

# Zastosowanie dwuzródłowej tomografii komputerowej w obrazowaniu anomalii tętnic wieńcowych

## *Dual source computed tomography in visualization of coronary artery anomalies*

Maksymilian P. Opolski, Jerzy Pręgowski, Cezary Kępka, Mariusz Kruk, Radosław Pracoń, Witold Rużyłło

I Klinika Choroby Wieńcowej, Samodzielna Pracownia Hemodynamiki, Instytut Kardiologii, Warszawa

Post Kardiol Interw 2008; 4, 4 (14): 133-145

### Streszczenie

**Cel:** Opis przydatności dwuzródłowej tomografii komputerowej w nieinwazyjnym obrazowaniu anomalii tętnic wieńcowych.

**Metodyka:** Ze zbioru 680 badań tomografii komputerowej tętnic wieńcowych wykonanych przy użyciu dwuzródłowego tomografu komputerowego wyselekcjonowano badania chorych z ektopowym odejściem tętnicy wieńcowej z przeciwległej zatoki wieńcowej, rotacją zatok i obecnością przetok wieńcowych. Analizowano warstwy o grubości 0,6 mm w rekonstrukcjach MPR, MIP i VR przy użyciu protokołów akwizycyjnych retrospektywnie brankowanych zapisem EKG. We wszystkich przypadkach analizowano miejsce odejścia, przebieg i zakończenia anomalii tętnic wieńcowych.

**Wyniki:** Stwierdzono 11 anomalii tętnic wieńcowych (7 mężczyzn, 4 kobiety, wiek 33–76 lat), co stanowiło 1,62% (11/680) wykonanych badań. We wszystkich przypadkach uwidoczniono miejsce odejścia i przebieg anomalii – lewa tętnica wieńcowa (n=2) i gałąź okalająca (n=3) odchodzące z prawej zatoki wieńcowej, prawa tętnica wieńcowa z lewej zatoki wieńcowej (n=3), rotacja zatok wieńcowych (n=2) i jeden przypadek przetoki między gałęzią okalającą a prawym przedsionkiem. U wszystkich chorych z lewą lub prawą tętnicą wieńcową odchodzącą z przeciwległej zatoki wieńcowej (n=5) stwierdzono przebieg śród tętniczy między aortą a pniem płucnym, w tym u 3 chorych istotne zawężenie światła ektopowej tętnicy wieńcowej. U 4 chorych (36,4% wykrytych anomalii) wskazaniem do wykonania tomografii komputerowej było nieuwidocznienie tętnic wieńcowych w inwazyjnej koronarografii.

**Wnioski:** Dwuzródłowa tomografia komputerowa jest skuteczną i nieinwazyjną metodą wykrywania i oceny przebiegu anomalii tętnic wieńcowych.

**Słowa kluczowe:** dwuzródłowa tomografia komputerowa, anomalie tętnic wieńcowych, obrazowanie tętnic wieńcowych

### Abstract

**Aim:** We investigated the potential of dual source computed tomography for non-invasive evaluation of coronary artery anomalies.

**Methods:** Patients with anomalous origin of a coronary artery from the opposite sinus of Valsalva, rotation of the aortic root and coronary artery fistula were selected from a total of 680 individuals examined with dual source computed tomography including thin MIP, MPR and VR post-processing. Images were reconstructed with a slice thickness of 0.6 mm using retrospective ECG-gated reconstruction. The selected data sets were analysed with respect to the origin, course and termination of the coronary artery anomalies.

**Results:** A total of 11 patients (7 men, 4 women, 33-76 years) with anomalous coronary arteries were identified. The incidence of anomalous coronary arteries was 1.62% (11/680). The origins and course were clearly visualized in all patients, including right-sided origin of the left main (n=2) and left circumflex (n=3) arteries; left-sided origin

---

**Adres do korespondencji/Corresponding author:** Maksymilian P. Opolski, I Klinika Choroby Wieńcowej, Samodzielna Pracownia Hemodynamiki, Instytut Kardiologii, ul. Alpejska 42, 04-628 Warszawa, tel.: +48 501 444 303, e-mail: maxopol@gmail.com  
Praca wpłynęła 22.10.2008, wersja poprawiona wpłynęła 18.11.2008, przyjęta do druku 21.11.2008.

of the right coronary artery (n=3); rotation of the aortic root (n=2) and one coronary fistula from the left circumflex to the right atrium. All patients with right-sided origin of the left main and left-sided origin of the right coronary artery (n=5) showed an interarterial course and 3 were judged as 'malignant' because of the significant compression between the aortic root and the pulmonary trunk. Four out of 11 patients (36.4%) with coronary anomalies were referred for computed tomography due to non-selective cannulation in coronary angiography.

**Conclusions:** This study demonstrates that dual source computed tomography is an accurate and non-invasive technique to identify and define the course of anomalous coronary arteries.

**Key words:** dual source computed tomography, coronary artery anomalies, coronary imaging

## Wstęp

Wrodzone anomalie tętnic wieńcowych występują u 0,6–1,2% osób poddanych koronarografii [1–3]. Większość z nich to anomalie łagodne, wykrywane przypadkowo i pozbawione znaczenia klinicznego. Anomalie złośliwe mogą jednak prowadzić do niedokrwienia mięśnia sercowego i nagłej śmierci z przyczyn sercowo-naczyniowych, szczególnie u nastolatków i młodych osób dorosłych [3–10, 75]. Z tego powodu prawidłowe rozpoznanie i określenie znaczenia klinicznego danej anomalii ma decydujący wpływ na dalsze postępowanie i rokowanie chorego.

Dotychczas rozpoznanie wrodzonej anomalii tętnic wieńcowych stawiano najczęściej na podstawie koronarografii. Należy jednak pamiętać, że konwencjonalna angiografia ma wiele ograniczeń, które są związane z dwuwymiarową wizualizacją złożonego obrazu trójwymiarowego i trudnością selektywnego uwidocznienia ujść tętnic wieńcowych [11–13]. Nie pozwala to na dokładne zobrazowanie przebiegu tętnicy względem sąsiadujących struktur anatomicznych, a liczba pomyłek diagnostycznych może dochodzić nawet do 50% (opisanie anomalii jako tętnicy przewlekle zamkniętej, szczególnie przy nieselektywnym podaniu kontrastu) [12, 14]. Ostatnio w diagnostyce anomalii tętnic wieńcowych coraz częściej wykorzystuje się nieinwazyjne metody obrazowania, takie jak wielorzędowa tomografia komputerowa (ang. *multi-detector computed tomography*, MDCT) czy rezonans magnetyczny [15–20]. Szczególne znaczenie przypisuje się MDCT, która pozwala na prawidłowe rozpoznanie i dokładną wizualizację anomalii tętnic wieńcowych [17–20]. Niedawno Earls wykazał skuteczność rekonstrukcji w dowolnie wybranej płaszczyźnie (ang. *multiplanar reformed reconstruction*, MPR), najwyższych natężeń (ang. *maximum intensity projection*, MIP) i trójwymiarowych rekonstrukcji objętościowych (ang. *volume-rendered*, VR) MDCT w wykrywaniu i precyzyjnej ocenie przebiegu anomalii tętnic wieńcowych względem aorty i pnia płucnego [21].

Kardiologzy kwalifikujący i opisujący wynik tomografii komputerowej tętnic wieńcowych (koro-CT) powinni być świadomi częstości występowania, rodzaju i znaczenia klinicznego anomalii tętnic wieńcowych [3]. Jednocześnie wydaje się, że wraz z rozwojem nowych, nieinwazyjnych metod obrazowania, obejmujących coraz większą

część populacji, liczba wykrywanych anomalii wieńcowych będzie rosła [20]. Niniejszy artykuł ma za zadanie przybliżyć Czytelnikowi problematykę wybranych anomalii tętnic wieńcowych i ich znaczenie kliniczne na przykładzie wybranych przypadków spośród kolejnych 680 badań koro-CT w Pracowni Tomografii Komputerowej Instytutu Kardiologii w Warszawie.

## Znaczenie kliniczne i podział anomalii tętnic wieńcowych

Najczęściej anomalie tętnic wieńcowych dzielimy na podstawie ich lokalizacji na anomalie odejścia, przebiegu i zakończenia tętnicy wieńcowej według zmodyfikowanej klasyfikacji Greenberga (tab. 1.) [22, 23]. Wprowadzono również podział kliniczny, oparty na współwystępowaniu danej anomalii z istotnym niedokrwieniem mięśnia sercowego i zwiększonym ryzykiem nagłej śmierci sercowo-naczyniowej [23, 24]. Do istotnych klinicznie anomalii tętnic wieńcowych należą: ektopowe odejście lewej (LTW) lub prawej tętnicy wieńcowej (PTW) od pnia płucnego, przebieg śród tętniczy (pomiędzy aortą a pniem płucnym) LTW lub PTW odchodzącej z przeciwległej zatoki wieńcowej, złośliwy mostek mięśniowy i wrodzona przetoka tętnicy wieńcowej. Natomiast wysokie odejście tętnicy wieńcowej ponad zatoką wieńcową, niezależne odejście gałęzi przedniej zstępującej (GPZ) i gałęzi okalającej (GO) od aorty, większość mostków mięśniowych oraz zdwojenie tętnicy wieńcowej zalicza się do anomalii łagodnych, bez istotnego znaczenia klinicznego [24]. Uważa się, że około 80% anomalii tętnic wieńcowych ma przebieg łagodny (anomalie łagodne), podczas gdy pozostałe 20% może być przyczyną dolegliwości stenokardialnych i nagłej śmierci z przyczyn sercowo-naczyniowych (anomalie złośliwe) [2].

