

Postmortem diagnosis of arterial atherosclerosis in autopsy, postmortem computed tomography and histopathological examinations in medico-legal aspect

Pośmiertna diagnostyka miażdżycy naczyń tętniczych w badaniach sekcyjnych, w pośmiertnym badaniu tomografią komputerową oraz w badaniach histopatologicznych w aspekcie medyczno-sądowym

Ewa Juźwik-Kopacz^[1], Aleksander Kozak^[2], Ewa Rzepecka-Woźniak^[1], Krzysztof Woźniak^[1], Artur Moskała^[1]

[1] Katedra i Zakład Medycyny Sądowej UJ CM

[2] Dietrich-Bonhoeffer Klinikum Neubrandenburg

Abstract

The aim of this study is to provide a retrospective assessment of the possibility of determining the severity of atherosclerosis based on postmortem computed tomography (PMCT), autopsy protocols and histopathological examination results.

In the first stage of the study, 200 cases were evaluated of persons over 40 years of age in whom postmortem computed tomography and autopsy were performed. In the second stage, the cases were divided into a study group (cardiovascular deaths) and a control group, as well as divided by age and, in addition to autopsy protocols and PMCT results, histopathological findings were evaluated.

The results of stage I demonstrated that the best detection of atherosclerosis was in the advanced stage with a predominance of detection in PMCT. Atherosclerosis detection in autopsy was highest in the coronary arteries, aorta and cerebral arteries; while in PMCT it remained equal in all evaluated locations. Autopsy showed higher detection of advanced atherosclerotic lesions in the coronary arteries and aorta compared to PMCT. The results of stage II of the study revealed that attaching the results of the general histopathological examination to the retrospective evaluation does not provide an opportunity to increase the accuracy of the evaluation of atherosclerotic lesions. The results obtained indicate the need for prospective studies.

Conclusions: autopsy allows macroscopic evaluation of a very broad spectrum of atherosclerotic lesions, but often without precise determination of their nature, and with limited localization; PMCT allows accurate and reproducible evaluation of calcified atherosclerotic lesions in large and medium-sized vessels, but is unsuitable for the evaluation of non-calcified lesions and small vessels; targeted histopathological examinations allow very accurate, but local assessment of atherosclerotic lesions.

Keywords

Atherosclerosis, autopsy, postmortem computer tomography, histopathology, AHA scale

Streszczenie

Celem niniejszej pracy jest retrospektywna ocena możliwości określania stopnia zaawansowania miażdżycy naczyń tętniczych na podstawie wyników pośmiertnych badań obrazowych (PCMT), protokołów sekcyjnych i badań histopatologicznych. Na pierwszym etapie pracy oceniono 200 przypadków osób powyżej 40 rż., w których wykonano badanie pośmiertnej tomografii komputerowej i przeprowadzono sekcję zwłok. W drugim etapie dokonano podziału na grupę badaną (zgoni sercowo-naczyniowe) i grupę kontrolną oraz na ze względu na wiek i, oprócz protokołów sekcyjnych oraz wyników PMCT, oceniono także wyniki badań histopatologicznych.

Wyniki I etapu wykazały, że najlepiej wykrywano miażdżycę w stopniu zaawansowanym z przewagą wykrywalności w badaniu PMCT. Wykrywalność miażdżycy w badaniu sekcyjnym była najwyższa w tętnicach wieńcowych, aortalnej i tętnicach mózgowych, w badaniu PMCT utrzymywała się na równym poziomie we wszystkich ocenianych lokalizacjach. Badanie sekcyjne wykazywało wyższą wykrywalność zaawansowanych zmian miażdżycowych w tętnicach wieńcowych i aortalnej w porównaniu do PMCT. Wyniki II etapu pracy wykazały, że dołączenie wyników ogólnego badania histopatologicznego do oceny retrospektywnej nie umożliwia zwiększenia dokładności oceny zmian miażdżycowych. Otrzymane wyniki wskazują na konieczność przeprowadzenia badań prospektywnych.

Wnioski: badanie sekcyjne pozwala na makroskopową ocenę bardzo szerokiego spektrum zmian miażdżycowych, lecz często bez dokładnego określenia ich charakteru, oraz z ograniczeniem ich lokalizacji; PMCT pozwala na dokładną i powtarzalną ocenę uwapnionych zmian miażdżycowych w dużych i średnich naczyniach, lecz jest nieprzydatne do oceny zmian niewapnionych oraz małych naczyń; celowane badania histopatologiczne pozwalają na bardzo dokładną, lecz punktową ocenę zmian miażdżycowych.

Słowa kluczowe

Miażdżycy, sekcja zwłok, pośmiertna tomografia komputerowa, histopatologia, skala AHA

Introduction

One of the primary tasks that forensic medicine faces, is to differentiate violent deaths from deaths from spontaneous disease. This distinction is based on the identification of specific changes in postmortem exam atherosclerosis of arteries that may either exclude or advocate one of the above types of death. Violent deaths, as those caused by external factors, are by far more in the focus of legal authorities, and thus of forensic medicine, than deaths caused by morbid changes.

In recent years, both clinical practice and postmortem studies have observed an increasing number of effects of so-called "civilization diseases" – conditions resulting from changes in lifestyle and diet, which very often, in the absence of a competitive cause, were assumed to cause death. On the other hand, there has also been an increase in violent deaths caused by technological (automotive) development. Both of these factors force forensic physicians not only to have a good knowledge of the different types of injuries and the mechanism of their occurrence, but also to be well acquainted with a wide cross-section of lesions and their impact on the functioning of the body.

Wprowadzenie

Jednym z podstawowych zadań stawianych przed medycyną sądową, jest zróżnicowanie zgonów gwałtownych od zgonów z przyczyn chorobowych samoistnych. Rozróżnienie to opiera się na wskazaniu określonych zmian w badaniach pośmiertnych, które mogą przesądzać bądź przemawiać za jednym z powyższych rodzajów śmierci. Zgoni gwałtowni, jako te wywołane przez czynniki zewnętrzne, w zdecydowanie większym stopniu znajdują się w centrum zainteresowania organów prawa, a tym samym i medycyny sądowej, niż zgoni spowodowane przez zmiany chorobowe.

W ciągu ostatnich lat zarówno w praktyce klinicznej jak i badaniach pośmiertnych obserwowano coraz więcej skutków tzw. „chorób cywilizacyjnych” – schorzeń wynikających ze zmiany trybu życia oraz diety, które bardzo często, przy braku konkurencyjnej przyczyny, przyjmowano za powodujące zgon. Z drugiej strony również obserwuje się wzrost liczby zgonów gwałtownych spowodowany przez rozwój technologiczny (motoryzacyjny). Oba te czynniki wymuszają na medykach sądowych nie tylko dobrą znajomość różnych rodzajów obrażeń ciała i mechanizmu ich powstania, lecz także dobrego zaznajomienia z szerokim przekrojem zmian chorobowych i ich wpływu na funkcjonowanie organizmu.

One of the most common lesions observed in autopsy studies and also one of the main pathologies resulting from changes in lifestyle and diet is arterial atherosclerosis. It occurs in various degrees of progression in the entire adult population, and as studies [1] show, its initial stages are also detected in children. The effects of atherosclerosis in clinical practice are most often observed indirectly in the form of ischemic heart disease, acute coronary syndromes, chronic ischemia and strokes, or blood supply disorders of the lower extremities with subsequent tissue necrosis. This translates into a very large group of spontaneous lesions that are also relevant in medico-legal postmortem diagnosis. At the current stage of development of postmortem sciences, there is no uniform and objective macroscopic scale for assessing atherosclerotic lesions in the arterial system, making it impossible to compare cases in a measurable manner, and thus also to determine at a satisfactory level which lesions can be classified as leading to death or a cardiovascular accident, and which are insignificant in this regard.

Attempts at classifying atherosclerosis and correlating it with vascular and thrombotic accidents were made at the Chair and Department of Forensic Medicine in Krakow as early as in the 1960s [2, 3]. Despite the admittedly unattainable in today's reality size of the population studied (more than 2,300 cases), the division of atherosclerosis in autopsy still remained subjective. The proposed scale comprised such terms as "no atherosclerosis," "slight atherosclerosis" – fibrous and fibro-lipid patches covering a small area of the vessel wall and "advanced atherosclerosis" – other cases, including coronary artery occlusions and ulcerations in the aorta. Likewise, the locations of the lesions studied included only key areas: cerebral arteries, coronary arteries, aorta and generalized lesions. Nevertheless, interesting results were obtained, useful for further studies [2¹, 4].

