



Opis przypadku
Case report

Sara Sabatasso¹, Francesco Doenz², Alain Bass³, Katarzyna Michaud¹, Patrice Mangin¹, Silke Grabherr¹

Wielofazowa pośmiertna angiografia TK w badaniu patologii naczyniowych i zmian w anatomii naczyniowej – szczególny przypadek „patchworku naczyniowego”

Application of multi-phase postmortem CT-angiography in the investigation of vascular pathology and modified vascular anatomy – a special case of “vascular patchwork”

¹University Center of Legal Medicine, Lausanne–Geneva, Switzerland

²CHUV, Service de radiodiagnostic et radiologie interventionnelle, Lausanne, Switzerland

³Haute Ecole de Santé Vaud, Lausanne, Switzerland

Streszczenie

Wielofazowa pośmiertna angiografia TK (MPMCTA) jest badaniem rutynowo wykorzystywanym w Uniwersyteckim Centrum Medycyny Sądowej w Lozannie-Genewie przy analizie przypadków zgonów urazowych i naturalnych. W pracy opisano przypadek pacjenta z zespołem Leriche’a oraz licznymi interwencjami sercowo-naczyniowymi w wywiadzie, obejmującymi m.in. wszczepienie pomostu pachowo-dwuudowego. Wykorzystując stosunkowo nową technikę MPMCTA, w ciele pacjenta uwidoczniło się liczne zmiany sercowo-naczyniowe i stwierdzono, że nie mają one związku z przyczyną zgonu. Opisany przypadek wykazał przydatność MPMCTA przy badaniu pośmiertnym osób z podejrzewanymi patologicznymi zmianami naczyniowymi, jak również przewagę MPMCTA nad konwencjonalną sekcją zwłok przy analizie zmian w anatomii naczyniowej. Był to pierwszy przypadek wykonania MPMCTA z iniekcją roztworu środka kontrastowego do protezy naczyniowej.

Słowa kluczowe: obrazowanie w praktyce sądowo-lekarskiej, angiografia pośmiertna, zespół Leriche’a, proteza naczyniowa.

Abstract

Multi-phase postmortem CT-angiography (MPMCTA) is used routinely for investigating cases of traumatic and natural death at the University Centre of Legal Medicine, Lausanne–Geneva. Here, we report the case of a patient affected by Leriche syndrome, with a history of numerous cardiovascular interventions, including an axillobifemoral bypass. The multiple cardiovascular changes presented by the patient were visualised by this relatively new technique and they were shown not to be related to the cause of death. This case demonstrated the utility of MPMCTA for investigating bodies with suspected vascular pathologies. Moreover, it revealed the advantages of MPMCTA over conventional autopsy to investigate a modified vascular anatomy. This was the first case in which MPMCTA was performed by injecting a contrast-agent mixture into a vascular prosthesis.

Key words: forensic imaging, postmortem angiography, Leriche syndrome, vascular prosthesis.

Wstęp

Pośmiertne badania angiograficzne zaczęto wykonywać już kilka lat po odkryciu promieniowania rentgenowskiego [1, 2]. W pierwszej połowie XX wieku badania angiograficzne przeprowadzano przy wykorzystaniu różnych środków kontrastowych i technik iniekcyjnych w celu wizualizacji zmian patologicznych w obrębie układu naczyniowego [2, 3]. Wysokiej jakości obraz radiologiczny całego układu naczyniowego można uzyskać, stosując metodę dwufazowej angiografii pośmiertnej przy użyciu oleju parafinowego i zmodyfikowanego płucoserca. Skanowanie wykonywane jest w trakcie działania płucoserca [4]. Na bazie tej metody opracowano ostatnio technikę wielofazowej pośmiertnej angiografii TK (MPMCTA) [1]. Jest to ustandaryzowana technika badania układu naczyniowego głowy, klatki piersiowej i jamy brzusznej u dorosłych zmarłych. Procedura badawcza obejmuje pojedyncze natywne badanie TK, a następnie obrazowanie w trzech fazach angiograficznych (tętnicznej, żylniej i dynamicznej). Dostęp do układu naczyniowego uzyskano poprzez naczynia udowe z jednej strony ciała zmarłego. W Uniwersyteckim Centrum Medycyny Sądowej w Lozannie badanie MPMCTA wykonuje się przed sekcją zawsze, gdy podejrzewana jest obecność zmian lub patologii naczyniowych. Uzyskane w ten sposób obrazy porównuje się z wynikami badania autopsyjnego i histologicznego.

W niniejszej pracy opisano przypadek nagłego zgonu mężczyzny z licznymi patologicznymi zmianami naczyniowymi i interwencjami sercowo-naczyniowymi w wywiadzie, obejmującymi m.in. wszczepienie pomostu pachowo-dwuudowego. Ze względu na całkowitą niedrożność tętnic udowych fazę tętniczną MPMCTA wykonano, wykorzystując alternatywne miejsce kaniulacji (pomost pachowo-dwuudowy zamiast tętnicy udowej). W analizowanym przypadku wykazano przydatność MPMCTA w badaniach pośmiertnych osób z podejrzewanymi patologicznymi zmianami naczyniowymi. Potwierdzono przewagę MPMCTA nad konwencjonalną sekcją zwłok w analizie chirurgicznie zmienionej anatomii naczyniowej. Należy zaznaczyć, że jest to pierwszy przypadek wykonania MPMCTA z iniekcją roztworu środka kontrastowego do protezy naczyniowej.

Opis przypadku

Ciało 71-letniego mężczyzny zostało ujawnione w miejscu zamieszkania. U zmarłego stwierdzo-

Introduction

Postmortem angiography dates back to the very early years following the discovery of X-rays [1, 2]. In the first half of the twentieth century, a number of angiographic studies were performed, using a variety of contrast agents and injection techniques, to visualise pathologies within the vascular system [2, 3]. It is possible to achieve high-quality radiological visualisation of the entire vascular system with a two-step postmortem angiographic technique, using paraffin oil, a modified heart-lung machine, and scanning while the heart-lung machine is running [4]. Based on this technique, multi-phase postmortem CT-angiography (MPMCTA) was recently developed [1]. This standardised technique to investigate the vascular system of the head, thorax, and abdomen of an adult human body involves one native CT scan and three angiographic phases (arterial, venous, and dynamic). Femoral vessels on one side of the corpse are used to access the vascular system. At the University Centre of Legal Medicine in Lausanne, Switzerland MPMCTA is performed before autopsy, for each routine case in which there is a suspicion of vascular lesions or pathologies. The obtained images are then correlated with the autopsy and histology findings.

