



Praca oryginalna
Original paper

Ewa Juźwik, Artur Moskała, Krzysztof Woźniak, Paweł Kopacz

Ocena przydatności pośmiertnej tomografii komputerowej w diagnostyce obrażeń narządów mięszowych jamy brzusznej w odniesieniu do sądowo-lekarskiej sekcji zwłok

Evaluation of usefulness of post-mortem computed tomography in the diagnosis of abdominal parenchymal organ injuries compared to medicolegal autopsy findings

Katedra i Zakład Medycyny Sądowej, *Collegium Medicum* Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków, Polska
Chair and Department of Forensic Medicine, Jagiellonian University Medical College, Krakow, Poland

Streszczenie

Wstęp: Pośmiertna tomografia komputerowa (PMCT) jest badaniem szczególnie przydatnym przy ocenie zmian urazowych w praktyce sądowo-lekarskiej. Jej użyteczność w diagnostyce struktur mięszowych ciała ludzkiego nie jest jednak oczywista.

Cel pracy: Badanie miało na celu ocenę przydatności PMCT w rozpoznawaniu uszkodzeń narządów mięszowych (wątroby, trzustki, śledziony i nerek) oraz obecności krwi w jamie brzusznej.

Materiał i metody: Badaniem objęto populację osób zmarłych, których sądowo-lekarską sekcję zwłok przeprowadzono w Katedrze i Zakładzie Medycyny Sądowej *Collegium Medicum* Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. Zakwalifikowano do niego przypadki zgonów gwałtownych z obecnością tępych urazów. We wszystkich przypadkach badanie sekcyjne poprzedzono badaniem PMCT. Za pomocą obu metod poszukiwano objawów uszkodzenia narządów mięszowych oraz obecności krwi w jamie brzusznej. Obserwacje poczynione podczas autopsji traktowano jako „złoty standard”, do którego porównywano wyniki badań PMCT.

Wyniki: Uzyskane dane opracowano statystycznie, określając takie parametry, jak czułość, swoistość, wartość predykcyjna dodatnia i ujemna oraz wiarygodność. Wartości te ujęto w formie tabelarycznej.

Wnioski: Ocena przydatności PMCT w wykrywaniu obrażeń narządów mięszowych jamy brzusznej oraz obecności krwi w jamie brzusznej nie dała zadowalających rezultatów w zakresie wykorzystania PMCT w praktyce medycyny sądowej jako narzędzia diagnostycznego porównywalnego z sekcją zwłok. Metoda ta wydaje się jednak obiecująca jako test przesiewowy wykluczający obecność rzezonnych obrażeń.

Słowa kluczowe: medycyna sądowa, pośmiertna tomografia komputerowa, PMCT, uraz tępy brzucha.

Abstract

Introduction: Post-mortem computed tomography (PMCT) is an examination technique which provides particular benefits in forensic medical practice in the evaluation of traumatic injuries. However, the usefulness of PMCT in the diagnosis of parenchymal structures in the human body is not obvious.

Aim of the study: To evaluate the usefulness of PMCT in the diagnosis of parenchymal organ injuries (liver, pancreas, spleen and kidneys) and the presence of blood in the abdominal cavity.

Material and methods: The study was conducted on a population of deceased persons who underwent medicolegal autopsy in the Chair and Department of Forensic Medicine, Jagiellonian University Medical College in Krakow. The study included cases of violent death with the presence of blunt-force trauma. In all cases studied, the autopsy examination was preceded by PMCT. Both methods were employed to identify signs of injury to parenchymal organs and the presence of blood in the abdominal cavity. Observations made during the autopsies were considered in this study as the gold standard to which the PMCT findings were compared.

Results: The data obtained in the study was analyzed statistically to determine a range of parameters including sensitivity, specificity, positive and negative predictive values, and reliability. The values were presented in a tabulated form.

Conclusions: The evaluation of usefulness of PMCT in the detection of abdominal parenchymal organ injuries and the presence of blood in the abdominal cavity failed to yield satisfactory results that would justify the application of PMCT in medicolegal practice as a diagnostic tool comparable to autopsy. However, promising results were obtained with respect to the suitability of PMCT as a screening test to exclude the presence of such injuries.

Key words: forensic medicine, post-mortem computed tomography, PMCT, blunt-force abdominal injury.

Wstęp

Szybki i prężny rozwój technik pośmiertnego obrazowania zwłok, jaki nastąpił w ostatnich latach, przyczynił się do opracowania wstępnego podziału użyteczności poszczególnych metod w diagnostyce różnych typów zmian patologicznych [1–5]. Pośmiertna tomografia komputerowa (PMCT) – badanie o stopniowo zwiększającej się dostępności – staje się coraz lepiej udokumentowaną techniką oceny obrażeń ciała, w szczególności złamań kości, a w swojej angiograficznej modyfikacji – także przerwań ciągłości łożyska naczyniowego.

Badanie tomografią komputerową (CT) narządów wewnętrznych znacznie zwiększyło możliwości diagnostyczne w praktyce klinicznej, zwłaszcza w porównaniu z klasycznym badaniem rentgenowskim (RTG). Ze względu na odmienności w obrazie pośmiertnym oraz wymagany stopień dokładności badań sądowo-lekarskich przydatność PMCT w ocenie struktur mięsnych nie jest jednak oczywista [6]. W niniejszym badaniu skupiono się na ocenie zmian urazowych w narządach mięsnych jamy brzusznej jako jednych z trudniejszych obszarów w diagnostyce za pomocą PMCT.

Material i metody

Badanie przeprowadzono na populacji osób zmarłych, których sądowo-lekarską sekcję zwłok wykonano w Katedrze i Zakładzie Medycyny Sądowej

Introduction

In recent years, intensive and rapid development of post-mortem imaging techniques has contributed to the elaboration of a preliminary division of usefulness of different methods in the diagnosis of various types of pathological lesions [1–5]. Post-mortem computed tomography (PMCT) is an imaging modality with steadily growing availability which is becoming an increasingly well-documented technique for the assessment of bodily injuries, particularly bone fractures, and in its angiographic variant – also cases of vascular bed disruption.

With respect to internal organs, computed tomography (CT) examination has considerably expanded the spectrum of diagnostic possibilities in clinical practice, especially compared to classical radiography (X-ray examination). However, the usefulness of PMCT for the evaluation of parenchymal structures is not obvious because of differences in post-mortem findings and the degree of accuracy required in forensic medical examinations [6]. The following study focused on the evaluation of traumatic lesions in the abdominal parenchymal organs, representing one of the most challenging areas in the diagnostics based on PMCT.

Material and methods

The study was conducted on the population of deceased persons who underwent medicolegal autopsy in the Chair and Department of Forensic

Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie w okresie od 1 stycznia 2016 r. do 30 marca 2016 r. oraz od 23 listopada 2016 r. do 29 maja 2018 r. Wstępnie do badania zakwalifikowano przypadki zgonów gwałtownych, w których uraz był spowodowany tępym narzędziem. Powyższe kryteria obejmowały śmierć w wyniku: wypadku drogowego (potrącenia, przejechania, osoby z wnętrza pojazdu), upadku z wysokości, przygniecenia ciała, potrącenia/przejechania przez pociąg oraz pobicia.

We wszystkich przypadkach badanie sekcyjne poprzedzono badaniem PMCT na aparacie Somatom Emotion 16 (Siemens AG, Niemcy). Parametry badania: 130 kV, 50 i 240 mA, kolimacja $16 \times 0,6$, pitch 0,85 i 0,55. Badanie wykonywano w trzech seriach: 1) głowa i szyja, 2) od szyi (powyżej poziomu barków) do miednicy (poniżej kości łonowych), 3) miednica i kończyny dolne. Z każdej z nich wykonywano rekonstrukcje na oknie miękkim i kostnym oraz dodatkowe okno płucne dla klatki piersiowej. Grubość warstwy dla głowy i szyi wynosiła 0,75 mm, a dla tułowia i kończyn – 1,5 mm. Ewaluację w darmowym programie Osirix (Pixmeo SARL, Szwajcaria, ver. 5.0.2) przeprowadzili specjalista medycyny sądowej z ok. ośmioletnim doświadczeniem w wykonywaniu i ocenie pośmiertnych badań obrazowych CT oraz lekarz rezydent. Ocenie poddano rekonstrukcje obejmujące jamę brzuszną w oknie kostnym i miękkim.