## Ektopowe odejście LTW lub PTW z przeciwległej zatoki wieńcowej

Ektopowe odejście LTW lub PTW z przeciwległej zatoki wieńcowej należy do najczęściej spotykanych anomalii, zagrażających niedokrwieniem mięśnia sercowego i nagłą śmiercią sercowo-naczyniową [21]. W zależności od miejsca odejścia i rodzaju naczynia o nieprawidłowym przebiegu, wyróżniamy następujące rodzaje tej anomalii: PTW odchodząca z lewej zatoki wieńcowej, LTW z prawej zatoki wieńcowej, GO lub GPZ z prawej zatoki wieńcowej i LTW lub PTW odchodzące od aorty poza zatoką

wieńcową. Miejsce ektopowego odejścia może być przedłowe, wysokie lub niskie. Na podstawie położenia proksymalnego odcinka ektopowej tętnicy wieńcowej w stosunku do aorty i pnia płucnego wyróżniamy cztery podstawowe rodzaje jej przebiegu (ryc. 1.): (a) przedni – do przodu od drogi odpływu z prawej komory; (b) śród-tętnicy – między aortą a pniem płucnym; (c) tylny – do tyłu od aorty; (d) śródprzegrodowy – w mięśniowej części przegrody międzykomorowej. Podczas gdy przebieg przedni, tylny i śródprzegrodowy nie są związane z istotnym hemodynamicznym niedokrwieniem mięśnia sercowego, rozpoznanie przebiegającej śród-tętnicy LTW lub PTW zwiększa ryzyko nagłej śmierci z przyczyn sercowo-naczyniowych [4, 25]. Przyjmuje się, że biegnąca śród-tętnicy tętnica wieńcowa predysponuje do istotnego niedokrwienia ze względu na ostry kąt odejścia od aorty, zwężenie i skośne ułożenie ostium, zagięcie i rozciąganie biegnącej śród-tętnicy tętnicy oraz kompresje między zwiększającymi swoją objętość podczas wysiłku aortą i pniem płucnym [3, 5]. Należy podkreślić, że większość z wymienionych cech złośliwego przebiegu ektopowej tętnicy wieńcowej można uwidocznic za pomocą MDCT.

Częstość PTW odchodzącej z lewej zatoki wieńcowej jako oddzielne naczynie lub gałąź LTW ocenia się na 0,03–0,17% u osób poddanych koronarografii [2, 26]. Najczęściej obserwuje się przebieg śród-tętnicy [2], związany z nagłą śmiercią z przyczyn sercowo-naczyniowych [25]. Podobnie, LTW odchodząca z prawej zatoki wieńcowej jako oddzielne naczynie lub gałąź PTW występuje z częstością 0,09–0,11% w koronarografii, a przebieg śród-tętnicy spotyka się aż u 75% chorych [5, 27]. Przebieg śród-tętnicy początkowego odcinka tętnicy wieńcowej może również wynikać z rotacji zatok wieńcowych [28]. Za istotny przyjmuje się obrót podstawy aorty o 45–90°. Kierunek rotacji zatok wieńcowych określa się jako zgodny lub przeciwny do ruchu wskazówek zegara. Opisano również przypadki odejścia GO lub GPZ z prawej zatoki wieńcowej. Odejście GO z prawej zatoki wieńcowej jako oddzielne naczynie lub gałąź PTW zalicza się do najczęstszych anomalii tętnic wieńcowych z częstością 0,32–0,67% w populacji i nie ma związku z nagłą śmiercią z przyczyn sercowo-naczyniowych (przebieg z tyłu aorty) [16, 26, 27]. Izolowane odejście PTW lub LTW poza zatoką wieńcową występuje bardzo rzadko i nie ma istotnego znaczenia klinicznego.

### Postępowanie w ektopowym odejściu LTW lub PTW z przeciwległej zatoki wieńcowej o przebiegu śród-tętniczym

Leczenie operacyjne wciąż jest najskuteczniejszą metodą postępowania u chorych objawowych z przebiegającą śród-tętnicy LTW lub PTW [29]. Ze względu na niską częstość występowania anomalii, trudności w stratyfikacji ryzyka u chorych z niedokumentowanym niedokrwieniem mięśnia sercowego oraz brak długoterminowej obserwacji po zabiegu operacyjnym, obecnie

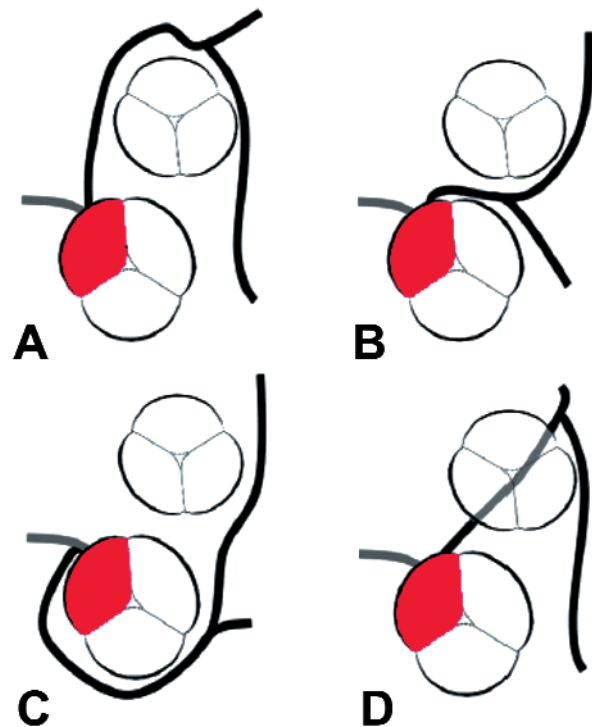
**Tabela 1.** Podział anomalii tętnic wieńcowych. Zmodyfikowano na podstawie Kim i wsp. [23]

**Table 1.** Classification of coronary artery anomalies. Modified according to Kim et al. [23]

Anomalie tętnic wieńcowych
Anomalie odejścia
Wysokie odejście
Odejście od pnia płucnego*
Odejścia z przeciwległej zatoki wieńcowej (przebieg przedni, śródprzegrodowy, śród-tętnicy* i tylny)
Mnogie ujścia
Pojedyncza tętnica wieńcowa
Anomalie przebiegu
Zdwojenie tętnicy wieńcowej
Mostek mięśniowy*
Anomalie zakończenia
Przetoka wieńcowa*
Połączenia z naczyniami pozasercowymi
Arkady wieńcowe

\*Anomalie istotne hemodynamicznie, związane z niedokrwieniem mięśnia sercowego

\*Hemodynamically significant anomalies associated with myocardial perfusion abnormalities



**Ryc. 1.** Przebieg odchodzącej z przeciwległej zatoki wieńcowej LTW. A – przedni, B – śród-tętnicy, C – tylny, D – śródprzegrodowy. Zmodyfikowano na podstawie Earls [21]

**Fig. 1.** Possible pathways for the anomalous LCA. A – anterior course, B – inter-arterial course, C – retroaortic course, D – septal course. Modified according to Earls [21]

LCA – left coronary artery

leczenie chirurgiczne zaleca się jedynie u osób objawowych <30. roku życia, z udokumentowanym niedokrwieniem, zaburzeniami rytmu lub omdleniami w wywiadzie [29, 30]. Wskazania do zabiegu chirurgicznego u osób: (1) bezobjawowych <30. roku życia, bez udokumentowanego niedokrwienia, (2) >30. roku życia z lub bez udokumentowanego niedokrwienia, (3) o niespecyficznych objawach i bez udokumentowanego niedokrwienia niezależnie od wieku, pozostają kontrowersyjne, a skuteczność zabiegów nie została udowodniona [29].

Spośród metod chirurgicznych najczęściej wykonuje się wszczepienie pomostu aortalno-wieńcowego dystalnie do odcinka śród tętniczego LTW lub PTW. Metoda ta okazała się skuteczna w zmniejszaniu objawów i eliminacji istotnego hemodynamicznie niedokrwienia mięśnia sercowego [31–33]. Opisywano jednak przypadki wykrzepiania pomostu tętniczego przy braku istotnego zwężenia biegnącej ektopowo tętnicy wieńcowej ze względu na konkurencyjny napływ krwi przez tętnicę natywną [34]. Dlatego niektórzy autorzy zalecają modyfikację zabiegu, z podwiązaniem ektopowej tętnicy wieńcowej proksymalnie do miejsca anastomozy z pomostem tętniczym [31, 35]. Wciąż jednak brakuje prospektywnej i długoterminowej obserwacji chorych po zabiegu pomostowania aortalno-wieńcowego, a drożność pomostu wydaje się najistotniejszym ograniczeniem metody [29, 36]. Alternatywą są nowe techniki operacyjne, takie jak przeszczepienie ostium ektopowej tętnicy wieńcowej w miejsce prawidłowego odejścia od aorty czy zabieg wycięcia biegnącej śródściennie tętnicy wieńcowej z plastyką i rekonstrukcją ostium [37–40]. Niestety, również te zabiegi obarczone są powikłaniami w postaci okluzji przeszczepionych tętnic wieńcowych czy niedomykalności i uszkodzenia zastawki aortalnej po zabiegu plastyki i rekonstrukcji ostium [34, 39, 40]. Dlatego optymalnym postępowaniem wydaje się indywidualny wybór rodzaju operacji na podstawie: (1) obecności biegnącego śródściennie odcinka tętnicy wieńcowej wzdłuż aorty, (2) przebiegu względem płatków zastawki aortalnej oraz (3) szerokości i kształtu położonego ektopowo ostium.

Leczenie zachowawcze chorych z ektopowym odejściem tętnicy z przeciwległej zatoki wieńcowej z zastosowaniem leków beta-adrenolitycznych okazało się skuteczne w prewencji pierwotnej śmierci z przyczyn sercowo-naczyniowych [29]. W jednym z badań podczas podawania beta-adrenolityków 56 chorym nie odnotowano żadnego przypadku nagłego zgonu w ciągu 5 lat obserwacji [41]. Obecnie panuje jednak przekonanie o konieczności ostrożnego wdrażania przewlekłego leczenia farmakologicznego, szczególnie u dzieci i młodych osób dorosłych. Potencjalnymi kandydatami będą natomiast osoby niezakwalifikowane do operacji lub niewyrażające na nią zgody [29]. Ponadto chorym zaleca się rezygnację z wyczynowego uprawiania sportów oraz unikanie wysiłków statycznych [29, 42].

Ciekawe wyniki uzyskano również dzięki zastosowaniu leczenia interwencyjnego. W niewielkim badaniu u 14 osób z udokumentowanym niedokrwieniem mięśnia sercowego w miejsce przebiegającej śród tętniczo tętnicy wieńcowej implantowano stent wewnątrz naczyniowy [43]. Koronarografia i scyntygrafia serca przeprowadzone w 6. i 12. miesiącu po implantacji potwierdziły utrzymujący się dobry efekt zabiegu oraz ustąpienie niedokrwienia u wszystkich chorych.