We report a case of sudden death of a man presenting with multiple vascular pathologies and a history of numerous cardiovascular interventions, including an axillobifemoral bypass. Due to complete occlusion of the femoral arteries, the arterial phase of the MPMCTA was carried out by switching the cannulation site from the femoral artery to the axillobifemoral bypass. This case demonstrated the utility of MPMCTA for investigating bodies with suspected vascular pathologies and showed its advantages over conventional autopsy to investigate a surgically-modified vascular anatomy. Moreover, this is the first case in which MPMCTA was performed by injecting a contrast-agent mixture into a vascular prosthesis.

Case presentation

The body of a 71-year-old man was found at his home. The deceased had a long medical his-

no wieloletni wywiad chorobowy obejmujący m.in. niepełnosprawność poznawczą, ciężkie patologiczne zmiany w układzie naczyniowym oraz liczne interwencje chirurgiczne (podwójny pomost wieńcowy, wszczepienie stentu do lewej tętnicy podobojczykowej oraz pomost pachowo-dwuudowy).

Natywne badanie TK: Przed podjęciem innych czynności w obrębie zwłok wykonano natywne badanie TK przy wykorzystaniu 8-rzędowego tomografu komputerowego (CT LightSpeed 8, GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA) o następujących parametrach: szerokość pola widzenia (FOV): 50 cm; grubość warstwy: 2,5 mm; interwał rekonstrukcji: 1–2 mm; 120 kVp; 280 mA, 300 mA; wskaźnik szumu: 15. Obrazy uzyskane w fazie natywnej TK zostały przeanalizowane przez medyka sądowego z doświadczeniem w dziedzinie pośmiertnych badań obrazowych. Obrazy uwidocznily rozległe, rozlane obszary objęte zwyrodnieniową chorobą stawów, pomost pachowo-dwuudowy, dawną sternotomię, stent wszczepiony do lewej tętnicy podobojczykowej, rozległe zwapnienia w obrębie tętnic (także w rozwidleniach tętnicy szyjnej i w tętnicach wieńcowych), rozedmę płuc oraz guzek podopłucnowy w płacie dolnym płuca prawego. Ponadto stwierdzono pęknięcia żeber (obustronnie) i kości nosowych oraz krwiaki podczepcowe lewej okolicy czołowo-ciemieniowej.

Ogledziny zewnętrzne: Stwierdzono obecność stłuczeń o różnym czasie powstania w obrębie twarzy, górnej kończyny lewej oraz kończyn dolnych. Odnotowano rany tłuczone na skórze głowy i twarzy, które stanowiły przesłanki do podejrzeń, że zmarły mógł doznać tępego urazu głowy. Aby określić, czy powyższe obrażenia mogły się przyczynić do zgonu, i ustalić ewentualny udział strony trzeciej, prokurator odpowiedzialny za sprawę zarządził wykonanie sądowo-lekarskiej sekcji zwłok.

Pobranie próbek do badań pośmiertnych: Technik sekcyjny pobrał próbki płynu z gałki ocznej oraz płynu mózgowo-rdzeniowego w celu wykonania analiz toksykologicznych i biochemicznych. Odpowiednio przeszkolony technik elektroradiolog pobrał pod kontrolą TK próbki krwi z serca oraz moczu zgodnie z wcześniej opisaną procedurą [5]. Podczas kaniulacji technik pobrał też próbki mięśnia szkieletowego i krwi obwodowej [5]. W trakcie badania autopsyjnego zabezpieczono ponadto próbki treści żołądkowej i moczu oraz wycinki wątroby i mózgowia.

MPMCTA: Zgodnie z protokołem opisanym w pracy Grabherr i wsp. [1], przeprowadzono jednostronną

tory, including a cognitive disability and severe cardiovascular pathologies, with numerous surgical interventions (a double coronary bypass, a left subclavian stent, and an axillobifemoral bypass) and chronic alcoholism.

Native CT scan: Prior to any manipulation of the corpse, a native CT scan was performed using a 8-row CT unit (CT LightSpeed 8, GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA) with the following parameters: field of view (FOV): 50 cm; slice thickness: 2.5 mm; interval of reconstruction: 1 mm – 2 mm; 120 kVp; 280 mA, 300 mA; noise index: 15. The images of the native CT were directly viewed by a forensic pathologist, experienced in forensic imaging. The images revealed massive and diffuse arthrosis, an axillobifemoral bypass, an old sternotomy, a stent in the left subclavian artery, extended arterial calcifications (including carotid bifurcations and coronary arteries), lung emphysema, and a subpleural nodule of the inferior lobe of the right lung. Moreover, there were fractures of the ribs (bilateral) and nasal bones and subgaleal frontoparietal haematomas of the left side.

External examination: Bruises of various ages on the face, left upper limb, and lower limbs were observed. Moreover, there were contusion wounds of the scalp and face, leading to a suspicion of applied blunt trauma to the head. To establish the role of these wounds in death and to investigate an eventual intervention of a third person, the prosecutor in charge of the case demanded a medico-legal autopsy.

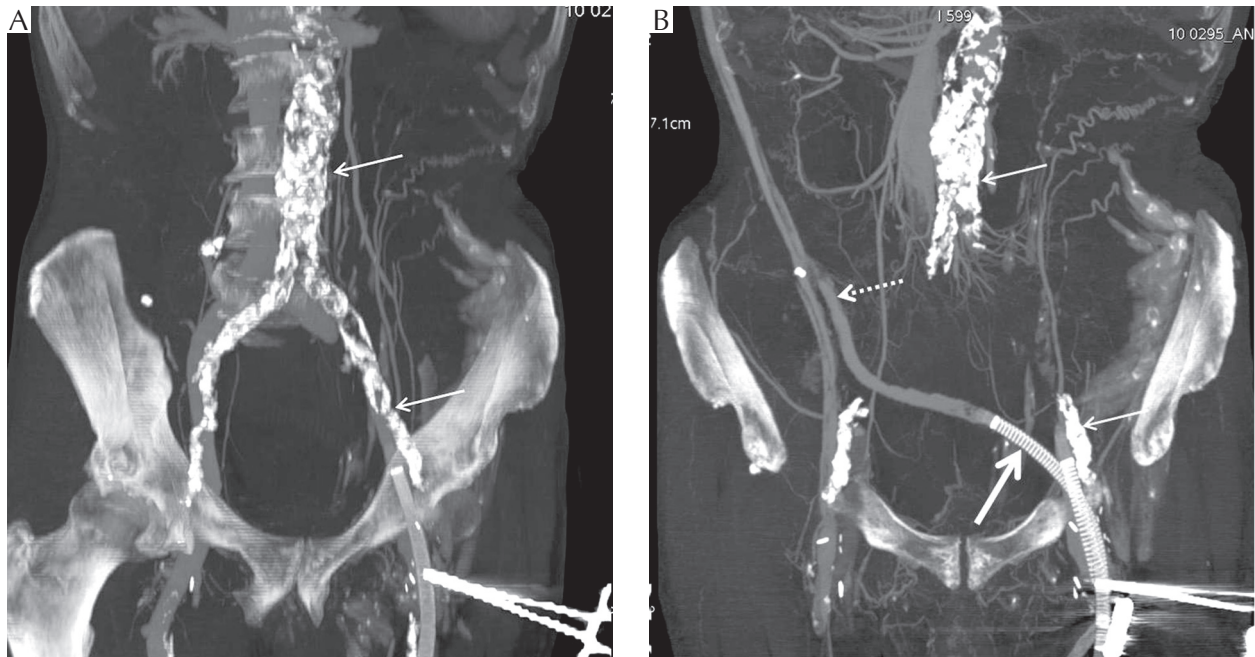
Collection of postmortem samples: A mortuary technician sampled the vitreous humour and cerebrospinal fluid to perform toxicological and biochemical analyses. Cardiac blood and urine were extracted under CT guidance by a trained forensic radiographer, as previously described [5]. During the cannulation process, the radiographer also took samples of skeletal muscle and peripheral blood [5]. During autopsy, the gastric contents, urine, and fragments of the liver and cerebral cortex were collected.