However, despite promising beginnings, little has changed in the methods of describing atherosclerosis in Polish centers to this day. The Krakow center still primarily evaluates three key locations in autopsy examinations: the cerebral arteries, the coronary arteries and the aorta. The method of describing lesions is still discretionary and depends only on the author's inventiveness. Most commonly, lesions are described as: single /sparse /a number of /multiple; flat /flat/elevated; pale yellow /yellow /cream-yellow, fissured / ulcerating /revealing grainy core; blotchiness /thickening /streaks. This gives a wide cross-section of possibilities, but in no way unifies the description and does not allow adequate and unambiguous communication to other medics reading the autopsy protocol.

Therefore, with the increasing availability of contemporary diagnostic possibilities in forensic medicine, in the form of post-

¹ Historic publications of limited access are found in library resources of the Chair of Forensic Medicine UJ CM in Krakow.

Jedną z najczęściej spotykanych zmian chorobowych obserwowanych w badaniach sekcyjnych a zarazem też jedną z głównych patologii wynikających ze zmiany stylu życia i diety jest miażdżycza naczyń tętnicznych. Występuje ona w różnych stadiach zaawansowania w całej populacji dorosłych, a także jak pokazują badania [1] jej początkowe etapy są wykrywane również u dzieci. Skutki miażdżycy w praktyce klinicznej są najczęściej obserwowane pośrednio w postaci choroby niedokrwiennej serca, ostrych zespołów wieńcowych, przewlekłego niedokrwienia i udarów mózgu, czy też zaburzeń ukrwienia kończyn dolnych z następującą martwicą tkanek. Przekłada się to na bardzo liczną grupę zmian chorobowych samoistnych istotnych także w medyczno-sądowej diagnostyce pośmiertnej. Na obecnym etapie rozwoju nauk pośmiertnych brak jest jednolitej i obiektywnej makroskopowej skali oceny zmian miażdżycowych w układzie tętnicznym, przez co nie ma możliwości wymiernego porównywania przypadków, a tym samym również ustalenia na zadowalającym poziomie, które ze zmian można zaklasyfikować jako prowadzące do zgonu lub incydentu sercowo-naczyniowego, a które są w tym zakresie nieistotne.

Próby klasyfikowania miażdżycy i powiązania jej z incydentami naczyniowo-zakrzepowymi były podejmowane w Katedrze i Zakładzie Medycyny Sądowej w Krakowie już w latach 60. XX wieku [2, 3]. Pomimo wręcz nieosiągalnej w dzisiejszych realiach liczebności badanej populacji (ponad 2300 przypadków) podział miażdżycy w badaniu sekcyjnym pozostał nadal subiektywny. Zaproponowana skala obejmowała takie sformułowania jak: „brak miażdżycy”, „niewielka miażdżycza” – plamki włókniste i włóknisto-lipidowe obejmujące niewielki obszar ściany naczynia i „zaawansowana miażdżycza” – pozostałe przypadki, w tym zamknięcia tętnic wieńcowych i owrzodzenia w aorcie. Również lokalizacje badanych zmian obejmowały tylko kluczowe lokalizacje: tętnice mózgowie, wieńcowe, aortę i uogólnione zmiany. Tym niemniej udało się uzyskać ciekawe wyniki, przydatne w dalszych badaniach [2¹, 4].

Jednakże pomimo obiecujących początków niewiele się zmieniło w metodach opisywania miażdżycy w ośrodkach polskich do dnia dzisiejszego. W ośrodku krakowskim nadal w badaniach sekcyjnych ocenia się przede wszystkim trzy kluczowe lokalizacje: tętnice mózgowie, wieńcowe i aortę. Sposób opisu zmian nadal pozostaje uznaniowy i zależy tylko od inwencji twórczej autora. Najczęściej zmiany opisywane są jako: pojedyncze /nieliczne /liczne /bardzo liczne; płaskie /płasko-wyniosłe; jasnożółte /żółte /żółtokremowe, pęknięte /wrzodzące /odstaniające kaszowaty rdzeń; plamistości /zgrubienia /pasma. Daje to szeroki przekrój możliwości, lecz w żaden sposób nie ujednolica opisu i nie pozwala na adekwatne i jednoznaczne przekazywanie informacji innym medykom czytającym protokół sekcyjny.

¹ Publikacje historyczne, o ograniczonej dostępności, znajdują się w zasobach bibliotecznych Katedry Medycyny Sądowej UJ CM w Krakowie.-

mortem computed tomography and new histopathological stains, a broader analysis of the topic was possible once again.

The aim of the study

The aim of this study was a retrospective evaluation of the possibility of objectively determining the extent of atherosclerosis of the arteries on the basis of macroscopic observations recorded in autopsy protocols, results of postmortem computed tomography (PMCT) and histopathological examinations.

Material and method

As part of the ongoing study, a comparative analysis of the selected methods was performed twice based on two different research groups.

The first analysis was based on a retrospective evaluation of 200 cases from the Chair and Department of Forensic Medicine of the Jagiellonian University Medical College in Krakow (autopsy protocols and records of PMCT examinations performed in 2011 and 2012), in terms of how and to what extent atherosclerotic lesions were documented. The vast majority of these were deaths from traumatic causes, as only in such cases PMCT examination was performed at that time. The examinations were performed using a Siemens SOMATOM Emotion 16 CT scanner (examination parameters: 130 kV, 50 & 240 mAs, collimation 16×0.6, pitch 0.85 & 0.55, 3 series: 1. head & neck, 2. torso, 3. lower extremities, reconstructions: soft tissue, skeleton, lung tissue, software: OsiriX, Pixmeo SARL, Switzerland).

Based on the cut-off points in the SCORE (cardiovascular accident risk assessment) risk chart, it was decided to qualify the deceased aged 40 years and older for the study. Based on the initial evaluation of PMCT images and then the range of autopsy descriptions, it was decided that the arterial vessels considered in the analysis would be: cerebral arteries, coronary arteries, aorta, iliac arteries and others (branches of the aorta: renal arteries, visceral trunk).

Based on the above preliminary assessment, two original scales for grading atherosclerotic lesions were developed for autopsy and PMCT studies:

The assignment of grades to the assessed atherosclerotic lesions was intended to allow numerical quantification and measurability of the lesions observed.

Dlatego też, wraz z coraz większą dostępnością współczesnych możliwości diagnostycznych w medycynie sądowej, w postaci pośmiertnego badania tomograficznego i nowych barwień histopatologicznych, można było powziąć szerszą analizę tematu raz jeszcze.

Cel pracy

Celem niniejszej pracy była retrospektywna ocena możliwości obiektywnego określania stopnia zaawansowania miażdżycy naczyń tętniczych na podstawie obserwacji makroskopowych odnotowanych w protokołach sekcyjnych, wynikach pośmiertnych badań obrazowych (PCMT) i badań histopatologicznych.

Materiał i metoda

W ramach prowadzonego badania dwukrotnie wykonano analizę porównawczą wybranych metod opierając się na dwóch różnych grupach badawczych.

Pierwsza z analiz opierała się na retrospektywnej ocenie 200 przypadków z Katedry i Zakładu Medycyny Sądowej UJ CM w Krakowie (protokoły sekcyjne i zapisy wykonanych badań PMCT z lat 2011 i 2012), pod kątem sposobu i zakresu udokumentowania zmian miażdżycowych. W znakomitej większości były to zgony z przyczyn urazowych, gdyż tylko w takich przypadkach wykonywano badanie PMCT w tamtym okresie. Badania wykonywano przy użyciu tomografu Siemens SOMATOM Emotion 16 (parametry badania: 130k V, 50 & 240 mAs, kolimacja 16×0,6, pitch 0,85 & 0,55, 3 serie: 1. głowa i szyja, 2. tułów, 3. kończyny dolne, rekonstrukcje: tkanki miękkie, kości, tkanka płucna, oprogramowanie: OsiriX, Pixmeo SARL, Szwajcaria).

Opierając się na punktach odcięcia w kartach ryzyka SCORE (oceny ryzyka incydentu sercowo-naczyniowego) zdecydowano o kwalifikacji do badania zmarłych w wieku 40 lat i starszych. Na podstawie wstępnej oceny obrazów PMCT a następnie zakresu opisów sekcyjnych zdecydowano, że naczyniami tętniczymi branyymi pod uwagę w analizie będą: tętnice mózgowie, tętnice wieńcowe, aorta, tętnice biodrowe i inne (odgałżenia aorty: tętnice nerkowe, pień trzewny).