### Przetoka tętnicy wieńcowej

Przetoka wieńcowa to niefizjologiczne połączenie między tętnicą wieńcową a jamami serca, pniem płucnym, zatoką wieńcową lub żyłą główną górną. Występuje z częstością 0,1–0,2% u chorych poddanych koronarografii i w 50% przypadków ma początek w PTW – pozostałe przetoki odchodzą od GPZ, GO i ich odgałęzień [24, 44]. Miejscem drenażu są w kolejności występowania: prawa komora (45%), prawy przedsionek (25%), pień płucny (15%), lewa komora (3%) i żyła główna górna (1%) [45]. Z powodu zwiększonego napływu krwi zmieniona tętnica jest zwykle poszerzona i kręta, a miejsce drenażu rozdziela się na splot drobnych tętnic biegnących śródściennie [46]. Niewielkie przetoki są najczęściej wykrywane przypadkowo i nie mają znaczenia klinicznego, podczas gdy większe mogą powodować istotne niedokrwienie, zawał mięśnia sercowego, niewydolność serca, nadciśnienie płucne, zaburzenia rytmu, infekcyjne zapalenie wsierdza, nagłą śmierć z przyczyn sercowo-naczyniowych, a nawet pęknięcie lewej komory [47–49]. Wymienione powikłania wynikają z „zespołu podkradania” oraz przeciężenia objętościowego prawej lub lewej komory i zależą od miejsca ujścia i oporu przetoki [50]. Najczęściej przetoki wieńcove powiększają się wraz z upływem czasu, a objawy kliniczne ulegają nasileniu w 5. i 6. dekadzie życia; znane są tylko nieliczne przypadki samoistnego zamknięcia przetoki [47, 51]. Wyniki testów wysiłkowych są często fałszywie ujemne lub niediagnostyczne [3].

### Postępowanie w przetoce tętnicy wieńcowej

Ponieważ przetoki tętnic wieńcowych mają tendencję do progresji, uważa się, że chorzy objawowi z udokumentowanym niedokrwieniem lub postępującym i istotnym przeciekiem lewo-prawym ( $Q_p/Q_s > 1,5$ ) powinni zostać poddani zabiegowi zamknięcia przetoki [52–54]. Pomimo to wciąż brakuje jednoznacznych wytycznych, a prawidłowe postępowanie w bezobjawowej przetoce wieńcowej nie zostało sprecyzowane [55, 56]. Stosowane są dwie metody terapeutyczne – leczenie chirurgiczne i przezskórne.

Złotym standardem w terapii przetok wieńcowych jest leczenie chirurgiczne, którego skuteczność i bezpieczeństwo zostały potwierdzone w długich obserwacjach klinicznych [57–59]. Do najczęściej stosowanych technik operacyjnych należą: zamknięcie dystalnego ujścia prze-



toki, styczne zszycie miejsca odejścia od natywnej tętnicy wieńcowej, podwiązanie dystalnego i/lub proksymalnego odcinka przetoki oraz podwiązanie odejścia przetoki w obrębie tętniaka tętnicy wieńcowej. Poszczególnym rodzajem operacji może dodatkowo towarzyszyć wytworzenie pomostu aortalno-wieńcowego. W doświadczeniu, które przeprowadzili Reul i wsp., całkowita śmiertelność po operacji chirurgicznego zamknięcia przetoki w okresie 37,5 roku obserwacji wyniosła 2% (2 z 98 chorych) [36]. Mimo tak dobrych wyników częstość nawrotów ocenia się na 16–22%, a śmiertelność, choć odpowiednio niska, wzrasta wraz z wiekiem i stopniem zaawansowania choroby wieńcowej [47, 56].

Wraz z rozwojem kardiologii interwencyjnej coraz częściej przetoki wieńcowe zamyka się, wykorzystując nowoczesne i mało inwazyjne techniki przezskórne, szczególnie u chorych po wcześniejszych zabiegach kardiologicznych [49, 60]. Głównymi zaletami takiego leczenia są niższa śmiertelność, krótszy okres rekonwalescencji i mniejszy koszt hospitalizacji [61]. Dotychczas najszerze zastosowanie znalazły koile (ang. coils) – pierwszego udanego zamknięcia przetoki przy ich użyciu dokonał Issenberg w 1990 r. [62]. Mavroudis i wsp. uważają, że zastosowanie koili jest uzasadnione pod warunkiem spełnienia następujących kryteriów: brak przetok mnogich, pojedyncze i wąskie ujście przetoki, brak dużych gałęzi naczyniowych odchodzących bezpośrednio od przetoki i bezpieczne dojście do tętnicy wieńcowej zaopatrującej przetokę [57]. Opisano również przypadki skutecznego zamknięcia przetok z wykorzystaniem korków Amplatzer, podwójnych parasolek, stentów oraz stentgraftów zarówno z dojścia od odpowiedniej tętnicy wieńcowej, jak i wstecznie z miejsca ujścia przetoki [63–66]. Skuteczność zabiegów przezskórnych wynosi od 50–92%, a przetrwały przepływ krwi przez przetokę obserwuje się u 20% chorych [67–69]. Opisywano powikłania w postaci zatorowości dystalnej i dyssekcji przetoki [70]. Ze względu na zwiększone ryzyko restenozy (do 35%) i podostrej zakrzepicy (5–7%) implantację stentów i stentgraftów zaleca się głównie u chorych z zabezpieczoną wcześniej tętnicą wieńcową po operacji wszczepienia pomostu aortalno-wieńcowego [71–73]. Należy podkreślić szybki rozwój nowych technologii stosowanych w cewnikach i urządzeniach do okluzji, który istotnie zwiększa bezpieczeństwo zabiegów endowaskularnych.

## Metodyka

W okresie od lutego do października 2008 r. w Pracowni Tomografii Komputerowej Instytutu Kardiologii w Warszawie wykonano 680 badań koro-CT. Większość chorych została skierowana na badanie koro-CT w celu wykluczenia lub oceny zaawansowania rozpoznanej wcześniej choroby wieńcowej. W analizie retrospektywnej uwzględniono chorych z wrodzonymi anomaliami tętnic wieńcowych w postaci ektopowego odejścia LTW lub PTW z przeciwległej zatoki wieńcowej, rotacji zatok wieńcowych oraz obecności przetok wieńcowych.

Wszystkie badania wykonano za pomocą dwuzródłowego tomografu komputerowego (Somatom Definition, Siemens, Niemcy) przy użyciu spiralnych protokołów akwizycyjnych retrospektywnie bramkowanych zapisem EKG (czas obrotu 0,3 s, 120 kV). W celu uzyskania zadowalającej jakości obrazów w czasie badania podawano rutynowo nitroglicerynę oraz w zależności od częstości rytmu serca leki beta-adrenolityczne. W czasie skanowania, po wykonaniu szybkiego wlewu testowego przy użyciu strzykawki automatycznej podawano jodowy środek kontrastowy. Analizę postprocesingową wykonano w rekonstrukcjach MPR, MIP i VR. Analizowano warstwy o grubości 0,6 mm.

## Wyniki

W analizie retrospektywnej stwierdzono 11 przypadków wrodzonych anomalií tętnic wieńcowych, co stanowiło 1,62% (11/680) wszystkich badań koro-CT. Średni wiek osób z anomaliami tętnic wieńcowych wyniósł 53,8 roku (zakres 33–76 lat, 7 mężczyzn, 4 kobiety). U 4 chorych (36,4% wykrytych anomalií) wskazaniem do badania koro-CT było nieuwidocznienie tętnic wieńcowych w inwazyjnej koronarografii.

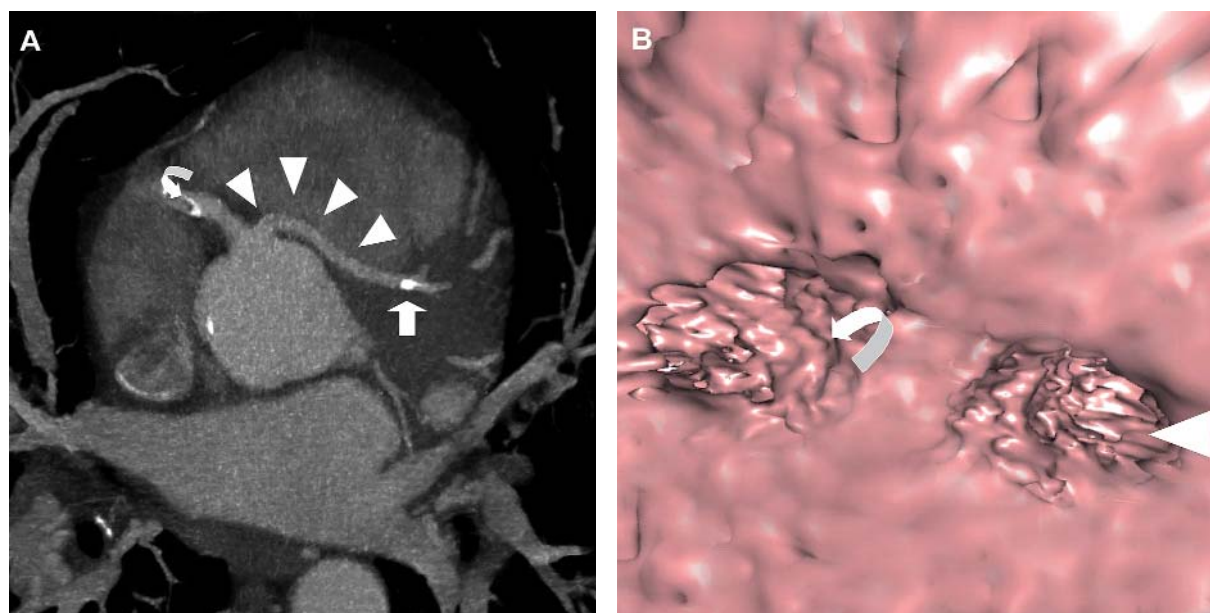
Ektopowe odejście tętnicy wieńcowej z przeciwległej zatoki wieńcowej stwierdzono u 8 (1,18%) chorych – w tym 3 (0,44%) PTW odchodzące z lewej zatoki wieńcowej, 2 (0,3%) pnie LTW z prawej zatoki wieńcowej i 3 (0,44%) GO z prawej zatoki wieńcowej. Wszystkie przypadki ektopowych LTW (bez GO) i PTW miały przebieg śród tętnicy między aortą a pniem płucnym (3 PTW z zawężaniem i 2 pnie LTW bez zawężania światła naczynia). W przypadku GO odchodzącej z prawej zatoki wieńcowej stwierdzono przebieg do tyłu od aorty, bez ucisku proksymalnego odcinka tętnicy. Dodatkowo opisano 2 (0,3%) chorych z rotacją zatok wieńcowych i przesunięciem proksymalnego odcinka PTW między aortę a pień płucny, ale bez istotnego modelowania światła tętnicy. U wszystkich chorych z rotacją zatok stwierdzono wysokie odejście PTW ponad prawą zatoką wieńcową. Ponadto odnotowano jeden (0,15%) przypadek przetoki wieńcowej, uchodzącej do prawego przedsionka.