MPMCTA: According to the protocol described by Grabherr *et al.* [1], cannulation of the femoral vessels was performed on one side using cannulas with a diameter of 16-French for arteries and 18-French for veins (MAQUET GmbH & Co. KG, Rastatt, Germany). A pressure-controlled perfusion

kaniulację naczyń udowych przy użyciu kaniul w rozmiarze 16 w skali francuskiej (do kaniulacji tętniczej) i w rozmiarze 18 w skali francuskiej (do kaniulacji żyłnej) (MAQUET GmbH & Co. KG, Rastatt, Niemcy). Do iniekcji jodowego środka kontrastowego (6% Angiofil®, Fumedica AG, Szwajcaria) z olejem parafinowym (paraffinum liquidum, zakupiony w miejscowej aptece) użyto aparatu do perfuzji wyposażonego w czujniki ciśnienia (Virtangio®, Fumedica AG, Szwajcaria). Fazę tętniczą MPMCTA przeprowadzono przy następujących parametrach skanowania: wielkość pola widzenia (FOV): 50 cm; interwał rekonstrukcji: 1,25 mm; interwał rekonstrukcji: 0,6 mm; 120 kVp; 280 mA. W fazie żyłnej i dynamicznej parametry miały następujące wartości: wielkość pola widzenia (FOV): 50 cm; grubość warstwy rekonstrukcji: 2,5 mm; interwał rekonstrukcji: 1,2 mm; 120 kVp; 280 mA.

device (Virtangio®, Fumedica AG, Switzerland) was used to inject a mixture of iodated contrast agent (6% of Angiofil®, Fumedica AG, Switzerland) with paraffin oil (paraffinum liquidum, obtained from the local pharmacy). The arterial phase of MPMCTA was performed using the following scan parameters: FOV: 50 cm; reconstructed slice thickness: 1.25 mm; reconstruction interval: 0.6 mm; 120 kVp; 280 mA. For the venous and dynamic phases, scan parameters were: FOV: 50 cm; reconstructed slice thickness: 2.5 mm; reconstruction interval: 1.2 mm; 120 kVp; 280 mA.

The arterial phase of MPMCTA was characterised by a total lack of opacification of the system, due to severe vascular occlusions (Fig. 1A). There was increasing pressure on the injection site; therefore, the security system of the perfusion de-



Ryc. 1. Obrazy faz tętniczych MPMCTA uzyskane w projekcji maksymalnej intensywności (MIP) w płaszczyźnie czołowej. Widoczny całkowity brak zakontrastowania tętnic po pierwszej kaniulacji tętnicy udowej oraz (A) dobre zakontrastowanie układu tętnic w obrębie jamy brzusznej po kaniulacji pomostu pachowo-dwuudowego (B). Uwidoczniono drożny pomost pachowo-dwuudowy (strzałka linią przerywaną). Rozległe zwężenia i brak zakontrastowania na różnych poziomach uwidoczniono dopiero po pomyślnej kaniulacji do protezy naczyniowej (B, pogrubiona strzałka)

Fig. 1. Coronal maximum-intensity projection (MIP) images of the arterial phases of MPMCTA, showing a total lack of opacification of the arteries after the first cannulation into the femoral artery (A) and a good opacification of the arterial system of the abdomen, following cannulation into the axillo-bifemoral bypass (B). A permeable axillo-bifemoral bypass is shown (dotted arrow). Massive calcifications of the abdominal aorta and iliac arteries are shown in panels A and B (thin arrows); severe narrowing and lack of opacification at different levels were visible only after successful cannulation into the vascular prosthesis (B, bold arrow)

W fazie tętnicznej MPMCTA stwierdzono całkowity brak zakontrastowania ze względu na nasiloną niedrożność naczyń (ryc. 1A). Ponieważ odnotowano rosnące ciśnienie w miejscu iniekcji, system zabezpieczeń aparatu do perfuzji automatycznie wyłączył urządzenie, uniemożliwiając wprowadzenie środka do niedrożnej tętnicy biodrowej. Uzyskano natomiast dobre zakontrastowanie żył szyjnych i mózgowych w fazie żylnych badania. Nie wykryto zmian w układzie żylnym klatki piersiowej i jamy brzusznej. Drugą fazę tętniczną przeprowadzono, aby wyeliminować problem braku zakontrastowania. Usunięto kaniulę umieszczoną uprzednio w tętnicy udowej i wprowadzono ją bezpośrednio do pomostu pachowo-dwuudowego na poziomie lewej pachwiny. Iniekcja się powiodła i uzyskano dobre zakontrastowanie całego układu tętniczego (ryc. 1B i 2A). Lepsze zakontrastowanie układu tętniczego uzyskano w fazie dynamicznej.

Interpretacja radiologiczna: Uzyskane obrazy opisano na zasadzie konsensusu przez dwóch specjalistów radiologii (jeden wyspecjalizowany w radiologii naczyniowej, drugi – w neuroradiologii) oraz specjalistę medyka sądowego doświadczonego w ocenie pośmiertnych badań obrazowych do celów sądowo-lekarskich. Opracowano raport pośmiertnego badania radiologicznego z interpretacją wyników fazy natywnej TK oraz poszczególnych faz MPMCTA. W celu lepszej wizualizacji wykorzystano obrazy uzyskane metodą rekonstrukcji objętościowej (ang. *volume rendering technique*). Dzięki drugiej fazie tętnicznej badanie uwidoczniało drożny pomost pachowo-dwuudowy (z pewnymi ubytkami wypełnienia na poziomie proksymalnym), zwężenie lewej tętnicy pachowej (na blaszce miażdżycowej), drożny stent podobojczykowy po stronie lewej, drożny pomost aortalno-wieńcowy (lewa tętnica piersiowa wewnętrzna – lewa tętnica zstępująca przednia), rozległe zwapnienia w obrębie aorty brzusznej wraz z nasilonym zwężeniem naczynia, a także brak zakontrastowania na różnych poziomach, głównie w dolnej części aorty brzusznej. Powyższe obserwacje wskazywały na zespół Leriche’a. Rekonstrukcję 3D pomostu aortalno-wieńcowego przedstawiono na ryc. 3B. Faza dynamiczna wykazała, że pomost aortalno-wieńcowy z lewą tętnicą piersiową wewnętrzną obejmował również lewą gałąź okalającą.