Na podstawie powyższej, wstępnej oceny opracowano dwie autorskie skale stopniowania zmian miażdżycowych w badaniach sekcyjnych i badaniach PMCT:

Przyporządkowanie ocenianym zmianom miażdżycowym stopni miało umożliwić kwantyfikację liczbową i wymierną mierzalność obserwowanych zmian.

Table I. Atherosclerosis grading scale in autopsy

Autopsy	
Grade I	Single atherosclerotic lesion
Grade II	Sparse, diffused lesions; a few lesions
Grade III	Numerous, streak-like lesions, grainy, hard, calcified, ulcerating

Table II. Atherosclerosis grading scale in post-mortem computed tomography (PMCT)

PMCT	
Grade I	Single lesion not longer than about 1 cm
Grade II	Many diffused lesions, each one not longer than about 1 cm
Grade III	One or more lesions longer than 1 cm, creating series, rings, vessel casts

The second analysis was also conducted retrospectively. This study additionally evaluated the results of baseline histopathological examinations and their contribution to the possibility of correlating autopsy and PMCT findings. For this purpose, another overview was created, including 30 deaths from cardiovascular causes divided into 5 age categories, and 30 deaths from other causes also with a similar division by age groups:

- 20-39 – 6 deaths / 6 deaths
- 40-49 – 6 deaths / 6 deaths
- 50-59 – 6 deaths / 6 deaths
- 60-69 – 6 deaths / 6 deaths
- >70 – 6 deaths / 6 deaths

Increasing the capacity of the PMCT laboratory (in 2019, almost all corpses that came to the Department were already being examined using the Siemens SOMATOM Go CT scanner, parameters as above) made it possible to expand the study population to include the 20-39 age group. This was also dictated by the emergence of fatal atherosclerotic lesions in people under 40 years of age widely discussed in the literature [1].

The scope of the evaluation, as before, was conditioned by the vascular locations that were included in the standard autopsy protocol at the Chair and Department of Forensic Medicine at the Jagiellonian University Medical College in Krakow such as the basilar arteries of the brain (Willis arterial circle and basilar artery), coronary arteries, thoracic and abdominal aorta and common iliac arteries. However, even in this case there were exceptions, as some physicians do not use the, somewhat artificial, division of the aorta into thoracic and abdominal, describing it as a single entity. Grading of atherosclerotic lesions always occurs in a descriptive form (as cited above) and is based on the subjective assessment of the forensic physician.

Tabela I. Skala oceny miażdżycy w badaniu sekcyjnym

Badanie sekcyjne	
I stopień	Pojedyncza zmiana miażdżycowa
II stopień	Nieliczne, rozsiane zmiany; kilka zmian
III stopień	Liczne, pasmowate zmiany, kaszowate, twarde, uwapnione, wrzodziejące

Tabela II. Skala oceny miażdżycy w badaniu pośmiertną tomografią komputerową (PMCT)

PMCT	
I stopień	Pojedyncza zmiana nie dłuższa niż ok. 1 cm
II stopień	Wiele rozsianych zmian, każda z nich nie dłuższa niż ok. 1 cm
III stopień	Jedna lub wiele zmian dłuższych niż 1cm, tworzących ciągi, pierścienie, odlewy naczyń

Drugą analizę przeprowadzono również retrospektywnie. W badaniu tym dodatkowo dokonano oceny wyników podstawowych badań histopatologicznych i ich wkładu w możliwość powiązania ze sobą wyników badań sekcyjnych i PMCT. W tym celu stworzono kolejne zestawienie obejmujące 30 przypadków zgonów z powodu przyczyn sercowo-naczyniowych podzielonych na 5 kategorii wiekowych oraz 30 przypadków zgonów z innych przyczyn również z analogicznym podziałem na grupy wiekowe:

- 20-39 – 6 zgonów / 6 zgonów
- 40-49 – 6 zgonów / 6 zgonów
- 50-59 – 6 zgonów / 6 zgonów
- 60-69 – 6 zgonów / 6 zgonów
- >70 – 6 zgonów / 6 zgonów

Zwiększenie możliwości pracowni PMCT (w roku 2019 wykonywano już badania prawie wszystkich zwłok, które trafiły do Zakładu, z wykorzystaniem tomografu Siemens SOMATOM Go, parametry jw.) pozwoliło na poszerzenie badanej populacji o grupę wiekową 20-39 lat. Zostało to również podyktowane coraz szerzej dyskutowanym w piśmiennictwie pojawianiem się śmiertelnych zmian miażdżycowych u osób poniżej 40 roku życia [1].

Zakres oceny, analogicznie jak poprzednio, był warunkowany lokalizacjami naczyniowymi, które były ujęte w standardowym protokole sekcyjnym w Katedrze i Zakładzie Medycyny Sądowej UJ CM w Krakowie takimi jak: tętnice podstawy mózgu (koło tętnicze Willisa oraz tętnicę podstawną), tętnice wieńcowe, aortę w odcinku piersiowym oraz aortę w odcinku brzuszny i tętnice biodrowe wspólne. Jednakże i w tym przypadku zdarzały się wyjątki, gdyż część lekarzy nie stosuje, poniekąd sztucznego, podziału aorty na piersiową i brzuszna opisując ją jako jedną całość. Stopniowanie zmian miażdżycowych zawsze występuje w postaci opisowej (jak przytaczano powyżej) i jest oparte na subiektywnej ocenie obducenta.

PMCT examinations of the above cases were then assessed, with particular attention to the vascular locations mentioned. The findings were evaluated by a forensic physician with more than 10 years of experience in evaluating postmortem imaging examinations. During the analysis of the CT images, attention was paid to the thickness of the vascular wall, the ratio of the vessel lumen diameter to the vessel wall, and the presence of calcified lesions, their number and size. The results of the evaluation were recorded in a descriptive form.

Another study under evaluation was the histopathological examination, which consisted of tissue sections stained with hematoxylin and eosin. The routine procedure for taking specimens for this type of examination does not include fragments of arterial vessels, but only tissues taken from specific organs (brain, heart, lung, liver, kidney). Thus, the descriptive protocols for histopathological evaluation contained only a description of the tissue with single references to the condition of the small vessels, if they were visible in the specimen. Therefore, for the purpose of the analysis undertaken, only the presence of thickening of the wall of small arterioles observed in sections taken from the brain, heart, lungs and kidneys was noted, as the organs most closely correlated with the large vascular locations described (cerebral and coronary arteries) or vulnerable to atherosclerotic complications or fibrosis (kidney and lung).

The exact age of the deceased, gender, cause of death, the verbal description of atherosclerotic lesions contained in the autopsy protocol, the description of the same vascular locations created on the basis of PMCT, and the verbal description of small arterioles contained in the histopathological examinations were recorded in each case evaluated. After analyzing the data obtained, due to the large discrepancies in both descriptions and the possibilities of each method, an attempt to convert them into numerical values (which were used in the first summary) was abandoned.

Results

The first analysis attempted to translate subjective verbal descriptions of atherosclerotic lesions contained in autopsy protocols and lesions revealed by postmortem computed tomography into a numerical scale. Two tables prepared allowed grading the severity of atherosclerotic lesions, but due to the limitations of each of the methods evaluated, it was not possible to obtain a uniform scale.

According to the descriptions contained in the autopsy protocols, the entire spectrum of non-calcified atherosclerotic lesions was observed in this study, but assessment of which lesions were calcified and to what extent was often limited. In addition, the descriptions contained in the autopsy protocols were mostly very general, summarized collectively, and ex post

Następnie ocenie poddano badania PMCT powyższych przypadków, ze szczególnym uwzględnieniem wymienionych lokalizacji naczyniowych. Wyniki badań zostały ocenione przez lekarza medycyny sądowej z ponad 10 letnim doświadczeniem w ocenie pośmiertnych badań obrazowych. Podczas analizy obrazów TK zwracano uwagę na grubość ściany naczyniowej, stosunek średnicy światła naczynia do jego ściany oraz obecność uwapnionych zmian, ich ilość i rozmiary. Wyniki oceny odnotowywano w formie opisów słownych.

