wypadków komunikacyjnych, z uwagi na złożony charakter spraw, muszą dotyczyć aspektów wielospecjalistycznych. Głównymi zadaniami medyka sądowego w kontekście ofiar wypadków drogowych są określenie przyczyny zgonu i związku przyczynowo-skutkowego pomiędzy wypadkiem a zgonem i pomoc w odtworzeniu przebiegu zdarzenia (rekonstrukcja takich aspektów, jak zapięcie pasów bezpieczeństwa, sposób ich zapięcia czy miejsce zajmowane w pojeździe) [2]. Punktem wyjścia do powyższych analiz jest uzyskanie m.in. jak największej liczby danych o obrażeniach, jakich doznały osoby biorące udział w zdarzeniu drogowym. Jeżeli dochodzi do zgonu, zwłaszcza w nieodległym czasie od zdarzenia, najważniejszą techniką badawczą pozostaje sądowo-lekarska sekcja zwłok. Jeżeli przed zgonem ofierze udzielano pomocy medycznej (np. była hospitalizowana), konieczne jest zapoznanie się z całością dokumentacji medycznej, w tym zapisów badań obrazowych. Wdrożona wraz

Introduction

Over the last decades, rapid development of the automotive industry has brought about significant improvements in passive safety (seat belts, airbags/curtains, new structural materials) and active safety (driving, braking and parking assistance systems). Despite that, the number of road accidents continues to be high. As reported by the Polish Police Headquarters, over the last couple of years the average number of traffic fatalities in Poland has been approx. 3000 annually [1]. While the figure has not grown, it continues to be high thus representing a significant problem, also for forensic medicine. Issues addressed in expert opinions on the circumstances accompanying traffic accidents must take into account a broad range of specialist aspects, as most cases are highly complex. The most important role of the forensic physician in the context of road accident victims is to determine the cause of death and the causal relationship between the accident and the death. In addition, forensic physicians provide assistance in reconstructing the circumstances of the event (including such aspects as whether and how seat belts were fastened or which seat was occupied by the victim) [2]. The underlying reason for the above analyses is the need to maximize the amount of available information on injuries suffered by persons involved in a road accident. If the victim dies (particularly if death occurs soon after the accident), forensic autopsy is the most important examination technique. If the victim was hospitalized or otherwise received medical aid, it is necessary to analyse the entire medical documentation, including imag-

z konwencjonalnym badaniem sekcyjnym pośmiertna tomografia komputerowa (*post mortem computed tomography* – PMCT) daje możliwości zwiększenia dokładności obserwacji w badaniu pośmiertnym [3–5].

Material i metody

Przeanalizowano 118 przypadków ofiar wypadków komunikacyjnych (kierowców i pasażerów) badanych w latach 2012–2014 w miejscu pracy autorów – uniwersyteckim zakładzie medycyny sądowej. Sekcja zwłok w każdym przypadku poprzedzona była badaniem PMCT przy użyciu aparatu Somatom Emotion 16 (Siemens AG, Niemcy), bez podawania środka kontrastowego. Parametry badania: 130 kV, 50 i 240 mAs, kolimacja $16 \times 0,6$, pitch 0,85 i 0,55. Badanie wykonywano w trzech seriach:

- głowa i szyja,
- od szyi (powyżej poziomu barków) do miednicy (poniżej kości łonowych),
- miednica i kończyny dolne.

Z każdego przebiegu wykonywano rekonstrukcje na oknie miękkim i kostnym oraz dodatkowe okno płucne dla klatki piersiowej. Grubość warstwy dla głowy i szyi wynosi 0,75 mm, dla tułowia i kończyn 1,5 mm. Ewaluację przeprowadzono w programie Osirix (Pixmeo SARL, Szwajcaria, ver. 5.0.2). Ewaluację przeprowadziło dwóch specjalistów z medycyny sądowej z ok. 8-letnim doświadczeniem w wykonywaniu i ocenie pośmiertnych badań obrazowych TK. Wyników nie przedstawiano obducentowi wykonującemu konwencjonalną sekcję zwłok, a obserwacje sekcyjne uzyskiwano z protokołów sekcji zwłok. Modyfikacje standardowej sądowo-lekarskiej sekcji zwłok (preparowanie grzbietu, kończyn górnych i dolnych, próba na odmě opłucnową) były wykonywane w pojedynczych przypadkach, wg decyzji obducenta. Zestawienia obrażeń ujawnionych podczas sekcji zwłok i badania PMCT przedstawiono w postaci tabel I–III, z podziałem na poszczególne okolice ciała. W analizie statystycznej wykorzystano test McNemara do weryfikacji następujących hipotez:

- H0 – zastosowanie PMCT nie zwiększa w sposób istotny liczby obserwacji sekcyjnych w odniesieniu do sądowo-lekarskiej sekcji zwłok;
- H1 – zastosowanie PMCT zwiększa w sposób istotny liczbę obserwacji sekcyjnych w odniesieniu do sądowo-lekarskiej sekcji zwłok.