Badanie autopsyjne: Konwencjonalną sekcję zwłok przeprowadzono po upływie ok. 5 godzin od MPMCTA i 24 godzin od ujawnienia ciała. Stwierdzono ciężką uogólnioną miażdżycę z niedrożno-

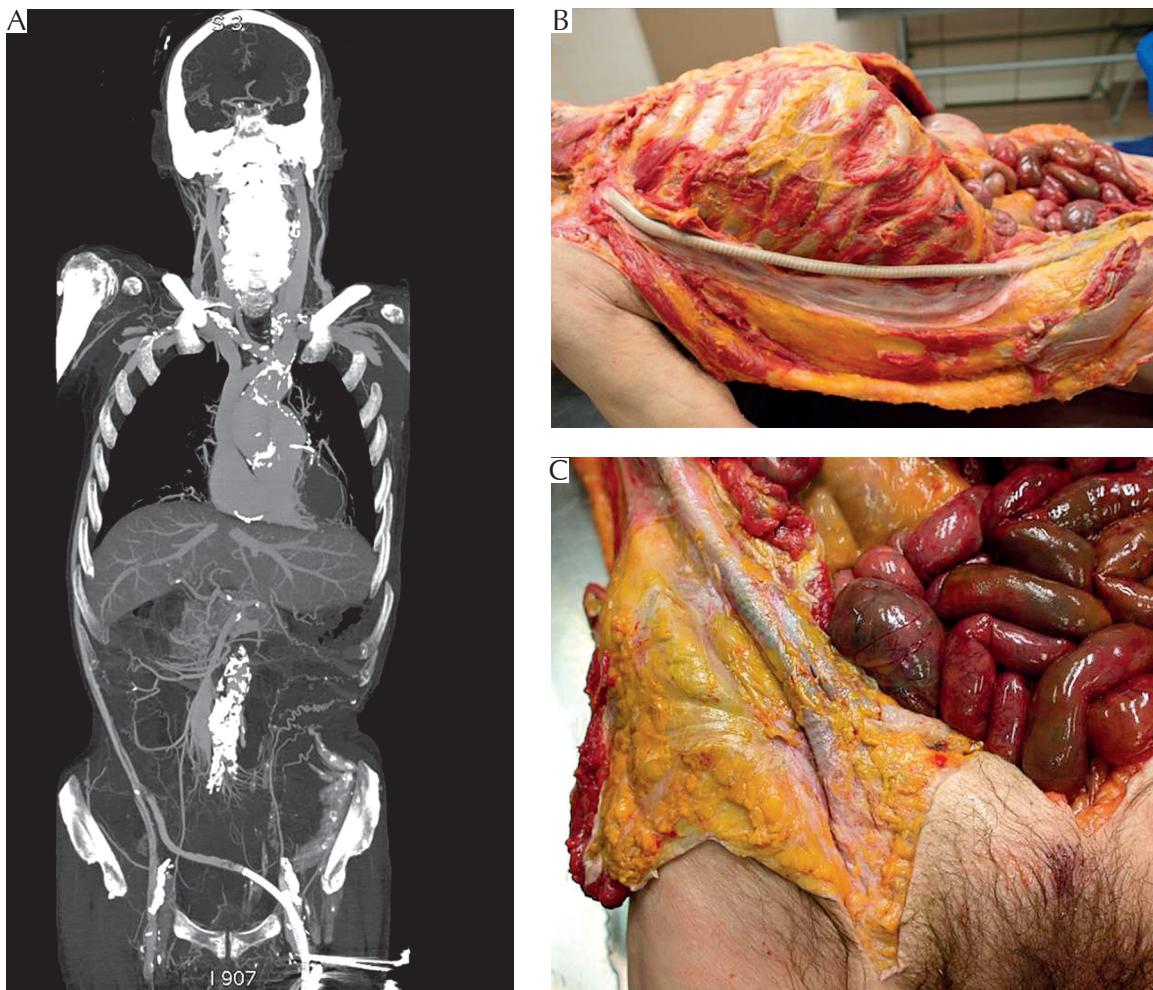
vice stopped the device automatically, not allowing the injection into the occluded femoral artery. On the other hand, there was good opacification of the jugular and intracerebral veins during the venous phase. No lesion was detected in the venous system of the thorax and abdomen. A second arterial phase was performed to overcome the lack of opacification. Therefore, the cannula situated in the femoral artery was removed and inserted directly into the axillo-bifemoral bypass, at the level of the left groin. The injection was successful and we obtained good opacification of the whole arterial system (Fig. 1B and 2A). The dynamic phase led to better opacification of the arterial system.

Radiological interpretation: All images were interpreted in a consensus reading by two board certified radiologists (one specialised in vascular radiology and one specialised in neuroradiology) and by one board certified forensic pathologist, who is an expert in forensic imaging. A postmortem radiological report, describing all findings from the native CT and each phase of MPMCTA, was composed. Three-dimensional volume rendered images were used for better visualisation. By the second arterial phase, we could show a permeable axillo-bifemoral bypass (with some filling defects at the proximal level); a narrowing of the left axillary artery (on an atherosclerotic plaque); a permeable left subclavian stent; a permeable aortocoronary bypass (left thoracic internal artery-left anterior descending artery); massive calcifications of the abdominal aorta, with severe narrowing; and lack of opacification at different levels, mainly of the lower abdominal aorta. These findings were suggestive of Leriche syndrome. The 3D reconstruction of the aortocoronary bypass is shown in Fig. 3B. The dynamic phase revealed that the aortocoronary bypass with the left thoracic internal artery also involved the left circumflex.