Leczenie operacyjne przeprowadzono jedynie u chorego z przetoką GO. U pozostałych chorych z istotnym zawężaniem światła biegnącej śród tętnicy PTW zdecydowano się na leczenie zachowawcze (beta-adrenolityk i/lub unikanie dużych wysiłków) i dalszą obserwację.

## Opis wybranych przypadków klinicznych

### Przypadek 1 (ryc. 2.)

Mężczyzna 50-letni ze stwierdzoną w koronarografii z 1999 r. anomalią LTW odchodzącej ektopowo z prawej zatoki wieńcowej został przyjęty do celu diagnostyki nasilających się od 2 miesięcy niespecyficznych dolegliwości bólowych w klatce piersiowej i uczucia kołatania serca. W wywiadzie napadowe migotanie przedsionków,



**Ryc. 2. A** – Lewa tętnica wieńcowa (małe strzałki) odchodząca z prawej zatoki wieńcowej, o przebiegu śród tętniczym między aortą a pniem płucnym bez modelowania światła naczyń. Widoczna zwapniala blaszka miażdżycowa w dystalnej części pnia LTW (duża strzałka) i w PTW (wygięta strzałka). Rekonstrukcja MIP. **B** – Widoczne oddzielne ostia PTW (wygięta strzałka) i LTW (mała strzałka) w prawej zatoce wieńcowej. Rekonstrukcja wewnątrz naczyniowa

**Fig. 2** – Left coronary artery (arrowheads) originated from the right coronary sinus following an interarterial course between the aortic root and the pulmonary trunk. Note there is no significant compression of the proximal portion of LCA. Calcified plaque in distal left main (arrow) and RCA (curved arrow). Oblique MIP image. **B** – Right coronary artery (curved arrow) and LCA (arrowhead) originated separately from the right aortic sinus. Intraluminal endoscopic view

LCA – left coronary artery, RCA – right coronary artery, MIP – maximum intensity projection

cukrzyca typu 2, nadciśnienie tętnicze, hiperlipidemia, przewlekła obturacyjna choroba płuc i nietolerancja leków beta-adrenolitycznych. W badaniu scyntygraficznym (ang. *single photon emission computed tomography*, SPECT) stwierdzono odwracalne upośledzenie perfuzji ściany przedniej i koniuszka. Próba wysiłkowa EKG była dodatnia klinicznie i elektrokardiograficznie nad ścianą dolną i boczną (maksymalne obciążenie – 10 MET), w badaniu holterowskim nie wykryto istotnych zaburzeń rytmu i przewodzenia. Badanie koro-CT wykonano w celu potwierdzenia i oceny przebiegu anomalii LTW.

W koro-CT stwierdzono ciasne zwężenie w środkowym odcinku masywnie zwapniałej PTW oraz potwierdzono obecność anomalii LTW odchodzącej ektopowo z prawej zatoki wieńcowej, o przebiegu śród tętniczym między aortą a pniem płucnym, bez cech zawężania światła naczyń. W GPZ i GO zmiany przyścienne.

W badaniu koronarograficznym potwierdzono istotne zwężenie PTW i zakwalifikowano chorego do planowej przeszłokrojnej interwencji wieńcowej (ang. *percutaneous coronary intervention*, PCI) – chory nie wyrażał zgody na ewentualne leczenie kardiochirurgiczne. Miesiąc później wykonano skuteczny zabieg PCI PTW z implantacją stentu  $3,5 \times 23$  mm powlekanego rapamycyną. Ze względu na nietolerancję nieselektywnych leków beta-

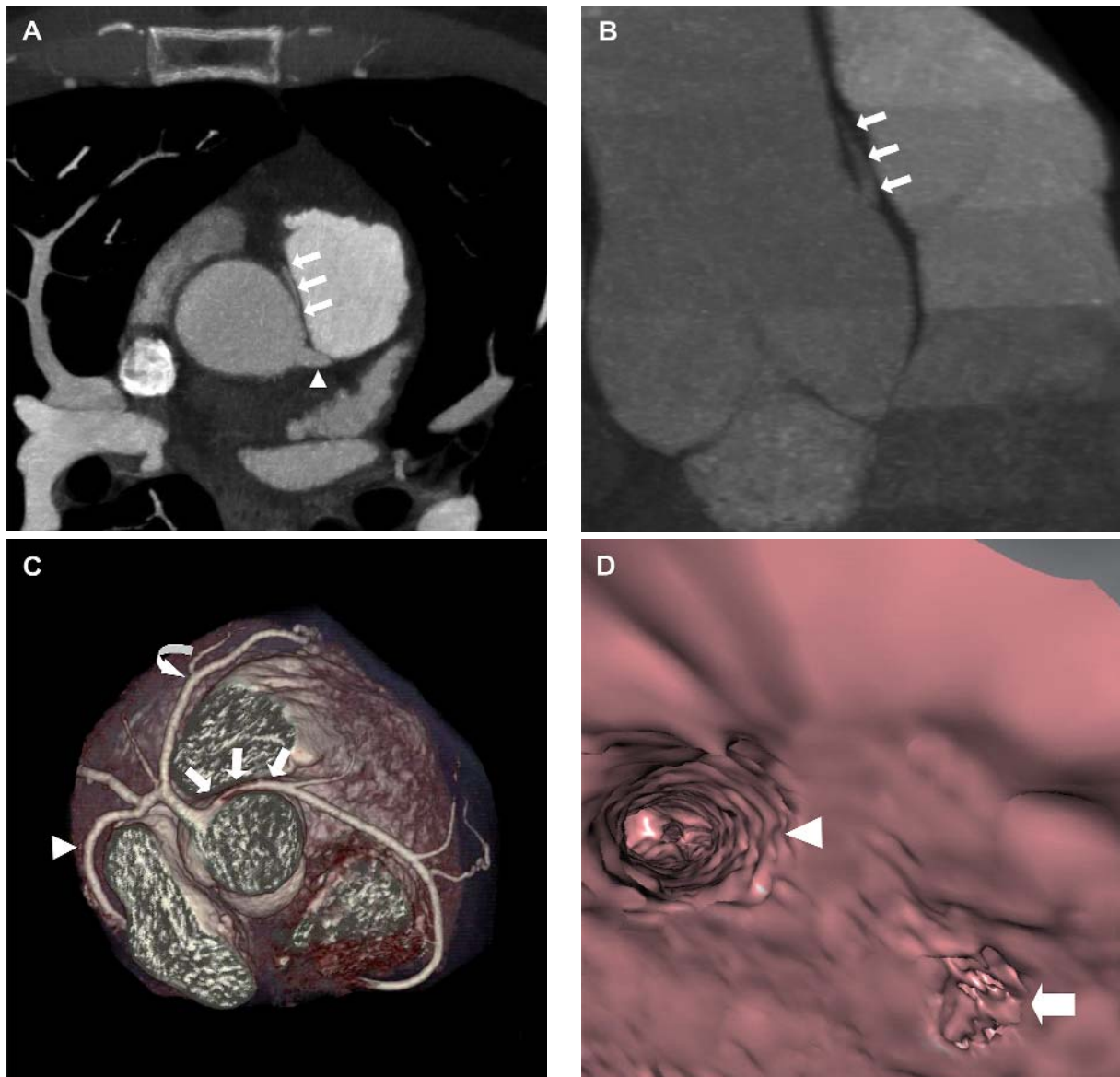
-adrenolitycznych włączono celiprolol. Mężczyzna w stanie ogólnym dobrym został wypisany do domu.

### Przypadek 2 (ryc. 3.)

Mężczyzna 40-letni został przyjęty w celu diagnostyki występujących od 3 lat wysiłkowych dolegliwości bólowych w klatce piersiowej. Wykonana w 2005 r. próba echokardiograficzna z dobutaminą wykazała całkowicie odwracalną hipokinezę segmentu podstawnego ściany dolnej. Chory nie wyrażał zgody na badanie metodą inwazyjnej koronarografii.

W koro-CT stwierdzono anomalię PTW, odchodzącej ektopowo z lewej zatoki wieńcowej, o przebiegu śród tętniczym między aortą a pniem płucnym, z istotnym uciskiem początkowego odcinka tętnicy. W GPZ i GO zmiany przyścienne.

Ze względu na obecność anomalii złośliwej wykonano badanie holterowskie oraz test wysiłkowy EKG, które nie wykazały cech niedokrwienia lub arytmii serca zarówno w spoczynku, jak i podczas maksymalnego obciążenia. Z powodu zwiększonego ryzyka nagłej śmierci z przyczyn sercowo-naczyniowych włączono leczenie beta-adrenolityczne. Chory w stanie ogólnym dobrym został wypisany do domu.