Obliczenia statystyczne prowadzono z użyciem programu Statistica 12 (StatSoft Polska). Jako próg istotności przyjęto wartość $p < 0,05$.

ing records. If conventional autopsy is accompanied by post mortem computed tomography (PMCT), the accuracy and degree of detail of post-mortem examination can potentially be improved [3–5].

Material and methods

A total of 118 driver/passenger fatalities from 2012 to 2014 were analyzed. All of them were originally examined in the authors' workplace – a university forensic medicine department. In each case, autopsy was preceded by post mortem computed tomography (PMCT) performed using Somatom Emotion 16 (Siemens AG, Germany), without contrast medium. PMCT parameters: 130 kV, 50 and 240 mAs, collimation $16 \times 0,6$, pitch 0.85 and 0.55. Scans were taken in three series:

- head and neck,
- neck (above the shoulder level) to pelvis (below the pubis),
- pelvis and lower extremities.

In each flight, reconstructions were made in the soft window and in the bone window; pulmonary window was additionally reconstructed for the chest. Slice thickness was 0.75 mm for the head/neck and 1.5 mm for the trunk and the extremities. The results were evaluated using Osirix software (Pixmeo SARL, Switzerland, ver. 5.0.2) by two forensic medicine specialists with approx. 8 years of experience in performing and evaluating PMCT. Results were not shared with physicians performing conventional autopsies, and autopsy observations were taken from autopsy reports. Modifications of standard forensic autopsy (back and upper/lower extremity dissection; pneumothorax tests) were carried out in isolated cases only, if the performing pathologist so decided. Injuries identified through autopsies and PMCT are presented in Tables I–III, broken down by individual regions of the body. McNemar's test was used in the statistical analysis in order to verify the following hypotheses:

- H0 – the use of PMCT does not significantly increase the number of autopsy observations in forensic autopsies;
- H1 – the use of PMCT significantly increases the number of autopsy observations in forensic autopsies.

Statistical calculations were performed by means of Statistica 12 software (StatSoft, Poland). Statistical significance level was assumed at $p < 0.05$.

Wyniki

Wynik badań przedstawiono w formie tabelarycznej. W tabeli I zebrano liczbę najistotniejszych obrażeń w obrębie głowy. W tabeli II pogrupowano obrażenia tułowia, a w tabeli III obrażenia kończyn górnych i dolnych. W zakresie takich struktur, jak czaszka lub żebra, przypadek kwalifikowano do poszczególnej kategorii na podstawie przeważającej liczby stwierdzonych złamań. Dla czaszki przypadki z większą liczbą złamań uwidocznionych w badaniu PCMT dotyczyły przede wszystkim obrażeń twarzoczaszki, natomiast obrażenia podstawy czaszki lepiej były uwidaczniane w badaniu sekcyjnym. Dla żeber złamania w liniach przednich części były stwierdzone w badaniu sekcyjnym, natomiast przypadki, w których złamania żeber w większej liczbie stwierdzano w badaniu PMCT, dotyczyły złamań w liniach tylnych.

Results

The results of the study are presented in a tabular form. Table I presents a number of the most serious head injuries. Table II contains injuries to the trunk, whereas hand and leg injuries are aggregated in Table III. As regards such structures as the skull or the ribs, each case was assigned to the corresponding category on the basis of the prevailing number of identified fractures. As for the skull, cases with a greater number of fractures identified by means of PMCT involved first of all injuries to the facial cranium, while injuries to the base of skull were better visible in autopsies. As for the ribs, fractures in anterior lines were more often identified in autopsies, whereas cases involving fractures in posterior lines were more often identified in PMCT examination.

Tabela I. Obrażenia głowy
Table I. Head injuries

	Przypadki z obrażeniem <i>n</i> = 118 (%) Cases involving injury <i>n</i> = 118 (%)	Rozkład obrażeń Distribution of injuries						<i>p</i>
		Przypadki z obrażeniem wykrytym tylko podczas sekcji zwłok Cases featuring injuries detected only by autopsy		Przypadki z obrażeniem wykrytym tylko w PMCT Cases featuring injuries detected only by PMCT		Przypadki z obrażeniem wykrytym obydwiema technikami Cases featuring injuries detected using both techniques		
		<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	
Czaszka Skull	71 (60)	5	7	32	45	34	48	< 0,001
Opony i mózg Meninges and brain	20 (17)	10	50	0	0	10	50	–
Krwawienie podpajęczynówkowe Sub-arachnoid hemorrhage	64 (54)	18	28	6	9	40	63	0,04
Krew w komorach Blood in ventricles	54 (46)	6	11	18	33	30	56	0,001
Krew podtwardówkowo Subdural blood	20 (17)	19	95	0	0	1	5	–
Słuczenia mózgu Cerebral contusion	24 (20)	23	96	0	0	1	4	–
Obrzęk mózgu Cerebral edema	12 (10)	9	75	0	0	3	25	–
Gaz śródczaszkowo Intracranial gas	33 (28)	0	0	33	100	0	0	–