W badaniach tomograficznych poszukiwano bezpośrednich objawów uszkodzenia narządów mięszzowych (wątroby, śledziony, trzustki i nerek) – szczelin pęknięcia, miejscowej zmiany cieniowania mięszzu, cech krwawienia do mięszzu, fragmentacji, odłamków kostnych wbitych w mięszz, przemieszczenia i wytrzewienia narządu oraz obszarów koagulacji powstałych uszkodzeń. Szukano też objawów pośrednich: krwi, krwistego płynu, wylewów krwawych wokół narządu, wolnych pęcherzyków powietrza w mięszzu oraz zaburzających obrys narządu. Dodatkowo brano pod uwagę te przypadki, w których dany narząd został usunięty, zakładając jego uszkodzenie, nie określano jednak stopnia ciężkości tego uszkodzenia. Ponadto oceniano obecność krwi lub krwistego płynu w jamie brzusznej – zarówno w sąsiedztwie narządów mięszzowych, jak i pomiędzy pętlami jelitowymi oraz w miednicy mniejszej. Za krew uznawano skupiska płynowe o cieniowaniu w zakresie 40–60 HU.

Medicine, Jagiellonian University Medical College in Krakow, in the periods from 1 January 2016 until 30 March 2016, and from 23 November 2016 until 29 May 2018. Cases of violent death caused by blunt-force injury were preliminarily selected for the study. The above criteria included death caused by traffic accident (individuals hit or run over by a road vehicle, persons inside vehicles involved in traffic accidents), fall from a height, body crushing, being hit or run over by a train, and beating.

In all study cases, the autopsy was preceded by the post-mortem computed tomography (PMCT) examination performed using a Somatom Emotion 16 CT scanner (Siemens AG, Germany). The parameters of the examination included 130 kV, 50 and 240 mA, collimation 16×0.6 , pitch 0.85 and 0.55. The examination was conducted in three series: 1) head and neck, 2) from the neck (above the shoulders) to the pelvis (below the pubic bones), 3) pelvis and lower limbs. Each of the areas scanned was reconstructed in both soft and bone windows, and additionally in the lung window for the thorax. The slice thickness used in head and neck scanning was 0.75 mm, and in trunk and limb scanning – 1.5 mm. The evaluation was performed using the Osirix freeware (Pixmeo SARL, Switzerland, version 5.0.2) by a forensic specialist with 8 years of experience in performing and evaluating post-mortem CT examinations, and a resident doctor. The evaluation was conducted for abdominal reconstructions in the bone and soft windows.

The CT examinations were focused on identifying direct signs of injury to parenchymal organs (liver, spleen, pancreas and kidneys) including fissures consistent with laceration, local changes in parenchymal shadowing, features of intraparenchymal haemorrhage, fragmentation, bone splinters driven into the parenchyma, organ displacement and eventration, and areas of post-injury coagulation. Indirect manifestations were also considered, including blood, bloody fluid, blood effusions around the organs, free air bubbles within the parenchyma, and organ contour abnormalities. In addition, cases involving the removal of a given organ were examined on the assumption that it had been damaged. In such cases, however, the severity of injury was not determined. Also, the presence of blood/bloody fluid in the abdominal cavity was assessed both in the vicinity of parenchymal organs and between the intestinal loops, and in the pelvis minor. Blood was

Badania sekcyjne odbywały się tego samego dnia co badania tomograficzne, do 6 godzin od prześwietlenia zwłok. Wykorzystano klasyczną technikę sekcijną: najpierw oceniano narządy i obecność krwi w jamie brzusznej *in situ*, następnie wątrobę i trzustkę wypreparowane w bloku oraz osobno śledzionę i nerki oglądano i nacinano poprzecznie w celu dokonania dalszej diagnostyki. Obserwacje z autopsji traktowano jako „złoty standard”, do którego odnoszono pozostałe porównania i obliczenia czułości, swoistości, wartości predykcyjnej dodatniej i ujemnej oraz wiarygodności (dokładności) PMCT.

Ze względu na dużą różnorodność opisów uszkodzeń w protokołach sekcyjnych konieczne było ujednoczenie i usystematyzowanie stwierdzanych zmian pourazowych. Na potrzeby niniejszej pracy autorzy opracowali pięciostopniową skalę oraz dodatkowy szósty stopień dla podbiegnięć krwawych torebek nerek (tab. I).

Aby umożliwić porównanie obserwacji poczynionych podczas badania sekcyjnego, które uznano za „złoty standard”, oraz badania PMCT, objawy stwierdzone w badaniu tomograficznym podzielono w zależności od stopnia ciężkości. W tym celu również posłużono się pięciostopniową skalą dla wątroby, śledziony i nerek oraz trzystopniową skalą dla trzustki (tab. II i III).

Dodatkowo zestawiono dane odnoszące się do obecności krwi w jamie brzusznej. W zależności od ilości wynaczynionej krwi dla sekcji zwłok przyjęto podział poniżej i powyżej 50 ml (tab. IV). Z kolei dla badania PMCT przyjęto dwa stopnie: brak lub obecność krwi (tab. V).

considered to be visualized as fluid clusters with shadowing in the range of 40–60 HU.

The autopsies took place on the same day as the tomographic examinations, within 6 hours from the CT scanning of the corpses. The classical autopsy technique was employed. First, the organs and the presence of blood in the abdominal cavity were evaluated *in situ*. Next, the liver and the pancreas were dissected *en bloc*, and the spleen and the kidneys were removed separately, following which the organs were inspected and incised transversely for further diagnostic procedures. Observations recorded during the autopsies were recognized as the gold standard against which other comparisons were made, and calculations of sensitivity, specificity, positive and negative predictive values and reliability (accuracy) of PMCT were performed.

Since the description of injuries in autopsy reports varied significantly, it was necessary to standardize and systematize the traumatic injuries identified in the subjects. For the purpose of this study, the authors developed a five-point scale, and an additional point on the scale (six) for renal capsule contusions (Table I).

In order to compare the autopsy findings (serving as the gold standard) and the results of the PMCT examination, the symptoms found by CT were divided based on their severity grade. A five-point scale was applied for the evaluation of the liver, spleen and kidneys, and a three-point scale was used for evaluating the pancreas (Tables II and III).