Kolejnym ocenionym badaniem było badanie histopatologiczne, na które składały się wycinki tkanek barwione hematoksyliną i eozyną. Rutynowa procedura pobierania wycinków do tego typu badania nie uwzględnia fragmentów naczyń tętniczych, a jedynie tkanki pobierane z konkretnych narządów (mózg, serce, płuca, wątroba, nerka). Tym samym opisowe protokoły oceny histopatologicznej zawierały jedynie opis tkanki z pojedynczymi wzmiankami o stanie drobnych naczyń, o ile były one widoczne w danym wycinku. Dlatego też na rzecz podjętej analizy wynotowywano jedynie występowanie pogrubienia ściany drobnych tętniczek obserwowane w wycinkach pobranych z mózgu, serca, płuc i nerek, jako narządów najbliższych skorelowanych z opisywanymi dużymi lokalizacjami naczyniowymi (t. mózgowe i wieńcowe) lub wrażliwymi na powikłania miażdżycowe czy też włóknienie (nerki i płuca).

W każdym ocenianym przypadku został odnotowany dokładny wiek osoby zmarłej, płeć, przyczyna zgonu, słowny opis zmian miażdżycowych zawarty w protokole sekcyjnym, opis tych samych lokalizacji naczyniowych stworzony na podstawie badania PMCT oraz słowny opis drobnych tętniczek zawarty w badaniach histopatologicznych. Po przeanalizowaniu uzyskanych danych, ze względu na duże rozbieżności zarówno w opisach jak i możliwościach każdej z metod, odstąpiono od próby przekształcenia ich w wartości liczbowe (których użyto w pierwszym zestawieniu).

Wyniki

W pierwszej analizie podjęto próbę przeniesienia subiektywnych słownych opisów zmian miażdżycowych zawartych w protokołach sekcyjnych oraz zmian uwidocznionych w pośmiertnym badaniu tomografią komputerową na skalę liczbową. Dwie sporządzone tabele pozwalały na stopniowanie nasilenia zmian miażdżycowych, jednak z racji na ograniczenia każdej z ocenianych metod nie udało się uzyskać jednolitej skali.

Jak wynika z opisów zawartych w protokołach sekcyjnych, w badaniu tym obserwowano całe spektrum niewapnionych zmian miażdżycowych, lecz często ocena, które ze zmian są zwapniałe i w jakim stopniu, była ograniczona. Dodatkowo opisy zawarte w protokołach sekcyjnych w większości były bardzo ogólne, ujęte zbiorczo i analiza protokołów ex post niejedno-

analysis of the protocols often did not provide an opportunity to assess the real extent of atherosclerotic lesions.

However, with regard to PMCT, the major limitation was the poor feasibility of the method when it came to detecting small soft tissue lesions. Atherosclerotic plaques visualized by PMCT were already calcified lesions, and the analysis of individual degrees of atherosclerotic lesions was based on their number and severity. Thus, the ex post analysis of atherosclerotic lesions on PMCT involved only a specific, morphologically limited section of lesions.

With these limitations in mind, the obtained numerical results were analyzed. These results were analyzed separately for both scales. The classical autopsy had a detection rate of atherosclerosis of 43.1%, with the highest number of cases detected in grade III (28.7%). Atherosclerosis was most frequently detected in the coronary arteries (28%) followed by the aorta (25.67%) and cerebral arteries (11.5%).

Table III. Atherosclerosis detectability in relation to the grade

	PMCT	Autopsy	Compliance
Grade I	8.9%	0.1%	0.0%
Grade II	8.30%	14.3%	1.5%
Grade III	47.5%	28.7%	20.5%
Total	64.7%	43.1%	22.0%

Table IV. Atherosclerosis detectability in relation to arterial location

	PMCT	Autopsy	Compliance
Cerebral arteries	21.33%	11.5%	5.17%
Coronary arteries	24.67%	28.0%	15.17%
Aorta	27.67%	25.67%	14.67%
Iliac arteries	24.17%	0.83%	0.83%
Other arteries	10.0%	5.83%	0.83%

PMCT, on the other hand, detected atherosclerosis in 64.7% of which the largest number of lesions also belonged to grade III (47.5%). Atherosclerotic lesions were most frequently observed in the aorta (27.67%), followed by the coronary and iliac arteries (24.67% and 24.17%) and cerebral arteries (21.33%).

An attempt was also made at comparing the results obtained with each other but, as was to be expected, the fundamental differences in the possibilities of the two methods were reflected in the degree of compliance of the above data: except for grade III in the cerebral arteries, coronary arteries and aorta, it was of the order of 0-2%.

krotnie nie dawała możliwości oceny realnego stopnia zaawansowania zmian miażdżycowych.

Natomiast w odniesieniu do badania PMCT, to największe ograniczenie dotyczyło niewielkich możliwości metody jeżeli chodzi o wykrywanie drobnych zmian w tkankach miękkich. Błazki miażdżycowe uwidocznione w badaniu PMCT były zmianami już uwapnionymi, a analiza poszczególnych stopni zmian miażdżycowych oparta była na ich ilości i nasileniu. Tym samym analiza ex post zmian miażdżycowych w badaniu PMCT dotyczyła tylko określonego, ograniczonego morfologicznie wycinka zmian.

Mając na uwadze powyższe ograniczenia dokonano analizy otrzymanych wyników liczbowych. Wyniki te analizowano osobno dla obu skal. Klasyczna sekcja zwłok charakteryzowała się wykrywalnością miażdżycy na poziomie 43,1%, z czego najwięcej przypadków wykryto w stopniu III (28,7%). Najczęściej wykrywano miażdżycę w tętnicach wieńcowych (28%) następnie w aorcie (25,67%) i tętnicach mózgowych (11,5%).

Tabela III. Wykrywalność miażdżycy z podziałem na stopnie zaawansowania

	PMCT	Sekcja	Zgodność
I stopień	8,9%	0,1%	0,0%
II stopień	8,30%	14,3%	1,5%
III stopień	47,5%	28,7%	20,5%
Suma	64,7%	43,1%	22,0%

Tabela IV. Wykrywalność miażdżycy z podziałem na lokalizację tętnicze

	PMCT	Sekcja	Zgodność
T. mózgowie	21,33%	11,5%	5,17%
T. wieńcowe	24,67%	28,0%	15,17%
Aorta	27,67%	25,67%	14,67%
T. biodrowe	24,17%	0,83%	0,83%
Inne tętnice	10,0%	5,83%	0,83%

Natomiast PMCT wykrywało miażdżycę w 64,7% z czego również najwięcej zmian należało do III stopnia zaawansowania (47,5%). Najczęściej obserwowano zmiany miażdżycowe w aorcie (27,67%), następnie tętnicach wieńcowych i biodrowych (24,67% i 24,17%) oraz mózgowych (21,33%).

Dokonano również próby porównania uzyskanych wyników między sobą lecz jak należało oczekiwać zasadnicze różnice w możliwościach obu metod dały wyraz w stopniu zgodności powyższych danych: poza stopniem III w tętnicach mózgowych, wieńcowych i aorcie była ona rzędu 0-2%.