Autopsy: A conventional autopsy was performed around 5 hours after MPMCTA and 24 hours after the discovery of the body. By dissection, we were able to detect severe, generalised, atherosclerosis with aortoiliac occlusion, compatible with Leriche syndrome; signs of ischaemic heart disease with left ventricle hypertrophy; tritroncular coronaropathy; and myocardial scars. Moreover, we observed multi-organ congestion, lung oedema, conjunctival petechiae, and massive

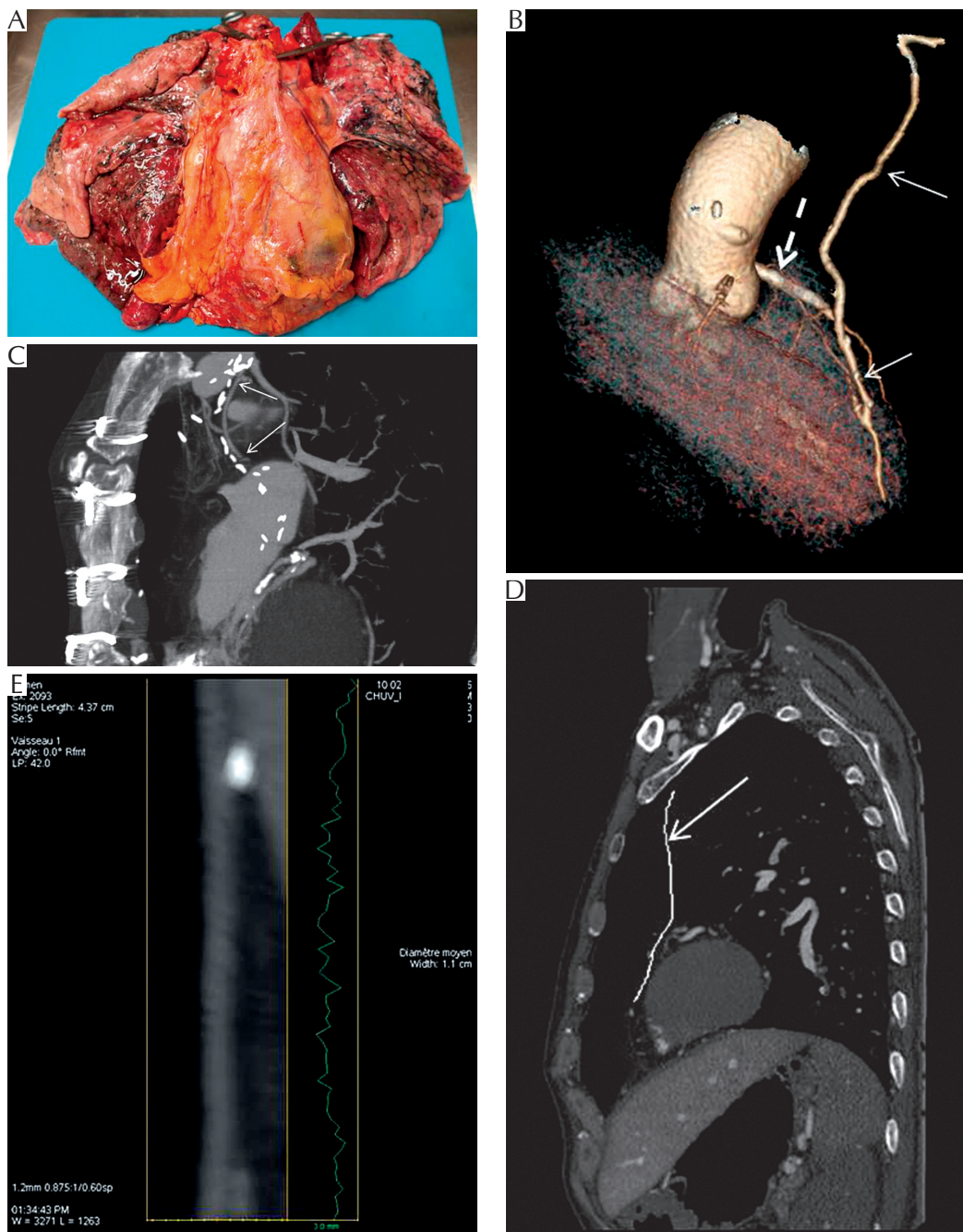
ścią aortalno-biodrową odpowiadającą zespołowi Leriche'a. Ujawniono ponadto oznaki choroby niedokrwiennej serca z towarzyszącym przerostem lewej komory, trójnaczyniową chorobę wieńcową oraz blizny w tkance mięśnia sercowego. Stwierdzono przekrwienie licznych narządów, obrzęk płuc, wybroczyny podspojówkowe oraz rozległe zwłóknienia w miejscach dawnych operacji, m.in. w obrębie serca (z towarzyszącym zrostem osierdziowym – zob. ryc. 3A), pomost pachowo-dwuudowy (ryc.

fibrosis at old operation sites, including the heart (with pericardial symphysis, as shown in Fig. 3A), axillobifemoral bypass (Fig. 2B and C), and stent of the left subclavian artery. There were minor traumatic lesions (subarachnoid haemorrhage; two haematomas of the scalp; blunt injuries of the scalp and face; nose fractures: bruises of different ages on the face, upper left limb, and lower limbs; small subcutaneous and muscular haemorrhages of the abdomen and back).



Ryc. 2. Pomost pachowo-dwuudowy: (A) Obraz fazy dynamicznej MPMCTA uzyskany w projekcji maksymalnej intensywności (MIP) w płaszczyźnie czołowej. Widoczne dobre zakontrastowanie całego układu tętniczego (głowy, klatki piersiowej i jamy brzusznej) po kaniulacji pomostu pachowo-dwuudowego. Uwidoczniono nasilone zwapnienia aorty wstępującej i tętnic podobojczykowych. Wypreparowany podczas sekcji pomost pachowo-dwuudowy (B, C)

Fig. 2. Axillo-bifemoral bypass: (A) A coronal maximum-intensity projection (MIP) image of the dynamic phase of MPMCTA, showing good opacification of the whole arterial system (head, thorax, and abdomen), following cannulation into the axillo-bifemoral bypass. Severe calcifications of the ascending aorta and subclavian arteries are shown. The axillo-bifemoral bypass is shown after autopsy-dissection (B, C)



Ryc. 3. A) Jeden z dawnych rejonów operacyjnych zidentyfikowanych u zmarłego: blok płucosercza ze zrostem osierdziowym. B) Rekonstrukcja 3D pomostu aortalno-wieńcowego (strzałki) w lewej tętnicy wieńcowej (strzałka linią przerywaną) pokazująca jego drożność. C) Rekonstrukcja krzywoliniowa wielopłaszczyznowa pokazuje pomost z obecną perfuzją (strzałki) i liczne klipsy metalowe wzdłuż jego przebiegu. Na obrazie D pokazano oś rekonstrukcji (strzałka), z której uzyskano obraz C (E). „Rozwinięta” górna część pomostu o dobrej perfuzji (dolna część ma niewystarczającą grubość, aby ją rozwinąć za pomocą oprogramowania)