In addition, data describing the presence of blood in the abdominal cavity were compared. For the autopsy findings, a division based on the volume

Tabela I. Stopnie uszkodzenia narządów mięsistych jamy brzusznej stwierdzone w badaniu sekcyjnym
Table I. Grades of injury to the parenchymal organs of the abdominal cavity found on autopsy

Stopień/Grade	Uszkodzenie/Injury
0	Brak uszkodzeń/No injuries
I	Lekkie uszkodzenia – płytkie/pojedyncze pęknięcie/pęknięcia mięszu lub wnęki narządu Mild injuries – shallow lacerations/single laceration of the parenchyma or hilus
II	Uszkodzenia średniego stopnia – liczne/głębokie/rozległe pęknięcia Moderate injuries – multiple/deep/extensive lacerations
III	Ciężkie uszkodzenia – rozerwanie, rozkawałkowanie/wytrzewienie Severe injuries – rupture, fragmentation/eventration
IV	Brak narządu / Absence of organ
V*	Podbiegnięcia/wylewy krwawe torebek tłuszczowych / Contusions/blood effusions in the fatty capsules

*Jedynie dla nerek / Only for the kidneys

Tabela II. Stopnie uszkodzenia wątroby, śledziony i nerek widoczne w badaniu PMCT**Table II.** Grades of injury to the liver, spleen and kidneys seen on PMCT

Stopień/Grade	Uszkodzenie/Injury
0	Brak uszkodzenia / No injury
1	Lekkie uszkodzenia albo obecność jedynie objawów pośrednich (krew wokół i we wnętrzu narządu, nieregularne skupiska powietrza w mięszu i na powierzchni narządu) Mild lesions or the presence of only indirect manifestations (blood accumulation around the organ and in the hilus, irregular air clusters within the parenchyma and on the surface of the organ)
2	Uszkodzenia średniego stopnia (głębokie szczeliny, rozległe zmiany cieniowania mięszu, zaburzony obrys, cechy krwawienia do wnętrza narządu, ślady po zaopatrzeniu obrażeń – koagulacji) Moderate degree of injury (deep crevices, extensive changes in parenchymal shadowing, organ contour abnormalities, features of haemorrhage into the organ, signs of injury management – coagulation)
3	Ciężkie uszkodzenia (zniekształcenia, rozkawałkowanie, wbite kości, wytrzewienie) Severe injuries (deformations, fragmentation, embedded bone fragments, eventration)
4	Brak narządu / Absence of organ

Tabela III. Stopnie uszkodzenia trzustki widoczne w badaniu PMCT**Table III.** Grades of pancreatic injury seen on PMCT

Stopień/Grade	Uszkodzenie/Injury
0	Brak uszkodzenia / No injury
1	Obecny objaw pośredni / Presence of indirect manifestation
2	Obecne uszkodzenia / Presence of injury

Tabela IV. Krew w jamie brzusznej stwierdzona w badaniu sekcijnym**Table IV.** Blood in the abdominal cavity found by autopsy

Stopień/Grade	Krew/Blood
0	Brak/None
I	Niewielka ilość, większa lub równa 50 ml / Small volume, greater than or equal to 50 ml
II	Ilość większa niż 50 ml / Volume exceeding 50 ml

Tabela V. Krew w jamie brzusznej stwierdzona w badaniu PMCT**Table V.** Blood in the abdominal cavity found by PMCT

Stopień/Grade	Krew/Blood
0	Brak krwi / No blood
1	Obecność wynaczynionej krwi / Presence of extravasated blood

Zebrane dane poddano następującej analizie statystycznej:

- Obrażenia widoczne jednocześnie w badaniu PMCT i odnotowane podczas badania sekcyjnego traktowano jako prawdziwie pozytywne (TP).
- Obraz odpowiadający obrażeniom widocznym w badaniu PMCT, ale niepotwierdzony badaniem sekcijnym traktowano jako fałszywie pozytywny (FP).

of extravasated blood (below and above 50 ml) was adopted (Table IV). For the PMCT examination, two options were considered: presence or absence of blood (Table V).

The data thus collected was analyzed statistically as follows.

- The injuries which were both seen on PMCT and identified by autopsy were interpreted as true positive (TP).

- Brak odnotowanych obrażeń zarówno w badaniu PMCT, jak i podczas sekcji traktowano jako prawdziwie negatywne (TN).
- Brak jednoznacznych cech obrażeń widocznych w badaniu PMCT przy jednoczesnym ich stwierdzeniu w badaniu sekcyjnym klasyfikowano jako fałszywie negatywne (FN).

Zestawiając poszczególne przypadki w tabelach, obliczono następujące parametry dla zastosowania PMCT w ocenie poszczególnych narządów oraz obecności krwi w jamie brzusznej:

- czułość (Se) – jaki procent obrażeń danego narządu został prawidłowo zdiagnozowany przez PMCT,
- swoistość (Sp) – jaki procent obrażeń danego narządu został prawidłowo wykluczony przez PMCT,
- wartość predykcyjna dodatnia (PPV) – procent, w jakim rozpoznanie obrażeń narządu w PMCT będzie miało odzwierciedlenie w rzeczywistości,
- wartość predykcyjna ujemna (NPV) – procent, w jakim wykluczenie obrażeń w PMCT będzie miało odzwierciedlenie w rzeczywistości,
- wiarygodność (W) – procent przypadków z prawidłowo rozpoznaniem obrażeniem lub jego brakiem.

Na pierwszym etapie obliczeń wszystkich powyższych parametrów dokonano łącznie dla wszystkich stopni. W drugim etapie obliczenia wykonano dla lekkich obrażeń i łącznie dla średnich oraz ciężkich obrażeń. Stosunkowo niewielkie grupy przypadków wymusiły ograniczenie obliczeń statystycznych na tym etapie.

Wyniki

Badana populacja liczyła 457 przypadków. Z tego zbioru na podstawie danych zgromadzonych w protokołach sekcyjnych wyodrębniono 166 (36,3%) przypadków, w których rozpoznano obrażenia co najmniej jednego z narządów: wątroby, nerek, śledziony bądź trzustki. Z powodu stanu zwłok niepozwalającego na odnalezienie ww. narządów w badaniu tomograficznym wykluczono 4 przypadki. Następnie dokonano oceny badań CT pozostałych przypadków. Finalnie uzyskano populację 162 (30,7%) zmarłych poddanych badaniu sekcyjnemu i PMCT. Składała się ona w 77,8% z mężczyzn i 22,2% z kobiet w wieku od 5 do 87 lat. Średnia wieku wynosiła 45 lat.

- The findings consistent with injuries which were seen on PMCT but not confirmed by autopsy were regarded as false positive (FP).
- The absence of injuries demonstrated both by PMCT and autopsy was considered as true negative (TN).
- The absence of unambiguous features of injury demonstrated by PMCT, and the concurrent detection of injuries on autopsy, was classified as false negative (FN).

The individual cases were presented in a tabulated form, and the parameters describing the application of PMCT for the evaluation of different organs and the presence of blood in the abdominal cavity were determined, as listed below:

- sensitivity (Se) – proportion of injuries of a given organ correctly diagnosed by PMCT,
- specificity (Sp) – proportion of injuries of a given organ correctly excluded by PMCT,
- positive predictive value (PPV) – proportion of organ injuries diagnosed by PMCT which is reflected in reality,
- negative predictive value (NPV) – proportion of organ injuries excluded by PMCT which is reflected in reality,
- reliability (W) – proportion of cases with correctly diagnosed injury or lack of it.

In the first stage of calculations, all the parameters listed above were determined together for all severity grades. In the second stage, the calculations were performed for mild injuries, and collectively for moderate and severe injuries. Since the groups of cases were relatively small, the statistical calculations at this stage had to be reduced.

Results

The study population consisted of 457 cases. Out of this set, based on data included in applicable autopsy reports, a total of 166 (36.3%) cases with diagnosed injuries to at least one of the organs (liver, kidneys, spleen or pancreas) were selected. Four cases were excluded, as the condition of the corpses precluded the identification of the above-mentioned organs by tomographic examination. Next, the computed tomography findings in the remaining cases were evaluated. Ultimately, the study population of 162 (30.7%) cadavers subjected to autopsy and PMCT was obtained. The

Otrzymane wartości czułości (Se), swoistości (Sp), wartości predykcyjnej dodatniej (PPV), wartości predykcyjnej ujemnej (NPV) i wiarygodności (W) przedstawiono w tabeli VI.

Obrażenia wątroby zdiagnozowano w 77 (47,5%) badaniach PMCT oraz w 122 (75,3%) badaniach sekcyjnych. Obliczona czułość wynosiła 54,9%, swoistość 75%, wartość predykcyjna dodatnia 87%, wartość predykcyjna ujemna 35,3% i wiarygodność testu 59,9%.