Tabela II. Obrażenia szyi i tułowia
Table II. Neck and trunk injuries

	Przypadki z obrażeniem <i>n</i> = 118 (%) Cases involving injury <i>n</i> = 118 (%)	Rozkład obrażeń Distribution of injuries						<i>p</i>
		Przypadki z obrażeniem wykrytym tylko podczas sekcji zwłok Cases featuring injuries detected only by autopsy		Przypadki z obrażeniem wykrytym tylko w PMCT Cases featuring injuries detected only by PMCT		Przypadki z obrażeniem wykrytym obydwoma technikami Cases featuring injuries detected using both techniques		
		<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	
Kręgosłup (bez kości krzyżowej) Spine (excluding sacrum)	78 (66)	23	29	35	45	20	26	< 0,001
Żebra Ribs	96 (81)	33	34	14	15	49	51	0,001
Mostek Sternum	62 (52)	18	29	11	18	33	53	0,003
Obojczyki Clavicles	36 (31)	1	3	17	47	18	50	< 0,001
Łopatki Scapulas	30 (25)	1	3	24	80	5	17	< 0,001
Kości łonowe Pubis	34 (29)	0	0	9	26	25	74	0,008
Kości kulszowe Ischium	20 (17)	0	0	16	80	4	20	< 0,001
Kości krzyżowe Sacrum	21 (18)	0	0	13	62	8	38	0,001
Kości biodrowe Ilium	16 (14)	0	0	4	25	12	75	0,13
Stawy krzyżowo-biodrowe Sacroiliac joint	9 (8)	1	11	2	22	6	67	0,48
Spojenie łonowe Symphysis pubis	9 (8)	5	56	0	0	4	44	–
Krew w jamie opłucnej Hemothorax	92 (78)	4	4	7	8	81	88	0,023
Rozerwania płuc Pulmonary lacerations	40 (34)	6	15	24	60	10	25	< 0,001
Pęknięcie aorty Aortic rupture	30 (25)	30	100	0	0	0	0	–
Odma opłucnowa Pneumothorax	41 (38)	0	0	41	100	0	0	–
Stłuczenia płuc Pulmonary contusion	75 (64)	20	27	16	21	39	52	< 0,001

Tabela II. Obrażenia szyi i tułowia – cd.
Table II. Neck and trunk injuries – cont.

	Przypadki z obrażeniem <i>n</i> = 118 (%) Cases involving injury <i>n</i> = 118 (%)	Rozkład obrażeń Distribution of injuries						<i>p</i>
		Przypadki z obrażeniem wykrytym tylko podczas sekcji zwłok Cases featuring injuries detected only by autopsy		Przypadki z obrażeniem wykrytym tylko w PMCT Cases featuring injuries detected only by PMCT		Przypadki z obrażeniem wykrytym obydwoma technikami Cases featuring injuries detected using both techniques		
		<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	
Rozerwanie worka osierdziowego Pericardial rupture	21 (18)	21	100	0	0	0	0	–
Rozerwanie serca Cardiac laceration	18 (16)	17	64	0	0	1	6	–
Krew w worku osierdziowym Blood in pericardial sac	6 (5)	2	33	1	27	3	50	1
Treść w drogach oddechowych Contents in airways	29 (25)	5	17	19	66	5	17	< 0,001
Odma podskórna Subcutaneous emphysema	15 (13)	0	0	15	100	0	0	–
Rozerwanie przepony Diaphragmatic laceration	11 (9)	11	100	0	0	0	0	–
Zachłyśnięcie Aspiration	14 (12)	13	93	0	0	1	7	–
Krew w jamie otrzewnej Hemoperitoneum	65 (55)	14	22	1	2	50	76	1
Pęknięcie wątroby Liver rupture	56(48)	54	96	0	0	2	4	–
Pęknięcie nerki Kidney rupture	15 (13)	15	100	0	0	0	0	–
Pęknięcie śledziony Spleen rupture	19 (14)	19	100	0	0	0	0	–
Rozerwanie krezki jelita cienkiego Mesenteric laceration	11 (9)	11	100	0	0	0	0	–
Rozerwanie pęcherza moczowego Urinary bladder laceration	2 (2)	2	100	0	0	0	0	–

Tabela III. Obrażenia kończyn
Table III. Limb injuries

	Przypadki z obrażeniem <i>n</i> = 118 (%) Cases involving injury <i>n</i> = 118 (%)	Rozkład obrażeń Distribution of injuries						<i>P</i>
		Przypadki z obrażeniem wykrytym tylko podczas sekcji zwłok Cases featuring injuries detected only by autopsy		Przypadki z obrażeniem wykrytym tylko w PMCT Cases featuring injuries detected only by PMCT		Przypadki z obrażeniem wykrytym obydwoma technikami Cases featuring injuries detected using both techniques		
		<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	
Złamanie kości ramiennej Humerus fracture	17 (14)	5	29	1	6	11	65	1
Złamanie kości przedramienia Forearm fractures	24 (20)	6	25	8	35	10	42	0,013
Zwichnięcie biodra Hip sprain	5 (4)	0	0	4	80	1	20	0,13
Kość udowa Femur	21 (18)	1	4	10	48	10	48	0,004
Złamanie rzepki Patellar fracture	9 (8)	0	0	7	78	2	22	0,023
Złamanie kości podudzia Lower leg fractures	29 (25)	1	4	14	48	14	48	0,005