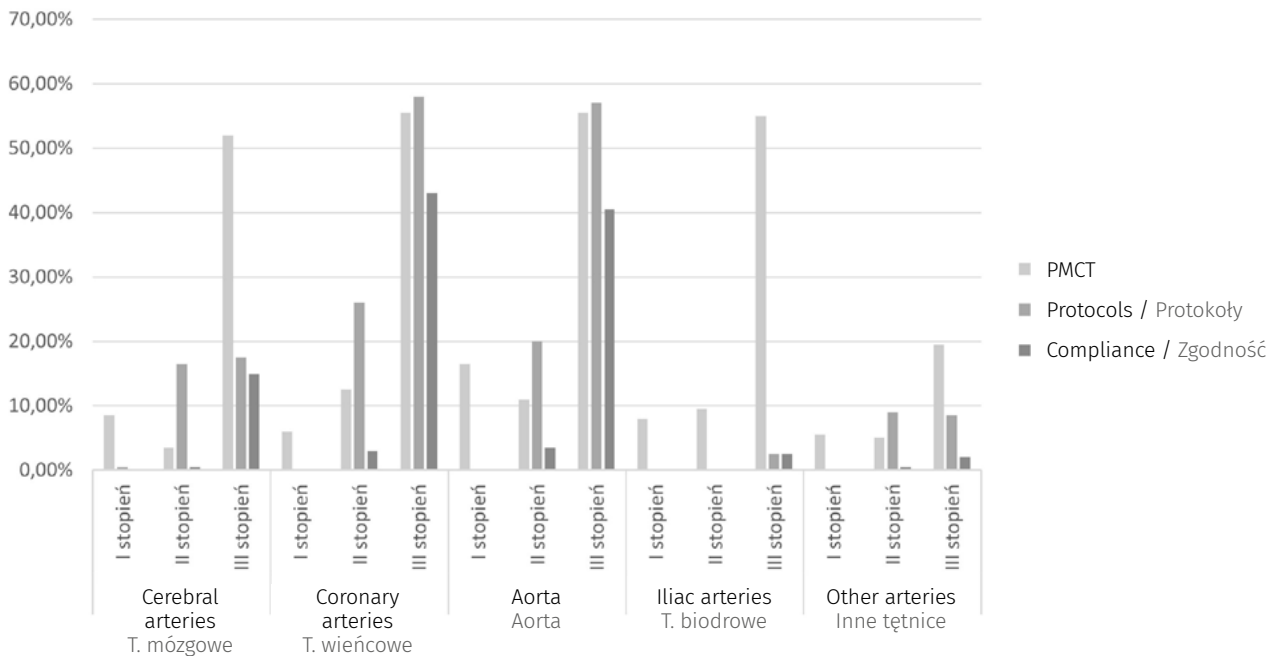


Fig. 1. Atherosclerosis detectability

Ryc. 1. Wykrywalność miażdżycy

This very clearly demonstrates that the lesions noted in autopsy examinations were not visible on PMCT, since, as noted, “soft” lesions were observed in autopsy, not visible on CT. Even in cases of advanced lesions, often already macroscopically described as “calcified,” the autopsy and CT observations overlapped in only about 40% (in the coronary arteries and aorta).

Another issue arising from the study is the accuracy and scope of the autopsy examination: higher detectability was noted in the coronary arteries, aorta and cerebral arteries – three, in fact, key locations for a forensic physician looking for pathological causes of death. This highlighted the initial potential of the various tests for diagnosing atherosclerotic lesions: classic autopsy as a macroscopic screening for the lesions as a whole, and PMCT as an examination focused on looking for significant calcification in key vascular locations and their branches.

The second analysis, which was a comparison of verbal descriptions, provided more conclusions regarding the compilation of the methods used, as well as the potential use of these methods. Autopsy, as the first analysis has already shown, is burdened with great arbitrariness of description and subjectivity in the evaluation of lesions. The division of the circulatory system into four major vascular groups does not allow the verbal descriptions to include sufficient precise information to determine without any doubt which arteries were evaluated, in which exact part of the vessel the lesions were located, how much they narrowed the vessel lumen, whether the vascular

Bardzo wyraźnie pokazuje to, że zmiany odnotowywane w badaniach sekcyjnych nie były widoczne w PMCT, gdyż jak zauważono, sekcyjnie obserwowano zmiany „miękkie”, niewidoczne w badaniu TK. Nawet w przypadkach zaawansowanych zmian, często już makroskopowo opisywanych jako „uwapnione”, obserwacje sekcyjne i tomograficzne pokrywały się ze sobą jedynie w ok. 40% (w t. wieńcowych i aorcie).

Kolejną kwestią wynikającą z przeprowadzonego badania, jest dokładność i zakres badania sekcyjnego: większą wykrywalność odnotowywano w tętnicach wieńcowych, aorcie i tętnicach mózgowych – trzech tak naprawdę kluczowych lokalizacjach dla medyka sądowego poszukującego chorobowych przyczyn zgonu. Unaocznilo to wstępne możliwości poszczególnych badań w zakresie diagnostyki zmian miażdżycowych: klasycznej sekcji jako makroskopowego przesiewu dla całości zmian oraz PMCT jako badania ukierunkowanego na poszukiwanie istotnych zwapnień w kluczowych lokalizacjach naczyniowych i ich odgałęzieniach.

Druga analiza, będąca porównaniem opisów słownych, dostarczyła więcej wniosków odnośnie zestawienia stosowanych metod, jak i ewentualnych możliwości ich wykorzystywania. Badanie sekcyjne, jak już wykazano w pierwszej analizie, obciążone jest ogromną dowolnością opisu i subiektywnością oceny zmian. Podział układu krążenia na cztery duże grupy naczyniowe nie pozwala na zawarcie w opisach słownych na tyle dokładnych informacji, aby na ich podstawie bez wątpliwości

wall itself was thickened, and exactly which of the thickened lesions were calcified and which were ulcerated. This results in the fact that an identically sounding description, but made by two forensic physicians, may in fact mean two completely different autopsy images. For example: “sparse, flat elevated, cream-yellow thickening in the coronary arteries” can both mean stable plaques with a partially fibrous structure protecting them from spontaneous clotting, or lesions with a thin wall easily revealing a lipid core, leading to thrombus formation and subsequent myocardial infarction. This arbitrariness and the lack of a uniform scale, even if only descriptive, results in the inability to measurably compare verbal descriptions of atherosclerotic lesions with one another and the inability to accurately reproduce the autopsy image found by the forensic physician in the future, such as for the purpose of providing opinions on the correctness of medical treatment.

The PMCT, on the other hand, was characterized by the limited ability to evaluate soft tissues and fine structures, already known from clinical studies. In this case, in order to standardize descriptions, the evaluation was undertaken by a single person with 7 years of experience in evaluating postmortem CT scans. The range of arterial vessels available for examination was greater than in a standard autopsy (particularly abdominal and limb vessels), but often vessels with cross-sections smaller than about 0.5cm were no longer visible due to limitations in the resolution of the images being evaluated. At the same time, it should be emphasized that vessels of such small size were visible only because they were filled with blood, contrasting better with the surrounding soft tissues. The possibility of distinguishing the vessel wall from its lumen, was limited only to the aorta (mainly in the thoracic section) and the initial sections of the branches of its arch. Thus, soft atherosclerotic lesions, regardless of their size, appeared to be invisible on examination. In contrast, calcified lesions often formed massive vascular “casts” that left no doubt as to their genesis, allowing for tracing their exact course as well as determining the percentage of remaining free vascular lumen. Thus, this study too has proven to have its limitations. However, it does have one important advantage in that the tomographic data can be permanently recorded. This data can then be replayed multiple times allowing objective comparison of descriptions made.

Analysis of the protocols of standard microscopic (histopathological) examinations performed in the cases of the above medico-legal autopsies has shown, first of all, that the routine examination procedure is not directed at an accurate assessment of atherosclerotic lesions. It is mainly the parenchyma of the organs that is evaluated, and therefore, while blood vessels are visible, they are treated secondarily due to their “microscopic” size. The examination protocols noted only “wall thickening” of small arterioles visible in the organ parenchyma. Even in targeted cases, i.e. evaluation of myocardial infarction, for example, attention is most often focused on detecting the presence of thrombus in the coronary arteries, ignoring

można było określić, które tętnice zostały ocenione, w jakiej dokładnie części naczynia znajdowały się zmiany, jak bardzo zwężały one światło naczynia, czy ściana naczyniowa sama w sobie była pogrubiała, oraz dokładnie, które ze zgrubień były uwapniane, a które owrzodziłe. Powoduje to, że identycznie brzmiący opis, ale sporządzony przez dwóch obducentów, może w rzeczywistości oznaczać dwa zupełnie różne obrazy sekcyjne. Dla przykładu: „nieliczne, płasko-wyniosłe, żółtokremowe zgrubienia w tętnicach wieńcowych” mogą zarówno oznaczać stabilne blaszki o częściowo zwłókniałej strukturze, chroniącej je przed spontanicznym wykrzepianiem, jak i zmiany o cienkiej ścianie łatwo odkrywającej lipidowy rdzeń, co prowadzi do powstania zakrzepu i w efekcie zawału serca. Dowolność ta i brak jednolitej skali, chociażby opisowej, skutkuje brakiem możliwości wymiernego porównywania opisów słownych zmian miażdżycowych między sobą i niemożnością dokładnego odtworzenia zastanego przez obducenta obrazu sekcyjnego w przyszłości, np. na potrzeby opiniowania w sprawach prawidłowości postępowania medycznego.