Obrażenia śledziony zdiagnozowano w 51 (31,5%) badaniach PMCT oraz w 64 (39,5%) badaniach sekcyjnych. Obliczona czułość wynosiła 60,9%, swoistość 87,8%, wartość predykcyjna dodatnia 76,5%, wartość predykcyjna ujemna 77,5% i wiarygodność testu 77,2%.

Obrażenia nerek zdiagnozowano w 55 (33,9%) badaniach PMCT oraz w 67 (41,4%) badaniach sekcyjnych. Obliczona czułość wynosiła 62,7%, swoistość 86,3%, wartość predykcyjna dodatnia 76,3%, wartość predykcyjna ujemna 76,6% i wiarygodność testu 76,5%.

Obrażenia trzustki zdiagnozowano w 11 (6,8%) badaniach PMCT oraz w 7 (4,3%) badaniach sekcyjnych. Obliczona czułość wynosiła 71,4%, swoistość 96,1%, wartość predykcyjna dodatnia 45,4%, wartość predykcyjna ujemna 98,7% i wiarygodność testu 95,1%.

Krew w jamie brzusznej zdiagnozowano w 56 (34,6%) badaniach PMCT oraz w 107 (66%) ba-

population consisted of 77.8% of men and 22.2% of women aged between 5 and 87 years. The mean age was 45 years.

The determined values of sensitivity (Se), specificity (Sp), positive predictive value (PPV), negative predictive value (NPV), and reliability (R) are shown in Table VI.

Hepatic injuries were diagnosed in 77 (47.5%) PMCT examinations and in 122 (75.3%) autopsies. The calculated sensitivity was 54.9%, specificity 75%, positive predictive value 87%, negative predictive value 35.3%, and test reliability 59.9%.

Splenic injuries were diagnosed in 51 (31.5%) PMCT examinations and in 64 (39.5%) autopsies. The calculated sensitivity was 60.9%, specificity 87.8%, positive predictive value 76.5%, negative predictive value 77.5%, and test reliability 77.2%.

Renal injuries were diagnosed in 55 (33.9%) PMCT examinations and in 67 (41.4%) autopsies. The calculated sensitivity was 62.7%, specificity 86.3%, positive predictive value 76.3%, negative predictive value 76.6%, and test reliability 76.5%.

Pancreatic injuries were diagnosed in 11 (6.8%) PMCT examinations and in 7 (4.3%) autopsies. The calculated sensitivity was 71.4%, specificity 96.1%, positive predictive value 45.4%, negative predictive value 98.7%, and test reliability 95.1%.

Blood in the abdominal cavity was diagnosed in 56 (34.6%) PMCT examinations and in 107 (66%)

Tabela VI. Obliczenia statystyczne dla poszczególnych narządów jamy brzusznej oraz krwi wynaczynionej do jamy brzusznej ($n = 162$)

Table VI. Comparison of statistical calculations for individual abdominal organs and blood extravasated into the abdominal cavity ($n = 162$)

Obrażenia Injuries	PMCT	Sekcja Autopsy	TP	FP	FN	TN	Se	Sp	PPV	NPV	W
Wątroba Liver	77 (47.5%)	122 (75.3%)	67	10	55	30	54.9%	75%	87%	35.3%	59.9%
Śledziona Spleen	51 (31.5%)	64 (39.5%)	39	12	25	86	60.9%	87.8%	76.5%	77.5%	77.2%
Nerki Kidneys	55 (33.9%)	67 (41.4%)	42	13	25	82	62.7%	86.3%	76.3%	76.6%	76.5%
Trzustka Pancreas	11 (6.8%)	7 (4.3%)	5	6	2	149	71.4%	96.1%	45.4%	98.7%	95.1%
Krew Blood	56 (34.6%)	107 (66%)	49	7	58	48	45.8%	87.3%	87.5%	45.3%	59.9%

PMCT – pośmiertna tomografia komputerowa / post-mortem computed tomography, TP – obraz prawdziwie pozytywny / true positive finding, FP – obraz fałszywie pozytywny / false positive finding, FN – obraz fałszywie negatywny / false negative finding, TN – obraz prawdziwie negatywny / true negative finding, Se – czułość / sensitivity, Sp – swoistość / specificity, PPV – wartość predykcyjna dodatnia / positive predictive value, NPV – wartość predykcyjna ujemna / negative predictive value, W – wiarygodność / reliability

daniach sekcyjnych. Obliczona czułość wynosiła 45,8%, swoistość 87,3%, wartość predykcyjna dodatnia 87,5%, wartość predykcyjna ujemna 45,3% i wiarygodność testu 59,9%.

Następnie zestawiono ze sobą stopnie uszkodzenia narządów z badania sekcyjnego. Wyniki przedstawiono w tabelach VII–XI. Wiersze odnoszą się do badania PMCT, a kolumny do badania sekcyjnego.

Następnie obliczono wartości parametrów statystycznych dla poszczególnych stopni uszkodzenia narządów i obecności krwi w jamie brzusznej. Jako najistotniejsze z punktu widzenia sądowo-lekarskiego przyjęto stopnie 2 i 3 dla wątroby, śledziony oraz nerek (które ujęto łącznie) oraz stopień 2 dla trzustki. Poziomy te odnosiły się do średniego i ciężkiego stopnia uszkodzenia narządów mięsistych (poziomy II i III). Wynik przedstawiono w tabeli XII.

autopsies. The calculated sensitivity was 45.8%, specificity 87.3%, positive predictive value 87.5%, negative predictive value 45.3%, and test reliability 59.9%.

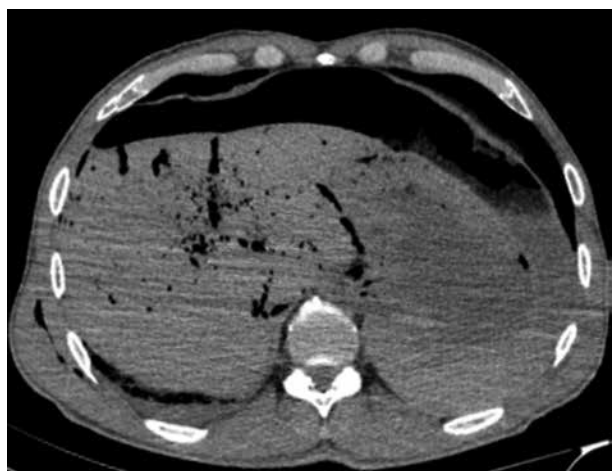
Next, the grades of organ injury determined by autopsy were compared. The results are listed in Tables VII–XI. The rows refer to the PMCT examinations, and the columns to the autopsy.

Next, the values of the statistical parameters were determined for different grades of organ injury and the presence of blood in the abdominal cavity. It was recognized that from the medicolegal perspective the greatest significance was ascribed to injury grades 2 and 3 for the liver, spleen and kidneys (taken together), and grade 2 for the pancreas, which represented moderate and severe injury of parenchymal organs (levels II and III). The results are listed in Table XII.