Dyskusja

Jak wynika z powyższego zestawienia, badanie PMCT istotnie zwiększyło możliwości diagnostyki pośmiertnej dla zdecydowanej większości obrażeń kostnych. Szczególnie widoczne jest to w obrębie trudno dostępnych rejonów czaszki i kręgosłupa, np. twarzoczaszki czy górnej części kręgosłupa szyjnego, wyrostków kręgosłupa. Ujawnienie dodatkowych obrażeń w zakresie złamania górnych kręgów szyjnych może się bezpośrednio przełożyć na ukierunkowanie badania pośmiertnego i ujawnienie potencjalnie śmiertelnych obrażeń ciała.

Jedynie dla części struktur miednicy oraz kości ramiennych nie uzyskano odpowiedniego poziomu istotności. Dotyczy to obrażeń kości biodrowych, stawów krzyżowo-biodrowych i spojenia łonowego. W odniesieniu do kości ramiennych może to

Discussion

As the above comparison illustrates, PMCT significantly enhances the capabilities of post-mortem diagnostics in a vast majority of bone injuries, particularly affecting those regions of the skull and the spine that are difficult to access, such as the viscerocranium, the upper section of the cervical spine or the spinal processes. Identification of additional fractures of cervical vertebrae may determine the directions of post mortem examination and reveal scope of potentially lethal injuries.

Only with regard to part of the pelvic structures and humerus the results were statistically insignificant. The pelvic structures in question include the ilium, the sacroiliac joints and the symphysis pubis. As regards the humerus, the in-

wynikać z faktu, że w części przypadków, z uwagi na utrwalone ułożenie kończyn górnych w wyniku stężenia pośmiertnego, rejonu te nie zostały objęte badaniem obrazowym. Z kolei uszkodzenia stawów krzyżowo-biodrowych oraz spojenia łonowego, jeżeli nie dochodzi do wyraźnego przemieszczenia się struktur anatomicznych, mogą być niejednoznaczne w interpretacji obrazu PMCT.

Należy jednak podkreślić, że w zakresie pozostałych struktur miednicy (kości łonowych, kości kulszowych i kości krzyżowej) PMCT zwiększało możliwości diagnostyki pośmiertnej. Kości te są trudno dostępne w czasie standardowej sekcji zwłok i ich pełna ocena jest utrudniona. Zwłaszcza złamania bez istotnego przemieszczenia odłamów i patologicznej ruchomości mogą zostać pominięte w badaniu sekcyjnym. Także zwichnięcie biodra i złamania kości kończyn dolnych były skuteczniej wykrywane przy dołączeniu badania PMCT. Może to wynikać z faktu, że szczegółowe preparowanie kończyn dolnych u ofiar wypadków drogowych z wnętrza pojazdu nie jest standardową procedurą (ryc. 1.).

W zakresie obrażeń w jamie czaszki uwagę zwraca dosyć wysoki odsetek przypadków, w których stwierdzono obecność gazu w jamie czaszki w badaniu PMCT. Objaw ten jest niezwykle trudny do stwierdzenia w czasie sekcji zwłok. Wymagałoby to otwarcia jamy czaszki pod powierzchnią wody, co w praktyce jest bardzo trudną logistycznie i technicznie procedurą. Także przy obecności krwi w komorach mózgowych zmiana ta była dodatkowo widoczna w 1/3 przypadków. Dotyczyło to przede wszystkim izolowanej obecności krwi w IV komorze. W pozostałych przypadkach badanie PMCT nie zwiększało istotnie zakresu stwierdzanych obrażeń.

W obrębie klatki piersiowej najistotniejsze znaczenie badania PMCT dotyczyło przestrzeni gazowych – odmy opłucnowej i podskórnej. Pośrednio także stwierdzenie przestrzeni gazowych w obrębie mięszu płucnego wskazywało na obecność rozerwania tkanki.

W obrębie jamy brzusznej nie stwierdzono żadnych obrażeń narządów wewnętrznych, co do których PMCT istotnie zwiększałoby możliwości ich rozpoznania. Wynika to przede wszystkim z faktu, że badanie natywne PMCT w mniejszym stopniu jest przydatne do oceny narządów mięszowych, zwłaszcza w sytuacji, gdy nie dochodzi do fragmentacji narządu. Ewentualne obrażenia można przewidywać na podstawie cech pośrednich, takich jak obecność przestrzeni gazowych, pęcherzyków