**Ryc. 3. A** – Prawa tętnica wieńcowa (strzałki) odchodząca ectopowo z lewej zatoki wieńcowej, o przebiegu śródściennym między aortą a pniem płucnym. Zwraca uwagę istotne zwężenie proksymalnego odcinka i ostium PTW. Widoczny pień LTW (mała strzałka). Rekonstrukcja MIP **B** – Zwężony początkowy odcinek PTW (strzałki) między aortą a pniem płucnym. Rekonstrukcja strzałkowa MIP. **C** – Zwraca uwagę biegnący śródściennie wzdłuż ściany aorty zwężony odcinek PTW (strzałki). Widoczne GPZ (wygięta strzałka) i GO (mała strzałka). Trójwymiarowa rekonstrukcja VR, widok od góry. **D** – Szczelinowate ostium PTW (strzałka) położone w płaszczyźnie prostopadłej do szerokiego ostium LTW (mała strzałka). Rekonstrukcja wewnątrznaczyniowa

**Fig. 3. A** – Anomalous RCA (arrows) arising from the left coronary sinus and taking an interarterial course. Note that the proximal portion of the RCA is significantly narrowed consistent with congenital ostial stenosis. The proximal segment of LCA (arrowhead) is visualized. Oblique MIP image. **B** – The narrowed proximal segment of RCA (arrows) passing between the aortic root and the pulmonary trunk. Sagittal MIP image. **C** – Note the stretch of the intramural segment of the RCA (arrows). The LAD (curved arrow) and LCX (arrowhead) are visualized. VR image from cranial. **D** – The slit-like ostium of the RCA (arrow) situated perpendicularly to the wide LCA origin (arrowhead). Intraluminal endoscopic view

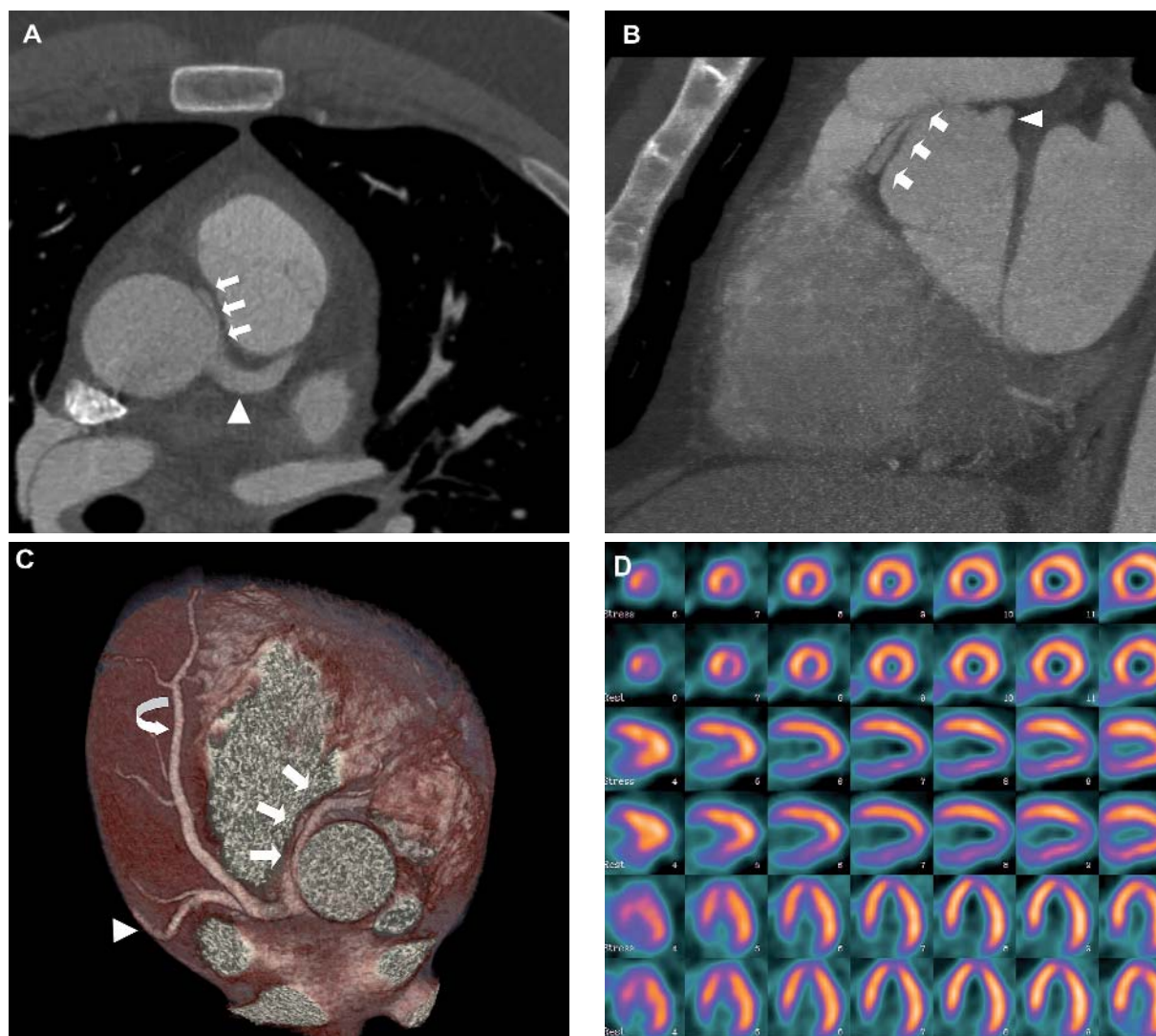
LAD – left anterior descending, LCA – left coronary artery, LCX – left circumflex, RCA – right coronary artery, MIP – maximum intensity projection, VR – volume-rendered

### Przypadek 3 (ryc. 4.)

Mężczyzna 33-letni został przyjęty w celu diagnostyki niewydolności serca o niejasnej etiologii. Próba wysiłkowa EKG była dodatnia klinicznie i elektrofizjologicznie

nad ścianą dolną i boczną (maksymalne obciążenie – 7 MET). W badaniu SPECT stwierdzono trwałe upośledzenie perfuzji ściany dolnej i koniuszka. Chory nie wyrażał zgody na badanie metodą inwazyjnej koronarografii. W koro-CT stwierdzono anomalię PTW, odchodzącej





**Ryc. 4. A** – Prawa tętnica wieńcowa (strzałki) odchodząca z lewej zatoki wieńcowej o przebiegu śródściennym. Zwraca uwagę istotne zwężenie proksymalnego odcinka i ostium PTW. Widoczny początkowy odcinek LTW (mała strzałka). Rekonstrukcja MIP. **B** – Zwężony w kształcie klina początkowy odcinek PTW (strzałki) między aortą a pniem płucnym. Widoczny pień LTW (mała strzałka). Rekonstrukcja strzałkowa MIP. **C** – Zwraca uwagę biegnący śródściennie w ścianie aorty zwężony odcinek PTW (strzałki). Widoczne GPZ (wygięta strzałka) i GO (mała strzałka). Trójwymiarowa rekonstrukcja VR, widok od góry. **D** – Widoczne trwałe upośledzenie perfuzji ściany dolnej i koniuszka. Badanie SPECT

**Fig. 4. A** – Right coronary artery (arrows), arising from the left coronary sinus and taking an interarterial course. Note that the proximal segment and ostium of the RCA are significantly narrowed. The proximal portion of LCA (arrowhead) is visualized. Oblique MIP image. **B** – The wedge-like proximal segment of RCA (arrows) passing between the aortic root and the pulmonary trunk. The proximal portion of LCA (arrowhead) is visualized. Sagittal MIP image. **C** – Note the stretch of the intramural segment of the RCA (arrows). The LAD (curved arrow) and LCX (arrowhead) are visualized. VR image from cranial. **D** – The SPECT study indicated fixed perfusion defects in the inferior wall and apex

LAD – left anterior descending, LCA – left coronary artery, LCX – left circumflex, RCA – right coronary artery, MIP – maximum intensity projection, VR – volume-rendered, SPECT – single photon emission computed tomography

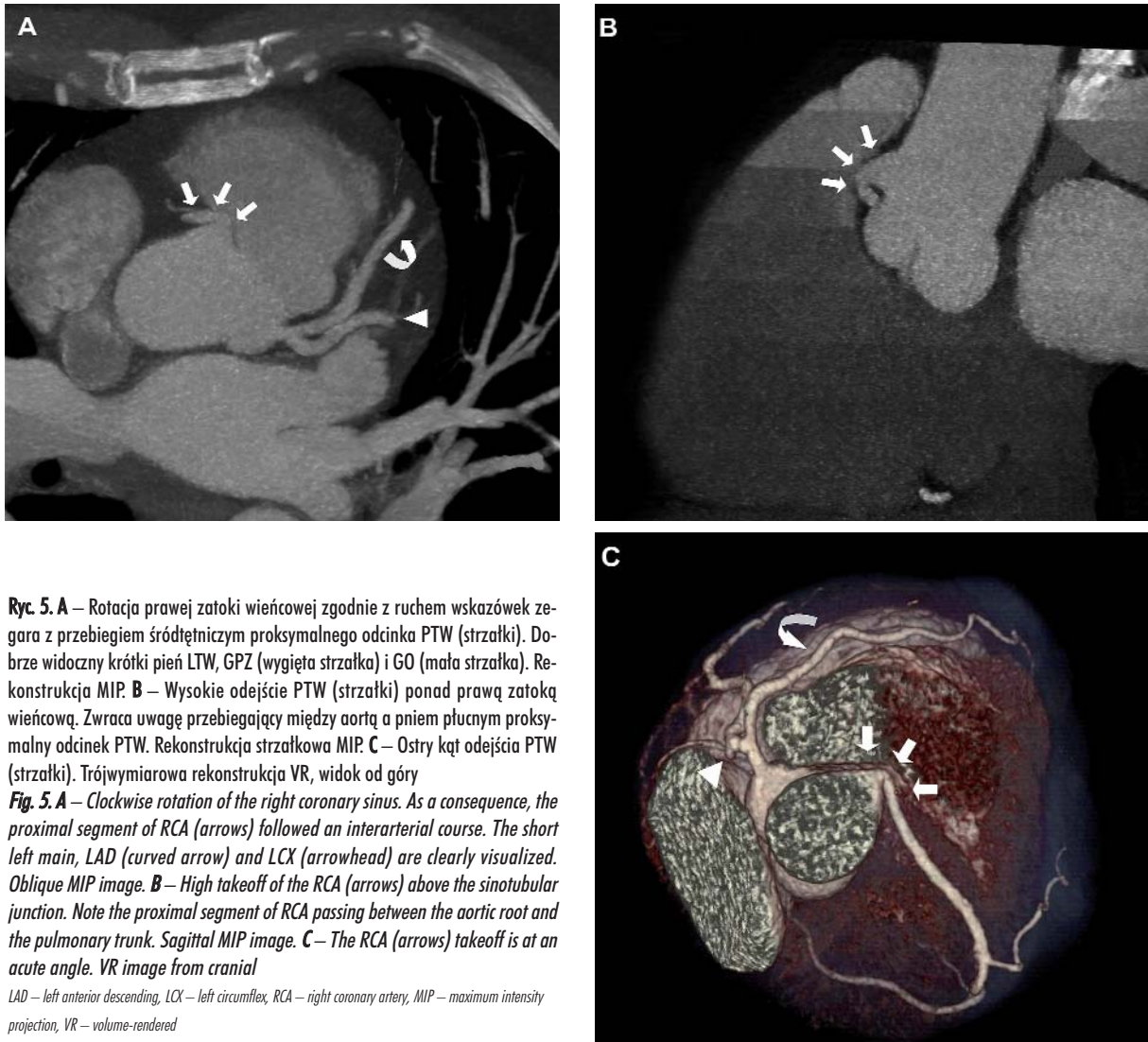
z lewej zatoki wieńcowej, o przebiegu śródściennym między aortą a pniem płucnym. Początkowy odcinek PTW bardzo wąski, z cechami ucisku, najprawdopodobniej o przebiegu śródściennym wzdłuż ściany aorty. Lewa tętnica wieńcowa prawidłowa.