Tabela VII. Zestawienie stopni uszkodzenia narządów z badania sekcyjnego (kolumny) i PMCT (wiersze) dla wątroby ($n = 162$, w tym 4 przypadki braku narządu) (ryc. 1 i 2)

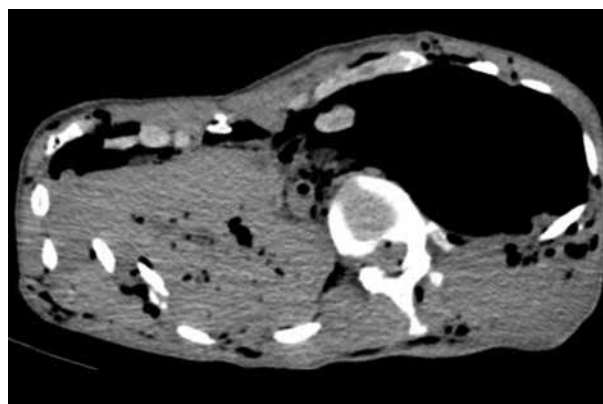
Table VII. Comparison of grades of organ injury identified by autopsy (columns) and PMCT (rows) for liver ($n = 162$ including 4 cases of organ absence) (Figs. 1 and 2)

	0	I	II	III
0	31 (19.1%)	40 (24.7%)	14 (8.6%)	0 (0%)
1	10 (6.1%)	7 (4.3%)	29 (17.9%)	6 (3.7%)
2	0 (0%)	3 (1.8%)	3 (1.8%)	5 (3.1%)
3	0 (0%)	0 (0%)	2 (1.2%)	7 (4.3%)



Ryc. 1. Głębokie szczeliny pęknięć wątroby. Rekonstrukcja 2D, przekrój poprzeczny

Fig. 1. Deep fissures consistent with liver lacerations. 2D reconstruction, cross-section



Ryc. 2. Śródmiąższowe rozerwania mięszu wątroby oraz żebra wbite w miąższ wątroby. Rekonstrukcja 2D, przekrój poprzeczny

Fig. 2. Intraparenchymal ruptures within the hepatic parenchyma, ribs driven into the hepatic parenchyma. 2D reconstruction, cross-section

Tabela VIII. Zestawienie stopni uszkodzenia narządów z badania sekcyjnego (kolumny) i PMCT (wiersze) dla śledziony ($n = 162$, w tym 14 przypadków braku narządu) (ryc. 3)

Table VIII. Comparison of grades of organ injury identified by autopsy (columns) and PMCT (rows) for spleen ($n = 162$ including 14 cases of organ absence) (Fig. 3)

	0	I	II	III
0	88 (54.3%)	12 (7.4%)	8 (4.9%)	3 (1.8%)
1	12 (7.4%)	6 (3.7%)	3 (1.8%)	2 (1.2%)
2	0 (0%)	2 (1.2%)	7 (4.3%)	1 (0.6%)
3	0 (0%)	0 (0%)	1 (0.6%)	3 (1.8%)



Ryc. 3. Krew w rejonie śledziony, zaburzająca obrys narządu. Rekonstrukcja MPR, przekrój poprzeczny

Fig. 3. Blood accumulation in the splenic region, blurring the organ's contour. MPR reconstruction, cross-section

Dyskusja

Powyższe wyniki pokazują, jak duża jest rozpiętość wartości poszczególnych parametrów opisujących wykonane testy.

W niniejszym badaniu uzyskiwane wartości czułości badania tomograficznego dla obrażeń poszczególnych narządów nie były zadowalające. Najwyższa wartość dla obrażeń trzustki (71,4%), a następnie

Discussion

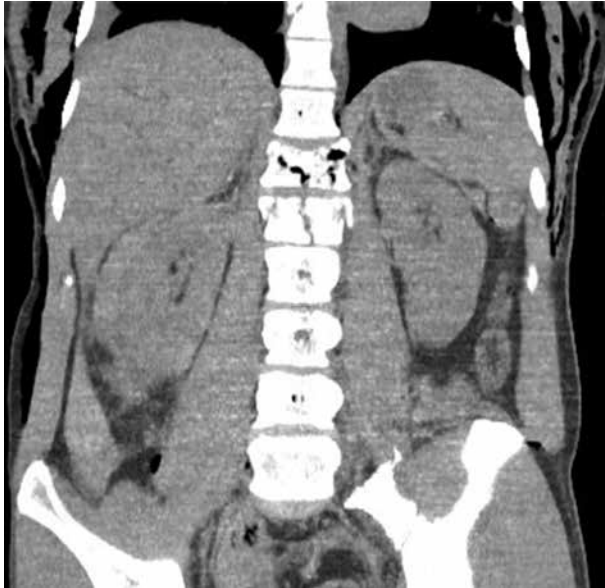
The above findings demonstrate that the values of different parameters describing the examinations span a wide range.

Sensitivity determined for the tomographic examination of injuries present in individual organs in this study was not satisfactory. The highest values obtained for injuries to the pancreas (71.4%), followed

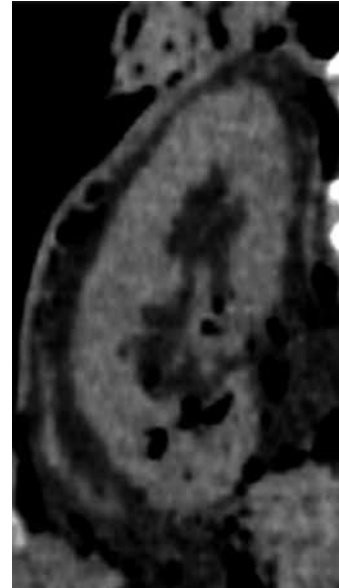
Tabela IX. Zestawienie stopni uszkodzenia narządów z badania sekcyjnego (kolumny) i PMCT (wiersze) dla nerki ($n = 162$, w tym 13 przypadków braku narządu) (ryc. 4 i 5)

Table IX. Comparison of grades of organ injury identified by autopsy (columns) and PMCT (rows) for kidney ($n = 162$ including 13 cases of organ absence) (Figs. 4 and 5)

	0	I + V	II	III
0	81 (50.0%)	19 (11.7%)	2 (1.2%)	3 (1.8%)
1	11 (6.8%)	25 (15.4%)	2 (1.2%)	2 (1.2%)
2	0 (0%)	3 (1.8%)	2 (1.2%)	0 (0%)
3	1 (0.6%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (1.2%)



Ryc. 4. Krew w rejonie prawej nerki zaburzająca obrys narządu. Rekonstrukcja MPR, przekrój czołowy
Fig. 4. Blood accumulation in the region of the right kidney, blurring the organ's contour. MPR reconstruction, frontal cross-section



Ryc. 5. Pęcherzyki gazu w mięszu nerki oraz zaburzenie obrysu dolnego bieguna narządu. Rekonstrukcja 2D, przekrój czołowy
Fig. 5. Gas bubbles in the renal parenchyma, abnormal contour of the inferior renal pole. 2D reconstruction, frontal cross-section

Tabela X. Zestawienie stopni uszkodzenia narządów z badania sekcyjnego (kolumny) i PMCT (wiersze) dla trzustki ($n = 162$, w tym 1 przypadek braku narządu)

Table X. Comparison of grades of organ injury identified by autopsy (columns) and PMCT (rows) for pancreas ($n = 162$ including 1 case of organ absence)

	0	I	II	III
0	149 (91.9%)	2 (1.2%)	0 (0%)	0 (0%)
1	5 (3.1%)	2 (1.2%)	0 (0%)	0 (0%)
2	1 (0.6%)	0 (0%)	2 (1.2%)	0 (0%)

Tabela XI. Obecność krwi w jamie brzusznej wykazana w badaniu sekcyjnym (kolumny) i PMCT (wiersze) ($n = 162$) (ryc. 6)

Table XI. Comparison of blood accumulation in the abdominal cavity determined by autopsy (columns) and PMCT (rows) ($n = 162$) (Fig. 6)

	0	I	II
0	49 (30.2%)	32 (19.8%)	27 (16.7%)
1	7 (4.3%)	12 (7.4%)	35 (21.6%)

nerkę (62,7%) i śledzionę (60,9%) nie są poziomami wystarczającymi, aby uznać PMCT za badanie przesiewowe w medycynie sądowej w zakresie obrażeń jamy brzusznej. Wiarygodność testu dla nerek i śledziony również kształtowała się na poziomie 75%, co daje zgodność z rzeczywistością prezentowaną w populacji rzędu 3/4. Wiarygodność testu dla ob-

by the kidneys (62.7%) and the spleen (60.9%) are not sufficient to recognize PMCT as a useful forensic screening test for abdominal injuries. The reliability of the PMCT examination for the kidneys and spleen was also at the level of 75%, which translates into consistency with the reality in 3/4 cases of the population. The reliability determined for the exam-