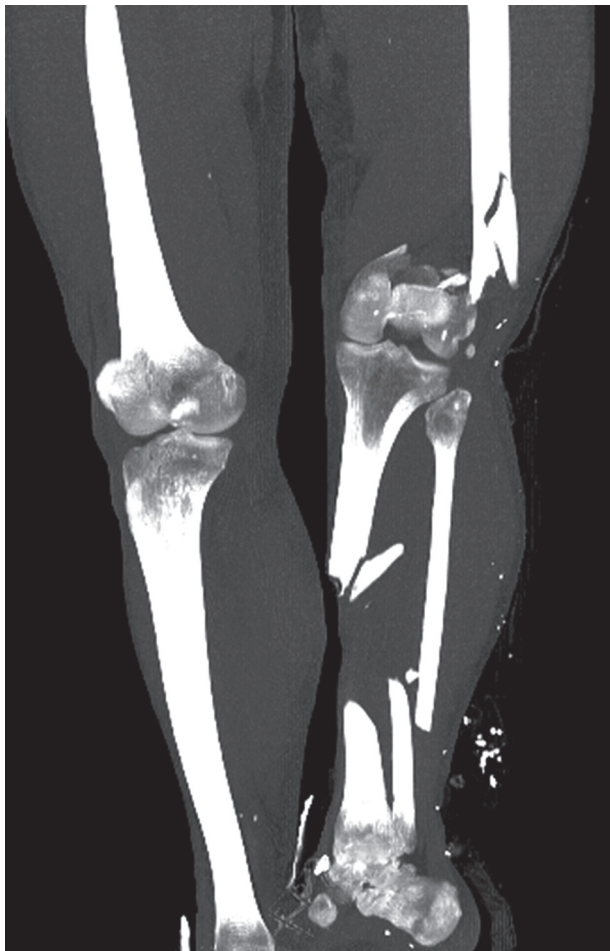
significance may be attributable to the fact that in some cases the upper extremities were not examined due to their position fixed by rigor mortis. As regards injuries to the sacroiliac joint and the symphysis pubis, they may be inconclusive in PMCT image interpretation, unless clearly visible dislocation of the anatomical structures has occurred.

Importantly, with regard to the other pelvic structures (pubis, ischium and sacrum), PMCT increased the capabilities of post mortem diagnostics. The said bones are considered difficult to access in a conventional autopsy and their full evaluation is rather difficult. In particular, fractures without significant dislocation of bone splinters and pathological mobility may be overlooked in autopsy. Likewise, sprained hips and fractured lower extremities were more effectively identified when autopsy was supported by PMCT. The underlying reason may be the fact that detailed dissection of lower extremities in in-vehicle victims of road accidents is not a standard procedure (Fig. 1).

With regard to injuries to the cranial cavity, attention is drawn by a high percentage of cases involving the presence of gas, identified by means of PMCT. Intracranial gas is extremely difficult to diagnose through autopsy, as it would require opening the skull under water, which is unusually challenging for logistic and technical reasons. Similarly, the presence of blood in brain ventricles was additionally visible in one case in three. It applied mainly to cases with isolated presence of blood in fourth ventricle. As for the other cranial injuries, PMCT does not significantly broaden the scope of identification.

With regard to the chest, the greatest advantage of PMCT examination was observed in the case of gas collections – pneumothorax and subcutaneous emphysema. Furthermore, the presence of gas collections in pulmonary parenchyma was indirectly indicative of tissue rupture.

In the abdomen, no injuries to internal organs were identified with regard to which PMCT would significantly improve the likelihood of their identification. This results first of all from the fact that unenhanced PMCT is less useful in examining parenchymatous organs, particularly if no fragmentation has occurred. Possible injuries can be estimated on the basis of indirect features, such as the presence of gas collections, gas bubbles in the liver in the place



Ryc. 1. Wieloodłamowe złamanie kości lewej kończyny dolnej – rekonstrukcja wielopłaszczyznowa (MPR)
Fig. 1. Comminuted fracture of the left lower extremity – multiplanar reconstruction (MPR)



Ryc. 2. Złamanie mostka – rekonstrukcja wielopłaszczyznowa (MPR)
Fig. 2. Fracture of the sternum – multiplanar reconstruction (MPR)



Ryc. 3. Fragmentacja rzepki – rekonstrukcja objętościowa (VRT)

Fig. 3. Fragmented patella – volume rendering reconstruction (VRT)

gazu w wątrobie w miejscu jej rozerwania czy obecność „płaszczka” krwi w rejonie narządu mięsistego.

Powyższe obserwacje są zbieżne z uzyskanymi w innych badaniach, w których oceniano zgodność pośmiertnego badania PMCT [4, 6, 7]. W tych badaniach odnoszono się do skali ciężkości obrażeń AIS. Wykazano przydatność PMCT w zakresie układu kostnego, w mniejszym stopniu dla tkanek miękkich. Dodatkowo stwierdzono, że cięższe obrażenia w oczywisty sposób

of its rupture, or the presence of blood coating in the area of a parenchymatous organ.