Fig. 3. A) One of the old operation sites of the deceased: the heart-lung bloc, with pericardial symphysis. B) The 3D reconstruction of the aortocoronary bypass (arrows) branched on the left coronary artery (dotted arrow), showing its permeability. C) A curved multiplanar reconstruction shows the perfused bypass (arrows) and multiple metallic clips along its trajectory. Panel D indicates the reconstruction axis (arrow) from which resulted panel C. E) The unrolled upper part of the bypass which is well perfused (lower part is too thin for unrolling software)

2B, C) oraz stent w lewej tętnicy podobojczykowej. Ujawniono nieznaczne zmiany o charakterze urazowym (krwotok podpajęczynówkowy, dwa krwiaki na skórze głowy, urazy tępe w obrębie skóry głowy i twarzy, złamania kości nosa: stłuczenia o różnym czasie powstania zlokalizowane na twarzy, górnej kończynie lewej i kończynach dolnych; niewielkie krwawienia podskórne i domięśniowe w rejonie brzucha i pleców).

Należy podkreślić, że ze względu na obecność rozległych zwłóknień w obrębie opisanych powyżej miejsc operowanych oraz znaczne zmiany w ich anatomii, niemożliwe było dokładne zbadanie tych lokalizacji podczas konwencjonalnej sekcji zwłok. Zwłaszcza zrosty osierdziowe spowodowały duże trudności z odpreparowaniem osierdza od serca – nawet dla doświadczonego obducenta. Z tego powodu w pierwszej kolejności otwarto naczynia (przez pomost aortalno-wieńcowy i tętnice wieńcowe), a następnie odpreparowano osierdzie od serca.

Badanie histologiczne: Analizy histologiczne potwierdziły nieprawidłowości odnotowane podczas sekcji zwłok. Stwierdzono także oznaki ostrego uszkodzenia mięśnia sercowego (hipereozynofilię i martwicę z węzłami skurczu w obrębie grup kardiomiocytów) w obu komorach.

Badania toksykologiczne i biochemiczne: Wykonano rutynową ocenę toksykologiczną, aby wykluczyć ostre zatrucie. Stężenie alkoholu we krwi i moczu wyniosło odpowiednio 1,65 i 2,30 g/kg. Ponieważ w próbkach krwi zidentyfikowano wyłącznie pantoprazol w ilościach terapeutycznych, wykluczono ostre zatrucie. Badanie krwi w kierunku przewlekłego nadużywania alkoholu wykazało obecność markera – transferyny desialowanej (CDT) – w stężeniu 4,6%. Wskazuje to na nadużywanie alkoholu w czasie mierzonym w tygodniach przed zgonem. W analizach biochemicznych nie odnotowano odchyżeń od stanu prawidłowego.

Wnioski sądowo-lekarskie:

1. Nie ustalono jednoznacznie przyczyny zgonu. Nasilone niedrożności naczyniowe, stwierdzone w badaniu MPMCTA, nie miały charakteru ostrego, a tym samym nie można uznać ich za przyczynę śmierci. Niezależnie od powyższego brak ciężkich zmian urazowych oraz negatywne wyniki badań toksykologicznych uzasadniają wniosek, że zgon nastąpił z przyczyn naturalnych.

2. Wszystkie wszczepione materiały medyczne (podwójny pomost wieńcowy, stent podobojczykowy

We have to emphasise that, because of the massive fibrosis at the above mentioned operation sites and the substantially modified anatomy, these regions could not be properly explored during the conventional autopsy. In particular, pericardial symphysis made it very laborious to dissect the pericardium free from the heart, even for an experienced pathologist; for this reason, we first opened the vessels (through the aortocoronary bypass and the coronary arteries), then we dissected the pericardium free from the heart.

Histology: Histological analyses confirmed the pathologies observed at autopsy. Moreover, there were signs of acute myocardial damage (hypereosinophilia and contraction band necrosis of groups of cardiomyocytes) of both ventricles.

Toxicological and biochemical analyses: We performed routine toxicological screening to exclude an acute intoxication. The measured blood and urine alcohol concentrations were 1.65 and 2.30 g/kg, respectively. Acute intoxication was ruled out, as only pantoprazol was found in the blood samples, in the therapeutic range. Blood analysis for the detection of chronic alcohol abuse markers was performed and revealed a carboxy-deficient transferrin (CDT) value of 4.6%, indicating alcohol abuse during the weeks preceding death. Biochemical analyses were normal.

Medico-legal conclusions:

1. The cause of death was not formally established. The severe vascular occlusions evidenced by MPMCTA were not acute findings, thus they could not explain the death. Nevertheless, considering the absence of significant traumatic lesions and the negative toxicological results, we could reasonably conclude that the cause of death was natural.

2. The different medical devices (double coronary bypass, left subclavian stent, and an axillo-bifemoral bypass) were all functional and permeable.

3. The minor traumatic lesions had different ages and were believed to have accidental origins, probably in the context of chronic alcohol abuse. They did not play a role in the death.

Discussion

Leriche syndrome, categorised as a type C or D aortoiliac lesion by the Trans-Atlantic Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral

po stronie lewej oraz pomost pachowo-dwuudowy) były sprawne i drożne.

3. Nieznaczące zmiany o charakterze urazowym odznaczały się różnym czasem powstania i można uznać, że zmarły doznał ich przypadkowo, prawdopodobnie w kontekście przewlekłego nadużywania alkoholu. Nie miały związku ze zgonem.

Dyskusja

Zespół Leriche’a sklasyfikowany jako niedrożność aortalno-biodrowa typu C lub D zgodnie z wytycznymi *Trans-Atlantic Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II)* jest częstym powikłaniem miażdżycy [6, 7]. Pomostowanie (np. wszczepienie pomostu pachowo-udowego lub udowo-udowego) jest chirurgiczną metodą rewaskularyzacji, stosowaną w leczeniu objawowej niedrożności aortalno-biodrowej [6–8]. W przedstawionym przypadku u zmarłego występował wieloletni wywiad chorobowy obejmujący zespół Leriche’a, a także liczne interwencje naczyniowe (pomost pachowo-dwuudowy, stent podobojczykowy po stronie lewej, podwójny pomost aortalno-wieńcowy). Ze względu na dodatni wywiad w kierunku schorzeń naczyniowych wskazanie do wykonania MPMCTA było jednoznaczne, ponieważ metoda ta wykazuje przewagę nad konwencjonalną sekcją zwłok przy badaniu układu naczyniowego [9].