Obecnie mężczyzna pozostaje pod obserwacją kliniczną.

#### Przypadek 4 (ryc. 5.)

Kobieta 49-letnia z chorobą refluksową przełyku i wywiadem rodzinnym chorób sercowo-naczyniowych została przyjęta w celu diagnostyki występujących od 3 lat niespecyficznych dolegliwości bólowych w klatce piersiowej, duszności, pogarszającej się tolerancji wysiłku i zastab-





**Ryc. 5. A** – Rotacja prawej zatoki wieńcowej zgodnie z ruchem wskazówek zegara z przebiegiem śród tętniczym proksymalnego odcinka PTW (strzałki). Dobrze widoczny krótki pień LTW, GPZ (wygięta strzałka) i GO (mała strzałka). Rekonstrukcja MIP. **B** – Wysokie odejście PTW (strzałki) ponad prawą zatoką wieńcową. Zwraca uwagę przebiegający między aortą a pniem płucnym proksymalny odcinek PTW. Rekonstrukcja strzałkowa MIP. **C** – Ostry kąt odejścia PTW (strzałki). Trójwymiarowa rekonstrukcja VR, widok od góry

**Fig. 5. A** – Clockwise rotation of the right coronary sinus. As a consequence, the proximal segment of RCA (arrows) followed an interarterial course. The short left main, LAD (curved arrow) and LCX (arrowhead) are clearly visualized. Oblique MIP image. **B** – High takeoff of the RCA (arrows) above the sinotubular junction. Note the proximal segment of RCA passing between the aortic root and the pulmonary trunk. Sagittal MIP image. **C** – The RCA (arrows) takeoff is at an acute angle. VR image from cranial

LAD – left anterior descending, LCX – left circumflex, RCA – right coronary artery, MIP – maximum intensity projection, VR – volume-rendered

nień. Próba wysiłkowa EKG była dodatnia elektrokardiograficznie nad ścianą dolno-boczną (maksymalne obciążenie – 10 MET).

W koro-CT stwierdzono wrodzoną anomalię z rotacją zatok i przebiegiem śród tętniczym między aortą a pniem płucnym proksymalnego odcinka PTW, bez cech uciskania światła tętnicy w spoczynku. Zwracało uwagę wysokie i ostre odejście PTW powyżej prawej zatoki wieńcowej. Lewa tętnica wieńcowa bez istotnych zwężeń.

Z powodu braku cech modelowania PTW chora została wypisana do domu w stanie ogólnym dobrym z zaleceniem dalszej ambulatoryjnej opieki specjalistycznej.

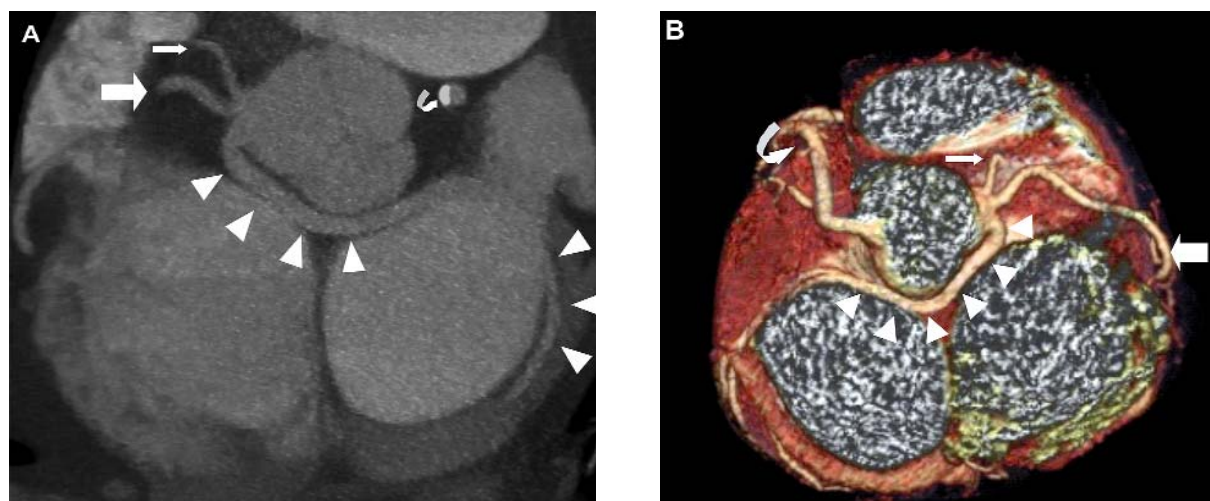
### Przypadek 5 (ryc. 6.)

Mężczyzna 58-letni z typowymi dolegliwościami bólowymi w klatce piersiowej, stabilną chorobą wieńcową

(CCS 2/3), nadciśnieniem tętniczym, przewlekłą obturacyjną chorobą płuc i umiarkowaną niewydolnością nerek został przyjęty w celu wykonania planowej koronarografii. W wywiadach przełom nadciśnieniowy, ostra niewydolność nerek, krwawienie z dolnego odcinka przewodu pokarmowego oraz stan po usunięciu polipów okrężnicy.

W koronarografii nie stwierdzono istotnych zmian miażdżycowych w PTW i GPZ. Ponieważ nie udało się uwioczyć GO, podjęto decyzję o wykonaniu badania koro-CT. W koro-CT stwierdzono anomalię GO, odchodzącej ektopowo z prawej zatoki wieńcowej, o przebiegu tylnym za aortą wstępującą, bez istotnego zawężania światła naczynia.

W pełni diagnostyczny wynik badania potwierdzający łagodny przebieg anomalii pozwolił na wykluczenie choroby wieńcowej. Mężczyzna w stanie ogólnym dobrym został wypisany do domu.



**Ryc. 6. A** – Gałąź okalająca (małe strzałki) odchodząca z prawej zatoki wieńcowej o przebiegu do tyłu od aorty bez zawężania światła naczynia. Zwraca uwagę ostry kąt odejścia GO i oddzielne ostia PTW (duża strzałka) i gałęzi stożka (cienka strzałka). Widoczna zwapniała blaszka miażdżycowa w GPZ (wygięta strzałka). Rekonstrukcja MIP. **B** – Odejście, przebieg i położenie względem sąsiadujących struktur anatomicznych GO (małe strzałki). Trójwymiarowa rekonstrukcja VR, widok od góry

**Fig. 6. A** – Left circumflex (arrowheads) arising from the right coronary sinus and coursing behind the aortic root with no visible compression. The LCX takeoff is at an acute angle. Separate origins of RCA (large arrow) and conal branch (thin arrow) from the right coronary sinus. Cross section of LAD (curved arrow) with calcified plaque. Oblique MIP image. **B** – The origin and subsequent course with the anatomical relationship of LCX (arrowheads) to adjacent cardiac structures. VR image from cranial

LAD – left anterior descending, LCX – left circumflex, RCA – right coronary artery, MIP – maximum intensity projection, VR – volume-rendered

### Przypadek 6 (ryc. 7.)

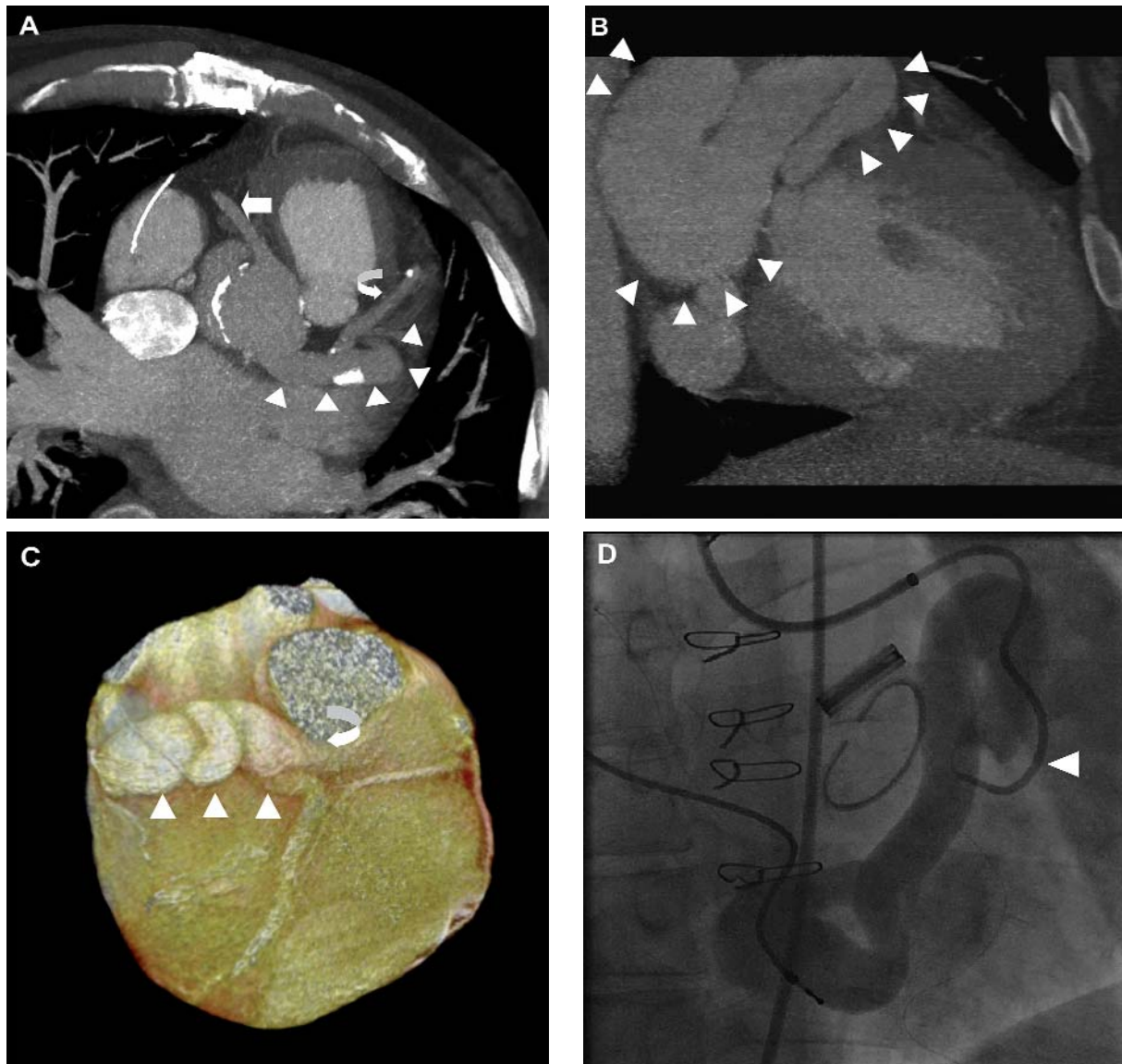
Mężczyzna 54-letni z prawokomorową niewydolnością serca, nadciśnieniem płucnym, po dwukrotnie przebyłym infekcyjnym zapaleniu wsierdzia w 2001 i 2006 r., po wszczępieniu sztucznej zastawki aortalnej i jednocześnie wykonanej plastyce zastawki mitralnej w 2001 r., po implantacji układu stymulującego VVI, z utrwalonym migotaniem przedsionków, marskością wątroby i przewlekłą niewydolnością nerek został przyjęty w celu diagnostyki prawokomorowej niewydolności serca. W badaniu przedmiotowym wodobrzusze i duże obrzęki kończyn dolnych. Badanie echokardiograficzne wskazywało na obecność dużej przetoki z LTW do zatoki wieńcowej lub prawego przedsionka. W koronarografii uwidoczniono szerokie i kręte naczynie o dynamicznym przepływie, odchodzące od pnia LTW. Badanie koro-CT wykonano w celu potwierdzenia obecności przetoki LTW oraz dokładnego uwidocznienia jej przebiegu i miejsca ujęcia.