The above observations are consistent with those reported by other researchers who evaluated PMCT compliance [4, 6, 7]. The studies referred to the AIS (abbreviated injury scale). The usefulness of PMCT was demonstrated primarily for the skeleton, and to a smaller degree for soft tissues. In addition, it was concluded that more serious injuries are naturally

są prostsze do wykazania w badaniu PMCT. Także prace analizujące obrażenia jamy brzusznej u ofiar wypadków komunikacyjnych w odniesieniu do zastosowania PMCT wskazywały na mniejszą przydatność badania w zakresie takich narządów, jak wątroba czy śledziona [8, 9], co pozostaje w zgodności z powyższymi wynikami.

W zdecydowanej większości przypadków określenie przyczyny zgonu i związku przyczynowo-skutkowego pomiędzy obrażeniami a zgonem u ofiar z wnętrza samochodu nie stanowi problemu. Bardziej problematyczne są kwestie związane z odtworzeniem przebiegu zdarzenia i określeniem mechanizmu powstania obrażeń [10–12]. Dlatego tak istotna jest kwestia udziału medyka sądowego w opiniach interdyscyplinarnych, co daje podstawy do wydania pełnej opinii. Jednak aby wkład biegłego z zakresu medycyny sądowej był właściwy, konieczne jest przedstawienie obserwacji pośmiertnych w taki sposób, żeby biegły innej dyscypliny, nieposiadający wiedzy medycznej, mógł wykorzystać te dane do celów opiniowania. Opisy stosowane w protokole sekcji zwłok mogą w tym kontekście okazać się niewystarczające. Pomocne może być przedstawienie obrażeń w postaci przestrzennych modeli, które mogą zostać następnie wykorzystane w opinii interdyscyplinarnej [3, 12–14] (ryc. 2. i 3.).

Jak wynika z zestawienia obrażeń zawartego w tabelach I–III, przewaga zastosowania obu metod w stosunku do klasycznej sekcji zwłok obejmuje przede wszystkim obrażenia kostne. Jest to o tyle ważne, że to właśnie złamania w dużej części mają istotne znaczenie dla rekonstrukcji przebiegu zdarzenia i określenia mechanizmu powstania obrażeń. Uwidocznienie tych obrażeń w czasie konwencjonalnej sekcji zwłok może być w części przypadków trudne z uwagi na problem z dostępem i złożoną budową kośćca. Dotyczy to zwłaszcza takich obszarów, jak kręgosłup (odcinek szyjny, wyrostki poprzeczne i kolczyste) oraz miednica [15] (ryc. 4. i 5.). Jednocześnie należy pamiętać, że obrażenia dotyczące aparatu więzadłowego kręgosłupa i otaczających tkanek miękkich najpewniej nie będą widoczne w natywnym badaniu PMCT, np. jeżeli dojdzie do skręcenia kręgosłupa szyjnego [16]. W sytuacji gdy klasyczna sekcja zwłok nie obejmuje preparowania grzbietu i kończyn dolnych, zachodzi ryzyko pominięcia istotnych obrażeń w zakresie kręgosłupa, łopatek czy też kości kończyn.

Należy jednak podkreślić, że w szczególności w przypadkach z obrażeniami wielonarządowymi,

easier to diagnose by PMCT. Similarly, papers analyzing abdominal injuries in traffic accident victims in the context of the PMCT method showed that this type of examination is less useful with regard to such organs as the liver or the spleen [8, 9], which is consistent with the above results.

In a vast majority of cases, determination of the cause of death and a causal relationship between sustained injuries and death of in-vehicle victims is fairly straightforward. Less straightforward are issues related to reconstructing the event and determining the mechanism of injury [10–12]. Therefore, it is of great importance to ensure the contribution of a forensic doctor to interdisciplinary opinions, which creates a basis for issuing a full opinion. However, to ensure that such a contribution is appropriate, it is necessary to present post mortem observations in a manner allowing other experts (without medical background) to effectively use them as input in the opinion-making process. Descriptions in autopsy reports may be insufficient in this context. It may be helpful to present injuries in the form of 3D models that can be subsequently used in the interdisciplinary opinion [3, 12–14] (Fig. 2 and 3).

As illustrated by the comparative data presented in the Tables I–III, combining both methods (as opposed to relying on conventional autopsy alone) is particularly useful in the case of bone injuries. Importantly, bone fractures are usually of key significance in reconstructing the event and determining the mechanism of injury. Identification of such fractures through conventional autopsy may be in some cases difficult due to limited accessibility and complex structure of the skeleton. This applies in particular to such areas as the spine (cervical area, transversal and spinous processes) and the pelvis [15] (Figs. 4 and 5). Simultaneously, it should be remembered that injuries affecting the ligament apparatus of the spine and the surrounding soft tissues will most certainly not be shown in unenhanced PMCT, for instance if the victim suffered a cervical spine sprain [16]. If a conventional autopsy does not involve the dissection of the spine and the lower extremities, injuries affecting the spine, the scapulas or parts of the extremities are likely to be left unnoticed.