Badanie PMCT cechowało się natomiast znaną już z badań klinicznych, ograniczoną możliwością oceny tkanek miękkich i drobnych struktur. W tym przypadku, celem ujednoczenia opisów, oceny podjęła się jedna osoba mająca 7 letnie doświadczenie w ocenianiu pośmiertnych badań tomograficznych. Zakres dostępnych badaniem naczyń tętnicznych był większy niż w standardowym badaniu sekcyjnym (w szczególności naczyń jamy brzusznej i kończyn), lecz często naczynia o przekrojach mniejszych niż ok. 0,5cm przestawały być już widoczne z powodu ograniczeń w rozdzielczości ocenianych obrazów. Przy czym należy podkreślić, że naczynia tak małych rozmiarów były widoczne tylko dlatego, że wypełniała je krew, lepiej kontrastująca z otaczającymi tkankami miękkimi. Możliwość odróżnienia ściany naczynia od jej światła, ograniczała się tylko do aorty (głównie w odcinku piersiowym) oraz początkowych odcinków odgałęzień jej łuku. Tym samym miękkie zmiany miażdżycowe, bez względu na ich rozmiary okazały się być niewidoczne w badaniu. Natomiast zmiany uwapniane często tworzyły masywne, nie pozostawiające wątpliwości co do ich genezy „odlewy” naczyń, pozwalające na prześledzenie ich dokładnego przebiegu, jak i określenie procentu pozostałego wolnego światła naczyniowego. Tym samym i to badanie okazało się mieć swoje ograniczenia. Jednakże posiada ono jedną ważną zaletę w postaci możliwość trwałego zapisu danych tomograficznych. Dane te mogą być następnie wielorazowo odtwarzane umożliwiając obiektywne porównywanie dokonywanych opisów.

Analiza protokołów ze standardowych badań mikroskopowych (histopatologicznych) wykonywanych w przypadkach powyższych medyczo-sądowych sekcji zwłok wykazała przede wszystkim, że rutynowa procedura badania nie jest nakierowana na dokładną ocenę zmian miażdżycowych. Ocenie podlega głównie mięszarzadów, a więc o ile widoczne są w nim naczynia krwionośne to ze względu na ich „mikroskopijne” roz-

the nature of the vessel wall adjacent to the thrombus. As is known from the literature [5-7], microscopic examination allows a very accurate assessment of atherosclerotic lesions, however, it should be noted that a single preparation allows the evaluation of a cross-section of one particular lesion. Thus, evaluation of a single individual's entire vascular system would be theoretically possible, practically, however, it would be a very time- and labor-consuming endeavor, and its results would most likely obscure the final diagnosis rather than standardize it. On the other hand, the advantage of microscopic preparations is that they can be preserved in physical or photographic form for later comparison in case there are doubts in the evaluation, or the need for additional staining.

In the second analysis, despite extending the scope of the study and obtaining important observations about each method, it was not possible to outline a uniform and objective scale for assessing atherosclerotic lesions *ex post* on the basis of the collected data.

In summary, on the basis of both analyses and the considerations conducted, the following conclusions can be reached:

- atherosclerosis of the arteries is a disease entity that is largely underestimated when it comes to the standard postmortem and histopathological examination in medico-legal cases;
- due to the high arbitrariness of the descriptions used, conducting retrospective studies on the subject of atherosclerosis evaluation does not bring reliable information allowing to build a classification system only on their basis;
- autopsy examination allows observation of a wide spectrum of atherosclerotic lesions from early "yellowish blotchiness" to ulcerative calcification of the entire wall;
- postmortem computed tomography allows assessment of the lumen and course of large and medium-sized vessels; however, it only visualizes calcified atherosclerotic lesions;
- PMCT does not allow accurate evaluation of small vessels and non-calcified lesions, but its recording is permanent and allows for multiple reproduction;
- histopathological examinations allow very accurate evaluation of individual vascular sections, but are too time-consuming if one wanted to use them in the evaluation of the entire circulatory system.

miary są one traktowane drugorzędnie. Protokoły z badania odnotowywały jedynie „pogrubienie ściany” drobnych tętniczek widocznych w mięszu narządów. Nawet w przypadkach celowanych czyli np. oceny zawału serca najczęściej uwaga skupia się na wykryciu obecności zakrzepów w tętnicach wieńcowych z pominięciem charakteru ściany naczynia przylegającej do zakrzepu. Jak wiadomo z piśmiennictwa [5-7] badanie mikroskopowe pozwala na bardzo dokładną ocenę zmian miażdżycowych jednakże należy zaznaczyć, że pojedynczy preparat pozwala na ocenę przekroju jednej konkretnej zmiany. Tym samym ocena całego systemu naczyniowego jednego człowieka byłaby teoretycznie możliwa, praktycznie jednakże byłoby to przedsięwzięcie bardzo czas- i pracochłonne, a jego wyniki najprawdopodobniej zaciemniałyby finalną diagnozę zamiast ją standaryzować. Natomiast zaletą preparatów mikroskopowych jest możliwość ich zachowania w formie fizycznej lub fotograficznej, celem późniejszego ich porównania w razie występujących wątpliwości w ocenie, lub potrzeby wykonania dodatkowych barwień.

W drugiej analizie, pomimo rozszerzenia zakresu badań i uzyskaniu ważnych obserwacji odnośnie każdej z metod, nie udało się *ex post* na podstawie zgromadzonych danych zakreślić jednolitej i obiektywnej skali oceniania zmian miażdżycowych.

Reasumując na podstawie obu analiz oraz przeprowadzonych rozważań można dojść do następujących wniosków:

- miażdżycy naczyń tętniczych jest jednostką chorobową w znacznym stopniu niedoszacowaną jeśli chodzi o standardowo wykonywane badanie sekcyjne i histopatologiczne w przypadkach medyczno-sądowych;
- ze względu na dużą dowolność stosowanych opisów prowadzenie badań retrospektywnych w temacie oceniania miażdżycy nie wnosi rzetelnych informacji pozwalających tylko na ich podstawie budować system klasyfikacyjny;
- badanie sekcyjne pozwala na obserwowanie szerokiego spektrum zmian miażdżycowych od wczesnych „żółtawych plamistości” po wrzodziejące zwapnienia całej ściany;
- pośmiertna tomografia komputerowa umożliwia ocenę światła i przebiegu dużych i średnich naczyń, jednakże uwidacznia tylko uwapnione zmiany miażdżycowe;
- PMCT nie pozwala na dokładną ocenę małych naczyń i zmian nie zwapniałych, lecz jego zapis jest trwały i pozwala na wielokrotne odtwarzanie;
- badania histopatologiczne pozwalają na bardzo dokładną ocenę poszczególnych wycinków naczyń, lecz są zbyt czasochłonne, gdyby chcieć wykorzystywać je w ocenie całego układu krążenia.

Discussion and conclusions

Standard postmortem diagnostics of atherosclerotic lesions currently uses autopsy examination (macroscopic evaluation) and microscopic examination. Postmortem imaging examinations (PMCT/A, MRI/A, USG) are performed on a much more limited basis. The first studies aimed at accurate postmortem evaluation of atherosclerotic lesions and producing their consistent microscopic classification were conducted as early as in the 1960s [8]. However, it was only after about 30 years, during which there were few research projects on the topic [5-7], that a unified and consistent classification of microscopic evaluation of atherosclerotic lesions taking into account their severity and, hence, also the likelihood that a lesion will lead to a cardiovascular accident was created. The American Heart Association, after conducting a number of studies [5-9], presented the following grading scale for atherosclerotic lesions observed under the microscope.