W koro-CT stwierdzono szeroką przetokę GO o krętym przebiegu, uchodzącą do prawego przedsionka. Gałąź przednia zstępująca i PTW bez istotnych zwężeń. W czasie hospitalizacji dwukrotnie podjęto nieskuteczną próbę przeszskórnego zamknięcia przetoki GO. Ze względu na pogarszającą się zastoinową niewydolność serca, nadciśnienie płucne i zagrożenie kolejnym epizodem infekcyjnego zapalenia wsierdzia chory został zakwalifikowany do chirurgicznego zamknięcia przetoki. Tydzień po operacji chory zmarł w przebiegu niewydolności wielonarządowej.

### Wnioski

Zastosowanie dwuzródłowej tomografii komputerowej o zwiększonej rozdzielczości czasowej i przestrzennej pozwala na dokładne i nieinwazyjne zobrazowanie anomalii tętnic wieńcowych. Dodatkowo MDCT umożliwia prawidłowe zakwalifikowanie i zaplanowanie zabiegu re-waskularyzacyjnego. Dotychczas przeprowadzono jedno badanie oceniające zastosowanie 64-rzędowej tomografii komputerowej w obrazowaniu anomalii tętnic wieńcowych w dużej grupie chorych [74]. Warto podkreślić, że określona wówczas częstość występowania ektopowej LTW lub PTW odchodzącej z przeciwległej zatoki wieńcowej została potwierdzona w niniejszej analizie.

Wydaje się, że w najbliższej przyszłości należy się spodziewać rozszerzenia wskazań do MDCT o wykrywanie i ocenę anomalii tętnic wieńcowych w wybranych grupach chorych [20]. Na szczególną uwagę zasługują dwie sytuacje kliniczne. Po pierwsze, MDCT ma szansę zastąpić klasyczną koronarografię w wykluczaniu wrodzonej anomalii tętnic wieńcowych u wyczynowych sportowców z dolegliwościami bólowymi w klatce piersiowej, omdleniami i zaburzeniami rytmu w wywiadzie. Po drugie, MDCT jest idealnym badaniem do dokładnej oceny przebiegu i znaczenia klinicznego anomalii wykrywanych w koronarografii u chorych objawowych. Ponadto, zgodnie z przedstawionymi wyżej wynikami, należy przypuszczać, że w porównaniu z klasyczną koronarografią częstość wykrywanych w MDCT anomalii tętnic wieńcowych będzie



**Ryc. 7. A** – Początek dużej przetoki wieńcowej GO (małe strzałki) uchodzącej do prawego przedsionka. Widoczne GPZ (wygięta strzałka) i PTW (strzałka). Rekonstrukcja MIP. **B** – Widoczna szeroka i kręta przetoka wieńcowa (małe strzałki). Rekonstrukcja strzałkowa MIP. **C** – Miejsce ujęcia przetoki (małe strzałki) do prawego przedsionka (wygięta strzałka). Trójwymiarowa rekonstrukcja VR, widok od tyłu. **D** – Miejsce odejścia dużej i krętej przetoki GO (mała strzałka). Koronarografia

**Fig. 7. A** – The origin of a large fistula from the LCX (arrowheads) to the right atrium. The LAD (curved arrow) and RCA (arrow) are visualized. Oblique MIP image. **B** – The wide and curved fistula (arrow heads) is visualized. Sagittal MIP image. **C** – The drainage (curved arrow) into the right atrium is clearly visualized. Posterior VR image. **D** – The origin of the coronary fistula (arrow head). Note the large and curved anomalous LCX. Corresponding invasive coronary angiography

LAD – left anterior descending, LCX – left circumflex, RCA – right coronary artery, MIP – maximum intensity projection, VR – volume-rendered

rosła i już teraz stanowi znaczną część przypadków kwalifikowanych z powodu trudności selektywnego uwidocznienia tętnic wieńcowych w koronarografii.

Mimo że wrodzone anomalie tętnic wieńcowych nie są zjawiskiem rzadkim w praktyce kardiologa interwencyjnego, wciąż nie wiemy, jakie jest ich rzeczywiste znaczenie kliniczne i jak należy je prawidłowo leczyć. Obecnie każdy przypadek traktowany jest indywidualnie,

a ewentualne wskazania do zabiegu operacyjnego w dużej mierze zależą od doświadczeń własnych ośrodka. Brakuje jednoznacznych wytycznych postępowania, popartych wynikami badań klinicznych z randomizacją [75]. Wydaje się jednak, że szybki rozwój nowych metod obrazowania, takich jak MDCT, zweryfikuje obecną wiedzę i wskazania do leczenia zabiegowego w wybranych grupach osób z anomaliami tętnic wieńcowych.