Ryc. 6. Krew w jamie brzusznej. Rekonstrukcja MPR, przekrój poprzeczny
Fig. 6. Blood accumulation in the abdominal cavity. MPR reconstruction, cross-section

Tabela XII. Zestawienie obliczeń statystycznych dla poszczególnych narządów jamy brzusznej oraz wynaczonej do jamy brzusznej krwi w zależności od stopni

Table XII. Comparison of statistical calculations for individual abdominal organs and blood extravasated into the abdominal cavity depending on injury grades

Obrażenia Injuries	PMCT	Sekcja Autopsy	TP	FP	FN	TN	Se	Sp	PPV	NPV	W
Wątroba, stopień 0 Liver, grade 0	85	41	31	44	10	62	75.6%	58.5%	41.3%	86.1%	63.3%
Wątroba, stopień 1 Liver, grade 1	52	50	7	45	43	62	14%	57.9%	13.5%	59.0%	43.9%
Wątroba, stopień 2 + 3 Liver, grades 2 + 3	20	66	17	3	49	88	25.8%	96.7%	85.0%	64.2%	66.9%
Śledziona, stopień 0 Spleen, grade 0	111	100	88	23	12	26	88.0%	53.1%	79.3%	68.4%	76.5%
Śledziona, stopień 1 Spleen, grade 1	24	20	6	18	14	111	30%	86.0%	25.0%	88.8%	78.5%
Śledziona, stopień 2 + 3 Spleen, grades 2 + 3	14	28	12	2	16	118	42.9%	98.3%	85.7%	88.1%	87.8%
Nerki, stopień 0 Kidney, grade 0	105	93	81	24	12	36	87.1%	60.0%	77.1%	75.0%	76.5%
Nerki, stopień 1 Kidney, grade 1	40	47	25	15	22	91	53.2%	85.8%	62.5%	80.5%	75.8%
Nerki, stopień 2 + 3 Kidneys, grades 2 + 3	7	13	4	3	9	126	30.8%	97.7%	57.1%	93.3%	91.5%
Trzustka, stopień 0 Pancreas, grade 0	151	155	149	2	6	4	96.1%	66.7%	98.7%	40.0%	95.0%
Trzustka, stopień 1 Pancreas, grade 1	7	4	2	5	2	150	50.0%	96.8%	28.6%	98.7%	95.6%
Trzustka, stopień 2 Pancreas, grade 2	3	2	2	1	0	158	100%	99.4%	66.7%	100%	99.4%
Krew, stopień 0 Blood, grade 0	108	56	49	59	7	47	87.5%	44.3%	45.4%	87.0%	59.3%
Krew, stopień 1/I Blood, grade 1/I	54	44	12	42	32	76	27.3%	64.4%	22.2%	70.4%	54.3%
Krew, stopień 2/II Blood, grade 2/II	54	62	35	19	27	81	56.5%	81.0%	64.8%	75.0%	71.6%

rażeń trzustki była natomiast bardzo zadowalająca (95,1%), należy jednak mieć na uwadze, przy tych i następnych rozważaniach, że w badanej próbie obrażenia trzustki były tak nieliczne, że wynik ten może być zafałszowany.

Uzyskane wartości czułości dla poszczególnych stopni obrażeń badanych narządów mięsaszowych pokazały jeszcze większą rozpiętość tego parametru. Na wstępie należy podkreślić, że w prezentowanym w tabeli XII zestawieniu stopień zerowy obrażeń poszczególnych narządów należy interpretować niejako odwrotnie do pozostałych: jego czułość i wartość predykcyjna dodatnia odnoszą się tak naprawdę do zdolności PMCT do wykluczenia danych obrażeń. Czułość dla stopni 1 i 2 + 3 poszczególnych narządów i obecności krwi w jamie brzusznej osiągnęła jedynie zadowalającą wartość dla stopnia 2 obrażeń trzustki – co, jak wspomniano wyżej, jest niediagnostyczne. Rozpiętość pozostałych wyników wahała się od 14% dla stopnia 1 obrażeń wątroby do 56,5% dla stopnia 1/II dla obecności krwi w jamie brzusznej.

Wyniki otrzymane dla swoistości zastosowania PMCT wyglądają już bardziej obiecująco. Ogólnie dla narządów najwyższą swoistość otrzymano dla obrażeń trzustki – 96,1%, następnie dla nerek, trzustki i obecności krwi w jamie brzusznej – na poziomie powyżej 85%, a najniższą dla obrażeń wątroby – 75%. W zestawieniu ich z wynikami wartości predykcyjnej ujemnej i wiarygodnością zadowalający poziom osiągnięto jedynie w przypadku wykluczania obrażeń trzustki (NPV 98,7%, W 95,1%), a graniczne poziomy dla obrażeń nerek i śledziony (niewiele powyżej 75%).

W analizie zestawienia przypadków dla poszczególnych stopni obrażeń (Tabela XII) zwraca uwagę wzrost parametrów dla rozpatrywanego poziomu 2 i 3 wątroby i śledziony. Wskazuje to, iż badanie PMCT jest bardziej przydatne do wykrywania cięższych obrażeń niż lekkich uszkodzeń tych narządów. Podobną tendencję można zaobserwować dla trzustki, ale, jak już wspomniano powyżej, z uwagi na niewielką liczbę przypadków wynik ten należy traktować z ostrożnością. Dla 2 i 3 stopnia obrażeń nerek wyniki nie są już tak jednoznaczne. Obserwowano również znaczny wzrost swoistości i wartości predykcyjnej ujemnej dla średnich i ciężkich obrażeń wszystkich narządów oprócz wątroby, co potencjalnie wskazuje na dużą zdolność PMCT do wykluczenia poważnych obrażeń narządów mięsaszowych

inaczej: ination of pancreatic injuries was very satisfactory (95.1%), however it should be noted, both here and in the subsequent analysis, that pancreatic injuries in the study sample were so rare that the result may be falsified.

The sensitivity values obtained for individual severity grades of injuries found in the parenchymal organs under study revealed an even greater spread of the parameter. Firstly, it should be emphasized that the organ injury grade 0 in the data listed in Table XII should be interpreted conversely to others: its sensitivity and positive prediction value in fact refer to the ability of PMCT to rule out a particular injury type. Sensitivity calculated for injury grades 1 and 2 + 3 in different organs and the presence of blood in the abdominal cavity achieved a satisfactory value only for grade 2 pancreatic injuries which, as pointed out above, is non-diagnostic. The spread of other results ranged from 14% for grade 1 liver injury to 56.5% for grade 1/II presence of blood in the abdominal cavity.

The results obtained for the specificity of PMCT application look more promising. For all organs considered, the highest specificity was noted for pancreatic injuries (96.1%), followed by renal and pancreatic injuries and the presence of blood in the abdominal cavity (over 85%). The lowest specificity was observed for hepatic injuries (75%). A comparison with the results of negative predictive value and reliability shows that a satisfactory level was achieved only for the exclusion of pancreatic injuries (NPV 98.7%, W 95.1%), and the results referring to renal and splenic injuries were borderline (slightly above 75%).

An analysis of cases exhibiting different injury grades (Table XII) shows that the parameters increase for the investigated grades 2 and 3 of hepatic and splenic injuries. This shows that PMCT is more useful at detecting more severe injuries than minor damage to these organs. A similar trend can be observed for pancreatic injuries, though as mentioned above, the result should be approached with caution on account of a small number of such cases. However, the results are not so unambiguous for renal injury grades 2 and 3. Also, a significant increase in specificity and negative predictive value was observed for moderate and severe injuries of all organs except the liver, which potentially indicates that PMCT has a high ability to exclude severe pa-

z dużym prawdopodobieństwem potwierdzenia tegoż wykluczenia zarówno w badaniu sekcyjnym, jak i w szerszej populacji. Istotna różnica ujawniła się dla analizy przypadków z krwią w jamie brzusznej. Dla zestawienia obecności krwi w jamie brzusznej w badaniach PMCT z ilością krwi powyżej 50 ml stwierdzoną w sekcji zwłok stwierdza się wyraźny wzrost parametrów statystycznych w odniesieniu do przypadków z niewielką ilością krwi.