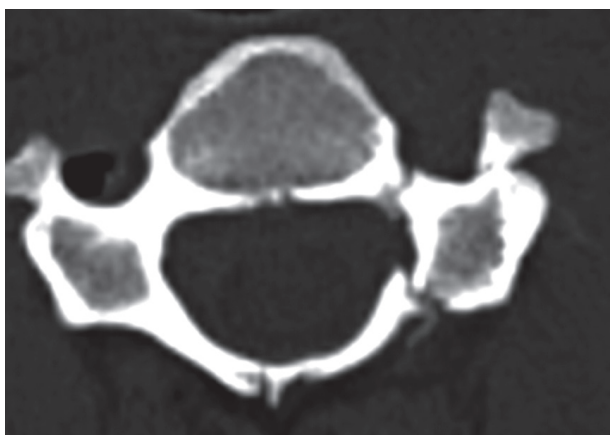
Importantly, cases involving in particular multiple organ injuries require careful image interpretation due to possible difficulties. Reported challenges are related both to soft tissues [17–19] and to bones

konieczna jest ostrożna interpretacja obrazu z uwagi na możliwe trudności interpretacyjne. Opisywane zagrożenia dotyczą zarówno tkanek miękkich [17–19], jak i kostnych [20]. Dlatego jako złoty standard należy przyjmować wzajemną konfrontację wyników badania PMCT i sądowo-lekarskiej sekcji zwłok.

Znacznie niższa skuteczność badania PMCT w obrębie narządów wewnętrznych sprawia, że w połączeniu z sekcją zwłok nie wpływa to istotnie na poprawę wyników badań. Problem ten może być częściowo rozwiązany poprzez podanie środka kontrastowego. Dotyczy to zarówno uwidocznienia uszkodzenia narządu mięszonego, jak i lokalizacji źródła krwawienia. Dane te dostępne dzięki sekcji zwłok umożliwiają takie ukierunkowanie badania pośmiertnego, aby w jak największym zakresie zwiększyć jego skuteczność [21, 22].

Wnioski

Na podstawie przedstawionych wyników można wskazać, że pośmiertne badanie tomografią komputerową w przypadku ofiar wypadków komunikacyjnych (kierowca – pasażer) ma istotne znaczenie dla zwiększenia szczegółowości wyników. Przekłada się to na lepsze udokumentowanie przyczyny zgonu oraz daje podstawy do pełniejszej opinii rekonstrukcyjnej. Uwidocznienie większej liczby obrażeń kostnych, przestrzeni zawierających gazy, jak również możliwość prezentacji obserwacji sekcyjnych w sposób graficzny, przestrzenny pozwala uzyskać



Ryc. 4. Złamanie kręgu szyjnego – rekonstrukcja wielopłaszczyznowa (MPR)

Fig. 4. Fracture of a cervical vertebra – multiplanar reconstruction (MPR)

[20]. Therefore, it should be a gold standard to compare forensic autopsy results against PMCT results.

Due to far lower PMCT efficiency in examining internal organ injuries, combining this method with conventional autopsy does not significantly improve the results in this regard. The problem can be solved by contrast medium administration, which improves the visibility of both parenchymatous organ damage and hemorrhage location. Such data, if obtained through autopsy, makes it possible to appropriately direct post mortem examination in a manner maximizing its efficiency [21, 22].

Conclusions

The results presented above allow one to conclude that in the case of traffic accident victims (drivers and passengers), post mortem computed tomography is of significant importance in the context of improving the degree of detail of examination results. Such improvement translates into better documentation of the cause of death and provides a basis for a fuller reconstruction opinion. Identification of a greater number of bone injuries and gas collections, as well as the possibility to present autopsy observations in



Ryc. 5. Złamanie wyrostków kolczystych kręgów – rekonstrukcja wielopłaszczyznowa (MPR)

Fig. 5. Fracture of spinous processes of the vertebrae – multiplanar reconstruction (MPR)

nową jakość w komunikacji pomiędzy biegłymi różnymi specjalnościami. Dzięki temu wielospecjalistyczny opiniujący zespół może precyzyjniej odnieść się do kwestii podnoszonych przez prokuraturę.

Autorzy deklarują brak konfliktu interesów.

a graphic (3D) form make it possible to attain a new level of quality in communication between experts in various fields. As a result, multi-disciplinary teams of experts can more accurately comment on issues addressed by the prosecutor.

The authors declare no conflict of interest.