Faza tętnicza MPMCTA odznaczała się całkowitym brakiem zakontrastowania ze względu na nasiloną niedrożność naczyń. W drugiej fazie tętniczej środek kontrastowy wprowadzono bezpośrednio do pomostu pachowo-dwuudowego na poziomie lewej pachwiny. Iniekcja powiodła się i uzyskano dobre zakontrastowanie całości układu tętniczego za pośrednictwem pomostu. Modyfikacja standardowych parametrów perfuzji (natężenia przepływu i objętości iniekcji) nie była konieczna. Wykazano drożność wszystkich protez naczyniowych i potwierdzono objawy zespołu Leriche’a w dolnej części aorty brzusznej i w tętnicach biodrowych.

Badanie zmienionej anatomii naczyniowej podczas konwencjonalnej autopsji było niezwykle trudne i czasochłonne ze względu na obecność rozległych zwłóknień w operowanych miejscach, w tym zrostów osierdziowych. Zalety MPMCTA w przypadku obecności zmienionych struktur anatomicznych opisano już w pracy Zerlauth i wsp., w której technikę tę wykorzystywano przy badaniu zgonów w następstwie

Arterial Disease (TASC II), is a frequent complication of arteriosclerosis [6, 7]. Bypass grafting (such as axillofemoral bypass or femoral-femoral bypass) is a method of surgical revascularisation used to treat symptomatic aortoiliac occlusive disease [6–8]. In the presented case, the deceased had a long medical history, including Leriche syndrome and a number of vascular interventions (an axillo-bifemoral bypass, a left subclavian stent, and a double aortocoronary bypass). In view of the vascular anamnesis, the indication to perform MPMCTA was obvious because this method is superior to conventional autopsy for investigating the vascular system [9].

The arterial phase of MPMCTA was characterised by a total lack of opacification, due to severe vascular occlusions. A second arterial phase was performed and the contrast agent was injected directly into the axillobifemoral bypass at the level of the left groin. The injection was successful and we obtained good opacification of the whole arterial system via this bypass. No modification of the standard perfusion parameters (injection speed and volume) was necessary. We could show the permeability of all vascular prostheses and confirm the signs of Leriche syndrome at the level of the lower abdominal aorta and iliac arteries.

It was very difficult and time consuming to explore the modified vascular anatomy by conventional autopsy because of the massive fibrosis at the operation sites, including a pericardial symphysis. The advantages of MPMCTA, in cases with modified anatomy, have already been reported by Zerlauth *et al.*, who used this technique to investigate death after surgical interventions [10]. The authors described clear advantages of this technique over conventional autopsy for the visualisation of surgical material, investigation of the permeability of vascular grafts, and detection of the source of haemorrhage.

The MPMCTA allowed a rapid and precise visualisation and investigation of the whole, complex and modified vascular system, allowing us to exclude any acute vascular event (such as thrombosis) from the cause of death. It was already demonstrated that MPMCTA does not dislodge an intravital thrombosis [11] and is an efficient tool for investigating the coronary vessels [12]. Moreover, by confirming the severe vascular pathology of the deceased, we

zabiegów chirurgicznych [10]. Autorzy wykazali zdecydowaną przewagę MPMCTA nad konwencjonalną sekcją zwłok przy wizualizacji materiału chirurgicznego, badaniu drożności przeszczepów naczyniowych oraz lokalizacji źródeł krwotoków.

Dzięki MPMCTA sprawnie uzyskano dokładną wizualizację układu naczyniowego w całej jego złożoności, z uwzględnieniem zmian anatomicznych, umożliwiając wykluczenie ostrego zdarzenia naczyniowego (np. zakrzepicy) jako przyczyny zgonu. Wykazano uprzednio, że MPMCTA nie powoduje przemieszczenia obecnego przyżyciowo zakrzepu [11] i jest skutecznym narzędziem badania naczyń wieńcowych [12]. Potwierdzenie ciężkich nieprawidłowości naczyniowych u zmarłego pozwoliło również stwierdzić, że zabiegi chirurgiczne zostały wykonane z prawidłowych wskazań. Nie ustalono jednoznacznie przyczyny śmierci, jednak udało się wykluczyć zgon z powodu zatrucia i urazu. Opierając się na wynikach badań histologicznych (ślady ostrego uszkodzenia obu komór serca), uznano, że był to zgon z przyczyn naturalnych.

Od czasu pierwszych prób na zwłokach zwierząt [13], pośmiertna angiografia TK w ostatnich latach dynamicznie się rozwija. Opracowano skuteczny i rozbudowany protokół badań umożliwiający dokładną wizualizację całego układu naczyniowego w stosunkowo krótkim czasie [1, 5]. Dzięki temu technika ta jest jednym z podstawowych uzupełniających narzędzi pracy patologów sądowych [9, 14]. Badanie naczyń za pomocą angiografii TK to metoda szybsza i dokładniejsza niż preparowanie dokonywane podczas sekcji zwłok, ponadto możliwa jest ponowna ocena obrazów niezależnie od czasu wydania zwłok. Za analizę i rekonstrukcję obrazów odpowiadają specjaliści radiologii i medycyny sądowej, którzy opracowują wiarygodną interpretację wyników na podstawie konsensusu. Ostatnio opublikowano pracę szczegółowo opisującą artefakty i pułapki związane z techniką, aby pomóc uniknąć błędnej interpretacji obrazów radiologicznych [15]. Przy badaniu układu naczyniowego zaobserwowano dwa rodzaje artefaktów: wytworzenie warstwy środka kontrastowego w tętnicach (obserwowane głównie w dużych naczyniach) oraz ubytki wypełnienia (nierównomierne zakontrastowanie) w układzie naczyniowym (będące przede wszystkim skutkiem obecności skrzepów powstałych pośmiertnie lub w okresie agonalnym). W przedstawionym przypadku ubytki wypełnienia były skutkiem wyłącznie zaburzeń naczyniowych występujących u zmarłego. Nie odnotowano istotnych artefak-

were convinced about the correct indication for the previous surgical interventions. The cause of death was not formally established; however, we could exclude any toxic or traumatic origin and, based on the histological findings (signs of acute, bi-ventricular myocardial injury), we could conclude there was a natural cause of death.

Since the first attempts made on animal cadavers [13], postmortem CT angiography has developed quickly in the last few years, and a robust and sophisticated protocol has been established, allowing a remarkable visualisation of the entire vascular system in a rather short time [1, 5]. Thus, it is a fundamental complementary tool for forensic pathologists [9, 14]. Exploration of the vasculature by CT angiography is faster and more accurate than autopsy dissection; moreover, it is reproducible and works on images regardless of the time after the release of the body. The images are read and reconstructed by radiologists and forensic pathologists who present a reliable interpretation based on a consensus. A meticulous study describing technique-related artefacts and pitfalls was recently published to help in avoiding any misinterpretation of the radiological images [15]. Two types of vascular system artefacts have been observed: the contrast layering of the arteries (mainly seen in large vessels) and the filling defects (inhomogeneous opacification) of the vascular system (mainly resulting from postmortem or agonal clots). In the case presented here, the filling defects were obviously due only to the vascular pathology of the deceased and no artefacts were encountered. Moreover, the lack of opacification was overcome by injecting the contrast agent directly into the vascular prosthesis. This is the first report describing this type of cannulation.