Table V. American Heart Association's microscopic atherosclerosis grading scale

Scale AHA	
Type I:	Initial lesion with multiple foam cells
Type II:	Fatty streak with multiple foam cell layers
Type III:	Pre-atheroma with extracellular lipid pools
Type IV:	Atheroma with a confluent extracellular lipid core
Type V:	Fibroatheroma
Type VI:	Complex plaque with possible surface defect, hemorrhage or thrombus
Type VII (Vb):	Calcified plaque
Type VIII (Vc):	Fibrotic plaque without lipid core

Meanwhile, there are no studies in the publicly available literature strictly in the medico-legal subject relating to the issue of classification of atherosclerosis. In the pathomorphological field, a few studies have been conducted using the above scale in the subject concerning mostly coronary vessels [10] and the association of atherosclerosis with the cause of death from myocardial infarction [11]. Some of the studies were based only on macroscopic and microscopic comparison of lesions [12], while some innovatively used imaging studies as well [13,14]. The results of studies focusing on histopathological evaluation were mainly concerned with the location and grade of individual lesions classified according to the AHA system. They included detailed percentage breakdowns by age and sex [10,15] with appropriate photographic documentation of the lesions observed. However, they concerned only single

Omówienie i wnioski

Standardowa pośmiertna diagnostyka zmian miażdżycowych wykorzystuje obecnie badanie sekcyjne (ocena makroskopowa) oraz badanie mikroskopowe. Pośmiertne badania obrazowe (PMCT/A, MRI/A, USG) wykonywane są w dużo bardziej ograniczonym zakresie. Pierwsze badania mające na celu dokładną pośmiertną ocenę zmian miażdżycowych i wytworzenie ich spójnej klasyfikacji mikroskopowej prowadzone były już w latach 60. XX w. [8] Jednakże dopiero po około 30 latach, w trakcie których powstało niewiele projektów badawczych w temacie [5-7], udało się stworzyć jednolitą i spójną klasyfikację mikroskopowej oceny zmian miażdżycowych uwzględniającej stopień ich zaawansowania a co za tym idzie również prawdopodobieństwo, iż dana zmiana doprowadzi do incydentu sercowo-naczyniowego. American Heart Association po przeprowadzeniu szeregu badań [5-9] przedstawiło następującą skalę stopniującą zmiany miażdżycowe obserwowane pod mikroskopem.

Tabela V. Skala stopniowania zmian miażdżycowych w badaniu mikroskopowym wg Amerykańskiego Towarzystwa Kardiologicznego

Skala AHA	
Typ I:	Początkowa zmiana: skupisko pojedynczych komórek piankowatych
Typ II:	Pasma tłuszczowe z licznymi warstwami komórek piankowatych
Typ III:	Pre-płytką (pre-atheroma) ze skupiskami pozakomórkowych lipidów
Typ IV:	Płytką (atheroma) ze zlewającym się pozakomórkowym lipidowym rdzeniem
Typ V:	Włóknista płytka (fibroatheroma)
Typ VI:	Złożona blaszka z możliwym uszkodzeniem powierzchni, krwawieniem lub zakrzepem
Typ VII (Vb):	Uwapniona blaszka
Typ VIII (Vc):	Włóknista blaszka bez lipidowego rdzenia

Natomiast brak jest badań w ogólnodostępnym piśmiennictwie stricte w temacie medyczno-sądowym odnoszących się do kwestii klasyfikacji miażdżycy. W dziedzinie patomorfologicznej przeprowadzonych zostało kilka badań z wykorzystaniem powyższej skali w temacie dotyczących przeważnie naczyń wieńcowych [10] oraz związku miażdżycy z przyczyną zgonu na tle zawału mięśnia sercowego [11]. Część z badań opierała się jedynie na porównaniu makroskopowego i mikroskopowego zmian [12], część natomiast nowatorsko wykorzystywała również badania obrazowe [13,14]. Wyniki badań skupiających się na ocenie histopatologicznej dotyczyły głównie lokalizacji i stopnia zaawansowania poszczególnych zmian sklasyfikowanych wg systemu AHA. Zawierały one szczegółowe podziały procentowe z uwzględnieniem wieku i płci [10,15] wraz z odpowiednią dokumentacją fotograficzną obserwowanych

sections taken from the coronary vessels or brachial artery, without reference to the entire arterial system in a given individual. A study attempting to correlate atherosclerosis with ischemic heart disease [11] showed that the most common lesion observed was a pre-atheroma (type III), while almost the same amount of atherosclerosis was observed in the left intraventricular artery and the right coronary artery, with 2 or 3 arteries simultaneously occluded in more than a third of cases. However, only 18.4% of cases were diagnosed with myocardial infarction as the cause of death.

Subsequent studies attempted a comparison of data obtained from histopathological evaluation with PMCT. The first one modified the AHA scale [13] adapting it to the experimental gb-PCCT method. Among other things, the modification focused on the presence of calcification and merged grades I/II and IV/V as giving the same morphologic picture on CT. Experimental CT equipment was used, allowing the creation of accurate images of small sections of coronary vessels. The images obtained were comparable macroscopically to those seen under the microscope, which provided an obvious basis for the use of gb-PCCT in targeted evaluation, but contributed nothing to the subject of the use of PMCT in the overall evaluation.

Studies using the technique of accurate, grading, in vivo coronary angiographic assessment (CTA) also provide similar results. As shown in an extensive evaluation of the results of studies performed to date [14], targeted CTA provides the opportunity to accurately assess the stenosis of the artery lumen, the homogeneity of the plaque, the presence of calcification in it and even to assess the thickness of its lipid core. These parameters were attempted to be applied in the widely used Coronary Artery Calcium Score [16] based mainly on the presence of calcifications in plaques and on the number of Hounsfield units (Agatston score [17]), as well as in other systems (CONFIRM risk score, Leaman score) of potential cardiovascular accident risk and death due to that reason [14,18]. Part of the examined features of the plaques appeared to be useful for the systems being created, however, a sufficient number of studies still has not been conducted in order to show the existence of correlations between the character of the plaque observed on CT and death, for example.

Comparing the results of the above studies with the analyses conducted by the authors of this article, similar conclusions can be reached:

- microscopic examinations allow very accurate assessment, but only of one particular section; due to their labor- and time-consumption, they are restricted only to the most important groups of vessels,
- computed tomography examinations used were highly modified in order to obtain also a targeted image, because an overall method did not allow comparatively accurate assessment.

zmian. Jednakże dotyczyły one tylko pojedynczych wycinków pobranych z naczyń wieńcowych lub tętnicy ramiennej, nie dając przełożenia na cały system naczyń tętniczych u danej osoby. Badanie próbujące powiązać miażdżycę z chorobą niedokrwienną serca [11] wykazało, że najczęściej obserwowaną zmianą była preatheroma (typ III) natomiast prawie w takiej samej ilości obserwowano występowanie miażdżycy w lewej tętnicy międzykomorowej oraz prawej tętnicy wieńcowej przy czym w ponad 1/3 przypadków zajęte były 2 lub 3 tętnice jednocześnie. Jednakże tylko w 18,4% przypadków rozpoznano zawał serca jako przyczynę zgonu.

Kolejne badania próbowały porównać dane uzyskane z oceny histopatologicznej z oceną PMCT. Pierwsze z nich dokonało modyfikacji skali AHA [13] dostosowując ją do eksperymentalnej metody gb-PCCT. W modyfikacji m.in. skupiono się na obecności zwapnienia oraz scalono ze sobą stopnie I/II oraz IV/V jako dające tożsamy obraz morfologiczny w CT. Wykorzystano eksperymentalną aparaturę CT pozwalającą na tworzenie dokładnych obrazów małych wycinków naczyń wieńcowych. Uzyskiwane obrazy były porównywalne makroskopowo z obrazami widocznymi pod mikroskopem co dało ewidentne podstawy do wykorzystywania gb-PCCT w ocenie celowanej, lecz nie wniosło nic w temacie wykorzystania PMCT w ocenie całościowej.

Podobny rezultat dają również badania z wykorzystaniem techniki dokładnej, punktowej, angiograficznej oceny naczyń wieńcowych in vivo (CTA). Jak pokazuje obszerna ewaluacja wyników dotychczas przeprowadzonych badań [14] celowane CTA daje możliwość dokładnej oceny zwężenia światła tętnicy, homogenności blaszki, obecności w niej zwapnień a nawet oceny grubości jej lipidowego rdzenia. Parametry te próbowano wykorzystywać zarówno w szeroko stosowanym Coronary Artery Calcium Score [16] opierającym się głównie na obecności zwapnień w blaszkach oraz na ilości jednostek Housfielda (Agatston score [17]), jak i w innych systemach (CONFIRM risk score, Leaman score) oceny potencjalnego ryzyka incydentu sercowo-naczyniowego oraz zgonu na tym tle [14,18]. Część z badanych cech blaszek okazała się użyteczna dla tworzonych systemów jednakże nadal nie przeprowadzono wystarczającej ilości badań, aby móc wykazać istnienie korelacji pomiędzy obserwowanym w CT charakterem blaszki a np. zgonem.

Porównując wyniki powyższych badań z analizami przeprowadzonymi przez autorów niniejszego artykułu można dojść do podobnych wniosków:

- badania mikroskopowe pozwalają na bardzo dokładną ocenę, lecz tylko jednego konkretnego wycinka; ze względu na swoją prac- i czasochłonność ograniczane są tylko do najważniejszych grup naczyniowych,
- badania tomografii komputerowej wykorzystywano mocno zmodyfikowane, aby uzyskać również celowany obraz, gdyż całościowa metoda nie pozwala na porównywalnie dokładną ocenę.