Piśmiennictwo

References

1. Polish Police Headquarters, <http://statystyka.policja.pl/st/ruch-drogowy/76562,Wypadki-drogowe-raporty-roczne.html>.
2. Łabęcka M, Żaba C, Lorkiewicz-Muszyńska D, Świdorski P, Mularski A, Kołowski J. obrażenia śmiertelne narządów szyi spowodowane zapiętymi pasami bezpieczeństwa. Arch Med Sąd Kryminol 2011; 61: 170-175.
3. Woźniak K, Moskała A, Urbanik A, Kłys M. Pośmiertne badania obrazowe TK z rekonstrukcją 3D u ofiar wypadków drogowych. Arch Med Sąd Kryminol 2009; 59: 93-100.
4. Sochor MR, Trowbridge MJ, Boscak A, Maino JC, Maio RF. Postmortem computed tomography as an adjunct to autopsy for analyzing fatal motor vehicle crash injuries: results of a pilot study. J Trauma 2008; 65: 659-665.
5. Moskała A, Woźniak K, Kluza P, Romaszko K, Lopatin O. The importance of post-mortem computed tomography (PMCT) in confrontation with conventional forensic autopsy of victims of motorcycle accidents. Leg Med (Tokyo) 2016; 18: 25-30.
6. Leth PM, Ibsen M. Abbreviated injury scale scoring in traffic fatalities: comparison of computerized tomography and autopsy. J Trauma 2010; 68: 1413-1416.
7. Shiotani S, Shiigai M, Ueno Y, Sakamoto N, Atake S, Kohno M, Suzuki M, Kimura H, Kikuchi K, Hayakawa H. Postmortem computed tomography findings as evidence of traffic accident-related fatal injury. Radiat Med 2008; 26: 253-260.
8. Norzailin AB, Noor Azman S, Mohd Helmee MN, Khairul Anuar Z. The sensitivity, specificity and predictive values of post mortem computed tomography in detecting liver and splenic injury due to road traffic accident. Med J Malaysia 2016; 71: 1-7.
9. Christe A, Ross S, Oesterhelweg L, Spendlove D, Bolliger S, Vock P, Thali MJ. Abdominal trauma--sensitivity and specificity of postmortem noncontrast imaging findings compared with autopsy findings. J Trauma 2009; 66: 1302-1307.
10. Grassi VM, Castagnola F, Miscusi M, De-Giorgio F. Integrating engineering principles into the medico-legal investigation of a rare fatal rollover car accident involving complex dynamics. Forensic Sci Med Pathol 2016; 12: 312-318.
11. Zine KU, Mugadlimath AB, Sane MR, Bhuyyar C, Rathod SN. Non-vehicular homicides masquerading as road traffic accidents. Med Leg J 2016; 84: 28-30.
12. Woźniak K, Moskała A, Świder P, Bułka D, Marciniak M. Zastosowanie techniki modelowania 3D do analizy najechania pojazdu na leżącego człowieka. Paragraf na Drodze 2014; 9: 60-68
13. Bolliger MJ, Buck U, Thali MJ, Bolliger SA. Reconstruction and 3D visualisation based on objective real 3D based documentation. Forensic Sci Med Pathol 2012; 8: 208-217.
14. Benali L, Gromb S, Bou C. Post-mortem imaging in traffic fatalities: from autopsy to reconstruction of the scene using freely available software. Int J Legal Med 2013; 127: 1045-1049.
15. Nikolic SD, Atanasijevic TC, Popovic VM, Soc MV. The facial-bone fractures among fatally injured car occupants in frontal collisions. Leg Med (Tokyo) 2009; 11 Suppl 1: S321-S323.
16. Teresiński G. Weryfikacja dystorsji szyjnego odcinka kręgosłupa w praktyce sądowo-lekarskiej. Część II – obiektywizacja obrażeń. Arch Med Sąd Kryminol 2013; 63: 182-193, 172-181.
17. Le Blanc-Louvry I, Thureau S, Ledoux K, Mogdad B, Lagroy E, Dacher JN, Tournel G. False positive aortic dissection on post-mortem computed tomography. Forensic Sci Int 2015; 254: e4-6.
18. Persson A, Falk J, Berge J, Jackowski C. Atlanto-axial rotatory subluxations in postmortem CT: radiologists be aware of a common pitfall. Forensic Sci Int 2013; 225: 9-14.
19. Kasahara S, Makino Y, Hayakawa M, Yajima D, Ito H, Iwase H. Diagnosable and non-diagnosable causes of death by postmortem computed tomography: a review of 339 forensic cases. Leg Med (Tokyo) 2012; 14: 239-245.
20. Schulze C, Hoppe H, Schweitzer W, Schwendener N, Grabherr S, Jackowski C. Rib fractures at postmortem computed tomography (PMCT) validated against the autopsy. Forensic Sci Int 2013; 233: 90-98.

21. Dedouit F, Mokrane FZ, Savall F, Faruch M, Grimm J, Grabherr S, Mangin P, Rousseau H, Rouge D, Telmon N. Blunt trauma. In: Grabherr S, Grimm J, Heinemann A (eds.). Atlas of postmortem angiography. Springer 2016.
22. Flach PM, Ross SG, Bolliger SA, Preiss US, Thali MJ, Spendlove D. Postmortem whole-body computed tomography angiography visualizing vascular rupture in a case of fatal car crash. Arch Pathol Lab Med 2010; 134: 115-119.

Adres do korespondencji

Artur Moskała
Katedra i Zakład Medycyny Sądowej
Uniwersytet Jagielloński
Collegium Medicum
ul. Grzegórzecka 16
31-531 Kraków, Polska
e-mail: admin@mlodylekarz.pl

Address for correspondence

Artur Moskała
Chair and Department of Forensic Medicine
Jagiellonian University
Medical College
Grzegórzecka 16
31-531 Krakow, Polska
e-mail: admin@mlodylekarz.pl