It has been demonstrated that MPMCTA and autopsy provide comparable findings, with MPMCTA being more sensitive in identifying vascular and skeletal lesions [9].

Conclusions

The case illustrated here confirmed the advantage of MPMCTA over conventional autopsy for investigating the vascular system, and demonstrated that the contrast agent mixture can be directly injected into a vascular prosthesis.

tów. Problem braku zakontrastowania wyeliminowano, wstrzykując środek kontrastowy bezpośrednio do protezy naczyniowej. Jest to pierwsze doniesienie opisujące ten typ kaniulacji.

Stwierdzono, że MPMCTA i sekcja zwłok umożliwiają uzyskanie porównywalnych wyników, przy czym MPMCTA wykazuje wyższą czułość wykrywania zmian w układzie naczyniowym i szkieletowym [9].

Wnioski

Opisany przypadek potwierdził przewagę MPMCTA nad konwencjonalną sekcją zwłok w badaniach układu naczyniowego, a także wykazał, że mieszaninę środka kontrastowego można wstrzykiwać bezpośrednio do protezy naczyniowej.

Oświadczenie

Autorzy oświadczają, że powyższy opis przypadku został poddany należytej anonimizacji w celu ochrony tożsamości zmarłego, a prokurator odpowiedzialny za sprawę wydał zezwolenie na publikację.

Podziękowania

Jeden z autorów (SG) jest beneficjentem grantu badawczego przyznanego przez fundację Fondation Leenaards z Lozanny (Szwajcaria). Zestaw do perfuzji (kaniule, zestaw przewodów i środek kontrastowy) na potrzeby opisanego przypadku został przekazany przez firmę FUMEDICA AG z Muri (Szwajcaria) w ramach toczącego się badania wielośrodkowego.

Autorzy deklarują brak konfliktu interesów.

Piśmiennictwo

References

1. Grabherr S, Doenz F, Steger B, Dirnhofer R, Dominguez A, Sollberger B, Gygax E, Rizzo E, Chevallier C, Meuli R, Mangin P. Multi-phase post-mortem CT angiography: development of a standardized protocol. *Int J Legal Med* 2011; 6: 791-802.
2. Grabherr S, Djonov V, Yen K, Thali MJ, Dirnhofer R. Postmortem angiography: review of former and current methods. *AJR Am J Roentgenol* 2007; 3: 832-838.
3. Saunders SL, Morgan B, Raj V, Ruttly GN. Post-mortem computed tomography angiography: past, present and future. *Forensic Sci Med Pathol* 2011; 7: 271-277.
4. Grabherr S, Gygax E, Sollberger B, Ross S, Oesterhelweg L, Bolliger S, Christe A, Djonov V, Thali MJ, Dirnhofer R. Two-step post-mortem angiography with a modified heart-lung machine: preliminary results. *AJR Am J Roentgenol* 2008; 2: 345-351.
5. Schneider B, Chevallier C, Dominguez A, Bruguier C, Elandoy C, Mangin P, Grabherr S. The forensic radiographer. A new member in the medicolegal team. *Am J Forensic Med Pathol* 2012; 1: 30-36.
6. Turner GR. The Leriche syndrome: aortoiliac occlusive disease. *J Tenn Med Assoc* 1968; 12: 1191-1195.

Consent

We confirm that the case report had been sufficiently anonymised to protect patient identity and consent to publication was given by the prosecutor in charge of the case.

Acknowledgements

One of the authors (SG) has a personal research grant from the Fondation Leenaards, Lausanne Switzerland. The perfusion set (cannulas, tubing set, and contrast agent) for this case was provided by FUMEDICA AG, Muri Switzerland, as part of an ongoing, multi-centre study.

The authors declare no conflict of interest.

7. Setacci C, Galzerano G, Setacci F, De Donato G, Sirignano P, Kamargianni V, Cannizzaro A, Cappelli A. Endovascular approach to Leriche syndrome. *J Cardiovasc Surg* 2012; 53: 301-306.
8. Chiu KW, Davies RS, Nightingale PG, Bradbury AW, Adam DJ. Review of direct anatomical open surgical management of atherosclerotic aorto-iliac occlusive disease. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2010; 39: 460-471.
9. Chevallier C, Doenz F, Vaucher P, Palmiere C, Dominguez A, Binaghi S, Mangin P, Grabherr S. Postmortem computed tomography angiography vs. conventional autopsy: advantages and inconveniences of each method. *Int J Legal Med* 2013; 127: 981-989.
10. Zerlauth JB, Doenz F, Dominguez A, Palmiere C, Uské A, Meuli R, Grabherr S. Surgical interventions with fatal outcome: Utility of multi-phase postmortem CT angiography. *Forensic Sci Int* 2013; 225: 32-41.
11. Palmiere C, Lohrinus JA, Mangin P, Grabherr S. Detection of coronary thrombosis after multi-phase postmortem CT-angiography. *Leg Med* 2013; 15: 12-18.
12. Michaud K, Grabherr S, Doenz F, Mangin P. Evaluation of postmortem MDCT and MDCT-angiography for the investigation of sudden cardiac death related to atherosclerotic coronary artery disease. *Int J Cardiovasc Imaging* 2012; 28: 1807-1822.
13. Grabherr S, Djonov V, Friess A, Thali MJ, Ranner G, Vock P, Dirnhofer R. Postmortem angiography after vascular perfusion with diesel oil and a lipophilic contrast agent. *AJR Am J Roentgenol* 2006; 5: 515-523.
14. Saunders S, Morgan B, Raj V, Robinson CE, Ruttly GN. Targeted post-mortem computed tomography cardiac angiography: proof of concept. *Int J Legal Med* 2011; 4: 609-616.
15. Bruguier C, Mosimann PJ, Vaucher P, Uské A, Doenz F, Jackowski C, Mangin P, Grabherr S. Multi-phase post-mortem CT angiography: recognizing technique-related artefacts and pitfalls. *Int J Legal Med* 2013; 127: 639-652.

Adres do korespondencji

Sara Sabatasso
University Center of Legal Medicine
Lausanne-Geneva
Rue Michel-Servet 1
1211 Geneva, Switzerland
e-mail: sara.sabatasso@hcuge.ch

Address for correspondence

Sara Sabatasso
University Center of Legal Medicine
Lausanne-Geneva
Rue Michel-Servet 1
1211 Geneva, Switzerland
e-mail: sara.sabatasso@hcuge.ch