It clearly follows from the above observations that the main problem in atherosclerosis assessment is incommensurability of the methods used, or even lack of their adequate calibration so that they focus specifically on the problem under study.

Thereby, two analyses performed within the Chair and Department of Forensic Medicine of Jagiellonian University Medical College in Krakow in confrontation with the abovementioned literature allow the formulation of one final conclusion, namely, there is no single uniform scale for the assessment of atherosclerosis of arterial vessels in postmortem examinations such as autopsies and imaging tests, therefore there is no possibility of comparison of these lesions and determination of their potential impact on the human organism.

The above analyses also strongly indicate that it is not possible to create a uniform scale of atherosclerotic lesions, in particular encompassing simultaneously various methods of assessment (autopsy, PMCT, histopathological examination), solely on the basis of a retrospective analysis. As it has been demonstrated in this paper, too extensive differences exist in methodology as well as in assessment method of atherosclerotic lesions, in order to develop a universal unified numerical scale of atherosclerotic lesions intensity only on the basis of already conducted examinations. Therefore, the next stage of the present study will be conducting a prospective study, in which targeted detailed and multi-sited assessment of atherosclerotic lesions will make the development of the above-mentioned scale possible.

Jasno wynika z powyższych obserwacji, że głównym problemem w ocenie miażdżycy jest niewspółmierność stosowanych metod, czy też brak ich odpowiedniego skalibrowania tak, aby skupiały się specyficznie na poruszonym problemie.

Tym samym dwie analizy wykonane w ramach Katedry i Zakładu Medycyny Sądowej UJ CM w Krakowie w konfrontacji z powyższym piśmiennictwem pozwalają na sformułowanie jednej finalnej konkluzji: nie istnieje jednolita, precyzyjna skala oceny miażdżycy naczyń tętniczych w pośmiertnych badaniach sekcyjnych i obrazowych przez co brak jest możliwości porównywania tychże zmian chorobowych i określenia ich prawdopodobnego wpływu na organizm ludzki.

Powyższe analizy zdecydowanie również wskazują, że nie jest możliwe utworzenie jednolitej skali zmian miażdżycowych, w szczególności obejmującej jednocześnie różne metody oceny (sekcja zwłok, badanie PCMT, badanie histopatologiczne), jedynie w oparciu o analizę retrospektywną. Jak wykazano w niniejszej pracy istnieją zbyt duże różnice w metodyce jak i sposobie oceny zmian miażdżycowych, aby można było jedynie na podstawie analizy już wykonanych badań opracować uniwersalną, jednolitą skalę liczbową nasilenia zmian miażdżycowych. W związku z tym kolejnym etapem niniejszym badań będzie przeprowadzenie pracy prospektywnej, w której celowana, szczegółowa i wielomiejskowa ocena zmian miażdżycowych umożliwi opracowanie wspomnianej powyżej skali.

References | Piśmiennictwo

1. Herrington W., Lacey B., Sherliker P., Armitage J., Lewington S., : Epidemiology of Atherosclerosis and the Potential to Reduce the Global Burden of Atherothrombotic Disease; *Circulation Research* February 19, 2016
2. Jaegermann K., Próchnicka B., Variation in the occurrence and intensity of atherosclerosis in the main arterial regions, *Acta Medica Polona* 1965, VI, 4, 473
3. Jaegermann K., Coronary atherosclerosis and sudden coronary death, 1964
4. Marek Z., Diagnostyka morfologiczna i biochemiczna w nagłych zgonach wieńcowych i ostrej niewydolności mięśnia serca, *Kraków* 1967
5. Stary H.C., Blankenhorn D.H., Bleakley Chandler A., Glagov S., Insull Jr. W., Richardson M., Rosenfeld M.E., Schaffer S.A., Schwartz C.J., Wagner W.D., Wissler R.W. : A Definition of the Intima of Human Arteries and of Its Atherosclerosis-Prone Regions; *American Heart Association Statement, Arteriosclerosis and Thrombosis* Vol 12, No 1 January 1992
6. Stary H.C., Bleakley Chandler A., Glagov S., Guyton J. R., Insull Jr. W., Richardson M., Rosenfeld M.E., Schaffer S.A., Schwartz C.J., Wagner W.D., Wissler R.W. : A Definition of Initial, Fatty Streak, and Intermediate Lesions of Atherosclerosis; *American Heart Association, Arteriosclerosis and Thrombosis* Vol 14, No 5 May 1994
7. Stary H.C., Bleakley Chandler A., Dinsmore R. E., Fuster V., Glagov S., William Insull W. Jr, Rosenfeld M. E., Schwartz C. J., Wagner W. D., Wissler R. W.: A Definition of Advanced Types of Atherosclerotic Lesions and a Histological Classification of Atherosclerosis; *American Heart Association* 1995;92:1355-1374.

8. Uemura K., Sternby N., Vanmek R., Vihert A., Kagan A. : Grading Atherosclerosis in Aorta and Coronary Arteries obtained at Autopsy; Bull. Org. mond. Sante, Bull. Wld Hlth Org. 1964, 31, 297-320
9. Stary H.C. : Natural History and Histological Classification of Atherosclerotic Lesions An Update; American Heart Association, Arterioscler Thromb Vasc Biol. 2000;20:1177-1178.
10. Bhanwadia V.M., Desai N.J., Agarwal N.M. : Study of Coronary Atherosclerosis by Modified American Heart Association Classification of Atherosclerosis-An Autopsy Study; Journal of Clinical and Diagnostic Research. 2013 Nov, Vol-7(11): 2494-2497
11. Porwal V., Khandelwal S., Jain D., Gupta S.: Histological Classification of Atherosclerosis and Correlation with Ischemic Heart Disease: A Autopsy Based Study; Annals of Pathology and Laboratory Medicine, Vol. 03, No. 02, April – June 2016
12. Otsuka F., Kramer M.C.A., Woudstra P., Yahagi K., Ladich E., Finn A.V., de Winter R.J., Kolodgie F.D., Wight T.N.; : Natural Progression of Atherosclerosis from Pathologic Intimal Thickening to Late Fibroatheroma in Human Coronary Arteries: A Pathology Study; Atherosclerosis. 2015 August; 241(2):772-782. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2015.05.011.
13. Hetterich H., Webber N., Willner M., Herzen J., Birnbacher L., Hipp A., Marschner M., Auweter S.D., Habel C., Schüller U., Bamberg F., Ertl-Wagner B., Pfeiffer F., Saam T. : AHA classification of coronary and carotid atherosclerotic plaques by grating-based phase-contrast computed tomography; European Society of Radiology 2015, Eur Radiol (2016) 26:3223-3233
14. Kolossvary M., Szilveszter B., Merkely B., Maurovich-Horvat P. : Plaque imaging with CT – a comprehensive review on coronary CT angiography based risk assessment; Cardiovasc Diagn Ther 2017; 7(5):489-506
15. Sorensen K.E., Kristensen I.B., Celermajer D.S.: Atherosclerosis in the Human Brachial Artery; JACC Vol. 29, No. 2 February 1997:318 -22
16. Ornellas Neves P, Andrade J, Moncao H., : Coronary Artery Calcium Score; Radiol Bras. 2017 Mai/Jun;50(3):182-189
17. Michaud K, Magnin V, Faouzi M, Fracasso T, Aguiar D, Dedouit F, Grabherr S., Postmortem coronary artery calcium score in cases of myocardial infarction, Int J Leg Med (2021) 135:1829-1836
18. Michaud K, Grabherr S, Doenz F, Magnin 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, Jan 2012

Corresponding author:

Ewa Juźwik-Kopacz
Katedra i Zakład Medycyny Sądowej UJ CM
ewa.juzwik@op.pl

Date:

date of submission | data nadesłania
23.02.2024
acceptance date | data akceptacji:
16.04.2024

ORCID:

lek. med. Ewa Juźwik-Kopacz: 0000-0001-8174-5108
lek. med. Aleksander Kozak
dr. n. med. Ewa Rzepecka-Woźniak: 0000-0002-7935-8704
dr hab. n. med. Krzysztof Woźniak: 0000-0002-8114-414X
dr n. med. Paweł Kopacz: 0000-0001-9196-4929
dr. n. med. Artur Moskała: 0000-0002-3281-5779