W publikacjach poruszających podobną problematykę można wskazać dwa badania pokrywające się tematycznie [7, 8] oraz dwa kolejne traktujące wyłącznie o obrażeniach wątroby i śledziony [9, 10]. We wszystkich uzyskano rozbieżne wyniki.

W pierwszym z nich [7], przeprowadzonym na populacji liczącej 71 zmarłych z przyczyn urazowych, uzyskane parametry kształtowały się następująco (czułość, swoistość, PPV, NPV, dokładność):

- obrażenia jamy brzusznej: 79,6%, 94,1%, 97,7%, 59,3%, 83,1%;
- obrażenia wątroby: 71,1%, 96,2%, 97%, 65,8%, 80,3%;
- obrażenia śledziony: 68,8%, 76,9%, 71%, 75%, 73,2%;
- obrażenia trzustki: 11,8%, 98,2%, 66,7%, 77,9%, 77,5%;
- obrażenia nerek (prawej i lewej): 37,5% i 47,6%, 95,7% i 90%, 81,8% i 66,7%, 75% i 80,4%, 76,1% i 77,5%;
- krew w jamie otrzewnej: 62,5%, 100%, 100%, 76,5%, 83,1%.

Końcowym wnioskiem tego badania było, że otrzymane wyniki nie popierają użycia PMCT jako pełnoprawnej alternatywy dla badania sekcyjnego, może być ono jednak pomocnym narzędziem pozwalającym na wykrycie krwi w jamie otrzewnej i wykluczenie obecności krwiaków okołowątrobowych.

Następne badanie 34 ofiar wypadków samochodowych i upadków z wysokości [8] określało czułość i swoistość dla poszczególnych obrażeń jamy brzusznej w badaniu zarówno tomografii komputerowej, jak i rezonansu magnetycznego. Uzyskano następujące wartości czułości i swoistości dla obrażeń poszczególnych narządów: wątroba 53% i 84%, śledziona 33% i 93%, nerki 25% i 100%, trzustka 0% i 97%, krwotok zaotrzewnowy 40% i 62%, krwawienie do krezki 67% i 58%. We wnioskowaniu położono nacisk na zdolność badań obrazowych do wykrywania złamań kości oraz na większych możliwościach dia-

renchymal organ injuries – with a high likelihood of the exclusion being confirmed both by autopsy and in the wider population. A significant difference became evident in the analysis of cases involving blood accumulation in the abdominal cavity. A comparison of the presence of blood in the abdominal cavity determined by PMCT and the volume of blood exceeding 50 ml found on autopsy shows a clear increase in statistical parameters with respect to cases involving small blood volumes.

Publications addressing similar topics include two thematically overlapping studies [7, 8] and another two studies concerned only with liver and spleen injuries [9, 10]. In all of them, however, divergent results were obtained in the study samples.

In one of the studies [7], conducted on a population of 71 deceased persons who died of traumatic causes, the parameters obtained by the authors were as follows (sensitivity, specificity, PPV, NPV, and accuracy, respectively):

- abdominal injuries: 79.6%, 94.1%, 97.7%, 59.3%, 83.1%;
- hepatic injuries: 71.1%, 96.2%, 97%, 65.8%, 80.3%;
- splenic injuries: 68.8%, 76.9%, 71%, 75%, 73.2%;
- pancreatic injuries: 11.8%, 98.2%, 66.7%, 77.9%, 77.5%;
- renal injuries (right and left kidneys): 37.5% and 47.6%, 95.7% and 90%, 81.8% and 66.7%, 75% and 80.4%, 76.1% and 77.5%;
- blood in the peritoneal cavity: 62.5%, 100%, 100%, 76.5%, 83.1%.

The final conclusion of the study was that the findings did not support the application of PMCT as a full-fledged alternative to autopsy, but PMCT could be a helpful modality for detecting blood in the peritoneal cavity and excluding the presence of perihepatic haematomas.

The next study, comprising 34 victims of car accidents and falls from a height [8], determined the sensitivity and specificity of different abdominal injuries both by computed tomography and magnetic resonance imaging. The following sensitivity and specificity values were obtained for injuries identified in different organs under study: liver 53% and 84%, spleen 33% and 93%, kidneys 25% and 100%, pancreas 0% and 97%, retroperitoneal haemorrhage 40% and 62%, mesenteric bleeding 67% and 58%. The conclusions focused primarily on the ability of

agnostycznych, jakie dają badania z wykorzystaniem kontrastu wewnątrznaczyniowego.

W trzecim badaniu dotyczącym obrażeń wątroby i śledziony u 61 ofiar wypadków samochodowych [9] zanotowano dokładność oceny tych obrażeń na poziomie 79% oraz interesujące nas parametry kolejno dla wątroby i śledziony: 71%, 82%, 68%, 85% i 73%, 80%, 55%, 90%. Wysznuo wniosek, że powyższe poziomy czułości przy takiej dokładności nie są wystarczające, aby wykorzystywać tomografię komputerową jako jedyne badanie wykonane w celu znalezienia tych obrażeń.

Ostatnie z analizowanych badań przeprowadzone zostało na populacji 113 osób zmarłych z przyczyn urazowych [10]. W 78 przypadkach wykonano skan klatki piersiowej, jamy brzusznej lub miednicy. Dla sprawdzanych m.in. obrażeń wątroby i śledziony uzyskano następujące wartości czułości, swoistości, PPV i NPV: 75%, 90,3%, 50%, 96,6% oraz 50%, 86,2%, 42,9%, 89,3%. Niestety nie przedstawiono dokładności (wiarygodności) tych testów. Ogólne wnioski płynące z badania podkreślały wielorakie niedociągnięcia PMCT jako jedynego potencjalnego badania wykonywanego *post mortem*.

Jak można zauważyć na podstawie przedstawionej analizy, istnieją bardzo duże różnice w otrzymywanych poszczególnych wartościach czułości, swoistości, wartości predykcyjnej dodatniej i ujemnej oraz wiarygodności PMCT jako testu przesiewowego do wykrywania obrażeń narządów mięszzowych jamy brzusznej. Jedynie dla obrażeń śledziony można wskazać zbliżone wartości parametrów statystycznych. Zwraca również uwagę pewna tendencja uzyskana zarówno w niniejszym badaniu, jak i w trzech pozostałych [8–10]: otrzymywane wartości swoistości i wartości predykcyjnej ujemnej dla obrażeń poszczególnych narządów są wyraźnie wyższe niż czułość i PPV. Wskazuje to na zauważalną kilkukrotnie zwiększoną zdolność PMCT do wykluczania obecności obrażeń narządów mięszzowych.

Ponadto ze względu na niewielką liczbę przeprowadzonych badań oraz różnoraki dobór ich metodyki nie jest możliwe jednoznaczne wytłumaczenie przyczyny tak dużej różnorodności wyników. Można jedynie przypuszczać, że częściowy wpływ na to mogły mieć wielkość badanej populacji, doświadczenie specjalistów oceniających badania PMCT oraz występowanie artefaktów związanych np. z ułożeniem zwłok.

imaging examinations to detect bone fractures and on the greater diagnostic capabilities associated with intravascular contrast examinations.

In the third study, investigating liver and spleen injuries in 61 car accident victims [9], the accuracy of injury evaluation reached 79%, while relevant parameters determined for the liver and spleen were 71%, 82%, 68%, 85% and 73%, 80%, 55%, 90%, respectively. It was thus concluded that the above levels of sensitivity at such accuracy were not sufficient to justify the application of computed tomography as the sole examination performed to identify such injuries.

The last of the studies considered was carried out on a population of 113 people who died of traumatic causes [10]. In a total of 78 cases, scans of the thorax, abdominal cavity or pelvis were obtained. The following sensitivity, specificity, PPV and NPV values were determined in the examinations including liver and spleen injuries: 75%, 90.3%, 50%, 96.6% and 50%, 86.2%, 42.9%, 89.3%. Unfortunately, the accuracy (reliability) of the tests was not specified. However, the general conclusion of the study was that PMCT as the potential sole post-mortem examination exhibited a number of shortcomings.

As can be seen from the analysis presented above, very significant differences are noted in the individual values of sensitivity, specificity, positive and negative predictive value, and reliability of PMCT as a screening test for detecting abdominal parenchymal organ injuries. Similar values of statistical parameters can only be observed for splenic injuries. Also, a certain tendency noted both in this study and in the three prior studies [8–10] should be highlighted. The values of specificity and negative predictive value obtained for individual organ injuries are markedly higher than sensitivity and PPV. This indicates an observable several-fold higher ability of PMCT to exclude the presence of parenchymal organ injuries.

Also, in view of the small number of studies carried out and their diverse methodologies, it is not possible to unambiguously account for the observed high variability of results. It can only be hypothesized that the variability might be partially due to the size of the study population and the experience of specialists evaluating PMCT findings, as well as the presence of artefacts related to factors such as the position of the corpse.

Im większa badana populacja, tym otrzymane wyniki mają większą istotność statystyczną. Niniejsze badanie obejmowało największą z dotychczasowych prób, jednakże wskazane byłoby przeprowadzenie badań na jeszcze większych populacjach, w szczególności ze względu na uzyskane niskie wartości wiarygodności w części wyników. Znaczącym czynnikiem jest występowanie artefaktów w badaniu PMCT wynikających z ułożenia zwłok: zaburzeń cieniowania obrazu z powodu sąsiedztwa kości kończyn górnych. Takie zaburzenia odbijają się głównie na ocenie stanu mięszzu wątroby i śledziony. W niniejszym badaniu starano się niwelować rzeczone artefakty, modyfikując obraz tomograficzny co do jego kontrastu, redukując szumy oraz oceniając obraz w trzech płaszczyznach. W celu lepszej wizualizacji narządów jamy brzusznej zdecydowanie należy zalecić ułożenie zwłok do badania z kończynami górnymi uniesionymi ponad poziom stawów barkowych.

Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzone badanie oceny przydatności PMCT w wykrywaniu obrazów narządów mięszzowych jamy brzusznej oraz obecności krwi w jamie brzusznej nie dało zadowalających rezultatów w zakresie wykorzystania badania PMCT jako narzędzia diagnostycznego porównywalnego z sekcją zwłok w praktyce medyczno-sądowej.

Można wskazać, że badanie PMCT w większym stopniu pozwala na wykazanie braku uszkodzenia narządu lub braku obecności krwi niż na wykrycie obecności patologicznych zmian pourazowych. Jednocześnie jednak należy podkreślić, iż w zakresie poważniejszych obrazów narządów mięszzowych jamy brzusznej i większej ilości wynaczynionej krwi skuteczność badania PMCT znacząco wzrasta. Może to potencjalnie wskazywać rolę techniki PMCT jako pierwszego w kolejności badania przesiewowego w zakresie obrazów narządów jamy brzusznej, poprzedzającego badanie sekcyjne, pozwalającego na wstępne ukierunkowanie i dostosowanie techniki sekcyjnej do rozległości stwierdzanych obrazów lub ich braku.

Autorzy deklarują brak konfliktu interesów.

The larger the population studied, the higher the statistical significance of study results. The present study had the largest population of all studies so far, however, it would be advisable to investigate still larger populations, especially in view of the fact that the reliability of some of the results was low. An important factor to consider is the occurrence of artefacts in the PMCT examination resulting from the arrangement of the cadavers: poor image shadowing due to the vicinity of upper limb bones. Such disruptions have an impact primarily on the evaluation of the condition of hepatic and splenic parenchyma. In the present study, efforts were made to lessen the impact of such artefacts by modifying the tomographic image as to its contrast, reducing noise and evaluating the image in three dimensions. In order to better visualize the organs of the abdominal cavity, it is highly preferable to position the cadaver for the examination with the upper limbs raised above the shoulder joint level.

Summary and conclusions

The study performed to evaluate the usefulness of PMCT in the detection of abdominal parenchymal organ injuries and the presence of blood in the abdominal cavity failed to produce satisfactory results that would justify PMCT applications in medico-legal practice as a diagnostic tool comparable to autopsy.

It can be indicated that PMCT is more effective at demonstrating the lack of organ injury or the absence of blood than at detecting the presence of pathological post-traumatic lesions. At the same time, however, it should be stressed that the efficacy of PMCT increases significantly in the examinations of more severe injuries to parenchymal organs of the abdominal cavity, and greater volumes of extravasated blood. This observation may point to the potential role of PMCT as the first screening test for abdominal organ injuries, preceding the post-mortem examination and facilitating the initial orientation and adjustment of the autopsy technique to the extent of detected injuries or their absence.

The authors declare no conflict of interest.

Piśmiennictwo**References**

1. Grabherr S, Egger C, Vilarino R, Campana L, Jotterand M, Dedouit F. Modern post-mortem imaging: an update on recent developments. *Forensic Sci Res* 2017; 2: 52-64.
2. Scholing M, Saltzherr TP, Fung Kon Jin PHP, Ponsen KJ, Reitsma JB, Lameris JS, Goslings JC. The value of postmortem computed tomography as an alternative for autopsy in trauma victims: a systematic review. *Eur Radiol* 2009; 19: 2333-2341.
3. Thali MJ, Yen K, Schweitzer W. Virtopsy, a new imaging horizon in forensic pathology: virtual autopsy by postmortem multislice computed tomography (MSCCT) and magnetic resonance imaging (MRI) – a feasibility study. *J Forensic Sci* 2003; 48: 386-403.
4. Roberts IS, Benamore RE, Benbow EW, Lee SH, Harris JN, Jackson A, Mallett S, Patankar T, Peebles C, Roobottom C, Traill ZC. Post-mortem imaging as an alternative to autopsy in the diagnosis of adult deaths: a validation study. *Lancet* 2012; 379: 136-142.
5. Poulsen K, Simonsen J. Computed tomography as a routine connection with medico-legal autopsies. *Forensic Sci Int* 2007; 171: 190-197.
6. Weustink AC, Hunink MGM, van Dijke CF, Renken NS, Krestin GP, Oosterhuis JW. Minimally invasive autopsy: an alternative to conventional autopsy? *Radiology* 2009; 50: 897-904.
7. Carballeira Alvarez A, Mancini J, Tuchtan-Torrents L, Gach P, Bartoli C, Desfeux J, Piercecchi MD, Gorincour G. Diagnostic value of unenhanced postmortem computed tomography in the detection of traumatic abdominal injuries. *Diagn Interv Imaging* 2018; 99: 397-402.
8. 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.
9. 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.
10. Monila DK, Nicholas JJ, Dimairo VJ. The sensitivity of CT scans in detecting trauma: are CT scans reliable enough for courtroom testimony? *J Trauma* 2007; 63: 625-629.

Adres do korespondencji

Ewa Juźwik
Katedra i Zakład Medycyny Sądowej
Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego
ul. Grzegórzecka 16
31-531 Krakow, Polska
e-mail: ewa.juzwik@op.pl

Nadesłano: 3.02.2019**Zaakceptowano:** 21.02.2019**Address for correspondence**

Ewa Juźwik
Chair and Department of Forensic Medicine
Jagiellonian University Medical College
16 Grzegórzecka St.
31-531 Krakow, Poland
e-mail: ewa.juzwik@op.pl

Submitted: 3.02.2019**Accepted:** 21.02.2019