## Piśmiennictwo

1. Roberts WC. Major anomalies of coronary arterial origin seen in adulthood. *Am Heart J* 1986; 111: 941-963.
2. Yamanaka O, Hobbs RE. Coronary artery anomalies in 125,595 patients undergoing coronary angiography. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1990; 21: 28-40.
3. Angelini P, Velasco JA, Flamm S. Coronary anomalies. Incidence, pathophysiology, and clinical relevance. *Circulation* 2002; 105: 2449-2454.
4. Cheitlin MD, De Castro CM, McAllister HA. Sudden death as a complication of anomalous left coronary origin from the anterior sinus of Valsalva. A not-so-minor congenital anomaly. *Circulation* 1974; 50: 780-787.
5. Chaitman BR, Lesperance J, Saltiel J i wsp. Clinical, angiographic, and hemodynamic findings in patients with anomalous origin of the coronary arteries. *Circulation* 1976; 53: 122-131.
6. Maron B, Epstein S, Roberts WC. Causes of sudden death in competitive athletes. *J Am Coll Cardiol* 1986; 7: 204-214.
7. Taylor AJ, Rogan KM, Virmani R. Sudden cardiac death associated with isolated congenital coronary artery anomalies. *J Am Coll Cardiol* 1992; 20: 640-647.
8. Basso C, Maron BJ, Corrado D i wsp. Clinical profile of congenital artery anomalies with origin from the wrong aortic sinus leading to sudden death in young competitive athletes. *J Am Coll Cardiol* 2000; 35: 1493-1501.
9. Maron BJ, Gohman TE, Aeppli D. Prevalence of sudden cardiac death during competitive sports activities in Minnesota high school athletes. *J Am Coll Cardiol* 1998; 32: 1881-1884.
10. Maron BJ. Sudden death in young athletes. *N Engl J Med* 2003; 349: 1064-1075.
11. Page HL, Engel HJ, Campbell WB i wsp. Anomalous origin of the left circumflex coronary artery: recognition, angiographic demonstration and clinical significance. *Circulation* 1974; 50: 768-773.
12. Ishikawa T, Brandt PW. Anomalous origin of the left main coronary artery from the right anterior aortic sinus: angiographic definition of anomalous course. *Am J Cardiol* 1985; 55: 770-776.
13. Wang A, Pulsipher MW, Peterson GE i wsp. Simultaneous biplane coronary and pulmonary arteriography: a novel technique for defining the course of an anomalous left main coronary artery originating from the right sinus of Valsalva. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1997; 42: 73-78.
14. Serota H, Barth III CW, Seuc CA i wsp. Rapid identification of the course of anomalous coronary arteries in adults: the 'dot and eye' method. *Am J Cardiol* 1990; 65: 891-898.
15. Vliegen HW, Doornbos J, de Roos A i wsp. Value of fast gradient echo magnetic resonance angiography as an adjunct to coronary arteriography in detecting and confirming the course of clinically significant coronary artery anomalies. *Am J Cardiol* 1997; 79: 773-776.
16. Bunce NH, Lorenz CH, Keegan J i wsp. Coronary artery anomalies: assessment with free-breathing three-dimensional coronary MR angiography. *Radiology* 2003; 227: 201-208.
17. Horisaki T, Yamashita T, Yokoyama H i wsp. Three-dimensional reconstruction of computed tomographic images of anomalous origin of the left main coronary artery from the pulmonary trunk in an adult. *Am J Cardiol* 2003; 92: 898-899.
18. Gerber TC, Kuzo RS, Safford RE. Computed tomographic imaging of anomalous coronary arteries. *Circulation* 2002; 106: e67.
19. Van Ooijen PMA, Dargelo J, Zijlstra F i wsp. Detection, visualisation and evaluation of anomalous coronary anatomy on 16-slice multidetector-row CT. *Eur Radiol* 2004; 14: 2163-2171.
20. Schmid M, Achenbach S, Ludwig J i wsp. Visualization of coronary artery anomalies by contrast-enhanced multi-detector row spiral computed tomography. *Int J Cardiol* 2006; 111: 430-435.
21. Earls JP. Coronary artery anomalies. *Tech Vasc Interv Rad* 2006; 9: 210-217.
22. Greenberg MA, Fish BG, Spindola-Franco H. Congenital anomalies of coronary artery: classification and significance. *Radiol Clin North Am* 1989; 27: 1127-1146.
23. Kim SY, Seo JB, Do KH i wsp. Coronary artery anomalies: a classification and ECG-gated multi-detector row CT findings with angiographic correlation. *Radiographics* 2006; 26: 317-334.
24. Popma JJ. Coronary Angiography and intravascular ultrasound imaging. In: Zipes DP, Libby P, Bonow RO, Braunwald E. *Braunwald's Heart Disease: A textbook of cardiovascular medicine*, vol 1 (ed. 7). Philadelphia, PA, Elsevier Inc., 2005; 423-455.
25. Roberts WC, Siegel RJ, Zipes DP. Origin of the right coronary artery from the left sinus of Valsalva and its functional consequences: analysis of 10 necropsy patients. *Am J Cardiol* 1982; 49: 863-868.
26. Donaldson RM, Raphael M, Radley-Smith R i wsp. Angiographic identification of primary coronary anomalies causing impaired myocardial perfusion. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1983; 9: 237-249.
27. Kimbiris D, Iskandrian AS, Segal BL i wsp. Anomalous aortic origin of coronary arteries. *Circulation* 1978; 58: 606-615.
28. Schmitt R, Froehner S, Brunn J i wsp. Congenital anomalies of the coronary arteries: imaging with contrast-enhanced, multidetector computed tomography. *Eur Radiol* 2005; 15: 1110-1121.
29. Mirchandani S, Phoon C. Management of anomalous coronary arteries from the contralateral sinus. *Int J Cardiol* 2005; 102: 383-389.
30. Pelliccia A. Congenital coronary artery anomalies in young patients: new perspectives for timely identification. *J Am Coll Cardiol* 2001; 37: 598-600.
31. Cohen AJ, Grishkin BA, Helsel RA i wsp. Surgical therapy in the management of coronary anomalies: emphasis on utility of internal mammary artery grafts. *Ann Thorac Surg* 1989; 47: 630-637.
32. Thomas D, Salloum J, Montalescot G i wsp. Anomalous coronary arteries coursing between the aorta and pulmonary trunk: clinical indication for coronary artery bypass. *Eur Heart J* 1991; 12: 832-834.
33. Stefanelli CB, Stevenson JG, Jones TK i wsp. A case for routine screening of coronary artery origins during echocardiography: fortuitous discovery of a life-threatening coronary anomaly. *J Am Soc Echocardiogr* 1999; 12: 769-772.
34. Rinaldi RG, Carballido J, Giles R i wsp. Right coronary artery with anomalous origin and slit ostium. *Ann Thorac Surg* 1994; 58: 828-832.
35. Fernandes ED, Kadivar H, Hallman GL i wsp. Congenital malformations of the coronary arteries: the Texas Heart Institute experience. *Ann Thorac Surg* 1992; 54: 632-640.
36. Reul RM, Cooley DA, Hallman GL i wsp. Surgical treatment of coronary artery anomalies: report of a 37 1/2-year experience at the Texas Heart Institute. *Tex Heart Inst J* 2002; 29: 299-307.
37. Ghosh PK, Agarwal SK, Kumar R i wsp. Anomalous origin of right coronary artery from the left aortic sinus. *J Cardiovasc Surg* 1994; 35: 65-70.
38. Mustafa I, Gula G, Radley-Smith R i wsp. Anomalous origin of the left coronary artery from the anterior aortic sinus: a potential cause of sudden death. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1981; 82: 297-300.
39. Phoon CK, Van Son J, Moore PA i wsp. Aberrant left coronary artery arising from the right sinus of Valsalva with a right coronary arteriovenous malformation. *Pediatr Cardiol* 1997; 18: 385-388.
40. Romp RL, Heilong JR, Landolfo CK i wsp. Outcome of unroofing procedure for repair of anomalous origin of left or right coronary artery. *Ann Thorac Surg* 2003; 76: 589-596.
41. Kaku B, Shimizu M, Yoshio H i wsp. Clinical features on prognosis of Japanese patients with anomalous origin of the coronary artery. *Jpn Circ J* 1996; 60: 731-741.
42. Graham Jr TP, Bricker JT, James FW i wsp. 26<sup>th</sup> Bethesda conference: recommendation for determining eligibility for competition in athletes with cardiovascular abnormalities. Task Force I: congenital heart disease. *J Am Coll Cardiol* 1994; 24: 867-873.
43. Doorey AJ, Pasquale MJ, Lally JF i wsp. Six-month success of intracoronary stenting for anomalous coronary arteries associated with myocardial ischemia. *Am J Cardiol* 2000; 86: 580-582.
44. Said SA, el Gamal MI, van der Werf T. Coronary arteriovenous fistulas: collective review and management of six new cases—changing etiology, presentation, and treatment strategy. *Clin Cardiol* 1997; 20: 748-752.
45. McNamara JJ, Gross RE. Congenital coronary artery fistula. *Surgery* 1969; 65: 59-69.
46. van Geuns RJ, Cademartini F. Anatomy of the coronary arteries and vein in CT imaging. In: Schoepf UJ (ed.). *CT of the heart*. Totowa, NJ: Humana, 2005; 219-228.
47. Liberthson RR, Sagar K, Berkoben JP i wsp. Congenital coronary arteriovenous fistula. Report of 13 patients, review of the literature and delineation of management. *Circulation* 1979; 59 (5): 849-854.
48. Okubo M, Nykanen D, Benson LN. Outcomes of transcatheter embolization in the treatment of coronary artery fistulas. *Catheter Cardiovasc Interv* 2001; 52 (4): 510-517.
49. Armsby LR, Keane JF, Sherwood MC i wsp. Management of coronary artery fistulae. Patient selection and results of transcatheter closure. *J Am Coll Cardiol* 2002; 39 (6): 1026-1032.
50. Thomas WJ, Moskowitz WB, Freedman A i wsp. Therapeutic embolization for unusual iatrogenic complications related to coronary revascularization. *Cathet Cardiovasc Intervent* 1999; 46: 457-462.
51. Nakatani S, Nanto S, Masuyama T i wsp. Spontaneous near disappearance of bilateral coronary artery—pulmonary artery fistulae. *Chest* 1991; 99: 1288-1289.



52. Piéchaud PF. Closing down: transcatheter closure of intracardiac defects and vessel embolisations. *Heart* 2004; 90: 1505-1510.
53. Aoyagi S, Fukunaga S, Ishihara K i wsp. Coronary artery fistula from the left circumflex to the coronary sinus. *Int Heart J* 2006; 47: 147-152.
54. Sunder KR, Balakrishnan KG, Tharakan JA i wsp. Coronary artery fistula in children and adults: a review of 25 cases with long-term observations. *Int J Cardiol* 1997; 58: 47-53.
55. Sherwood MC, Rockenmacher S, Colan SD i wsp. Prognostic significance of clinically silent coronary artery fistulas. *Am J Cardiol* 1999; 83: 407-411.
56. Kamiya H, Yasuda T, Nagamine H i wsp. Surgical treatment of congenital coronary artery fistulas: 27 years' experience and a review of the literature. *J Card Surg* 2002; 17: 173-177.
57. Mavroudis C, Backer CL, Rocchini AP i wsp. Coronary artery fistulas in infants and children: a surgical review and discussion of coil embolization. *Ann Thorac Surg* 1997; 63: 1235-1242.
58. Chen Y, Belboul A, Roberts D. The surgical management of congenital coronary artery fistula. *Coron Artery Dis* 1994; 5: 995-1000.
59. Malekhamadi M, Shahmohammadi A. Surgical outcome of coronary artery fistulas repair in children. *Pediatr Cardiol* 2005; 26: 328-330.
60. Cheng TO. Management of coronary artery fistulas: percutaneous transcatheter embolization versus surgical closure. *Catheter Cardiovasc Interv* 1999; 46: 151-152.
61. Kabbani Z, Garcia-Nielsen L, Lozano ML i wsp. Coil embolization of coronary artery fistulas. A single-centre experience. *Cardiovasc Revasc Med* 2008; 9: 14-17.
62. Issenberg HJ. Transcatheter coil closure of a congenital coronary arterial fistula. *Am Heart J* 1990; 120: 1441-1443.
63. Balaguru D, Joseph A, Kimmelstiel C. Occlusion of a large coronary-cameral fistula using the Amplatzer vascular plug in a 2-year-old. *Catheter Cardiovasc Interv* 2006; 67: 942-946.
64. Fischer G, Apostolopoulou SC, Rammos S i wsp. Transcatheter closure of coronary arterial fistulas using the new Amplatzer vascular plug. *Cardiol Young* 2007; 17: 283-287.
65. Khan MD, Qureshi SA, Rosenthal E i wsp. Neonatal transcatheter occlusion of a large coronary artery fistula with Amplatzer duct occluder. *Catheter Cardiovasc Interv* 2003; 60: 282-286.
66. Pedra CA, Pihkala J, Nykanen DG i wsp. Antegrade transcatheter closure of coronary artery fistulae using vascular occlusion devices. *Heart* 2000; 83: 94-96.
67. Bonello L, Com O, Gaubert JY i wsp. Covered stent for closure of symptomatic plexus-like coronary fistula. *Int J Cardiol* 2006; 109: 408-410.
68. Reidy JF, Anjos RT, Qureshi SA i wsp. Transcatheter embolization in the treatment of coronary artery fistulas. *J Am Coll Cardiol* 1991; 18: 187-192.
69. Briguori C, Nishida T, Anzuini A i wsp. Emergency polytetrafluoroethylene-covered stent implantation to treat coronary ruptures. *Circulation* 2000; 102: 3028-3031.
70. Collins N, Mehta R, Benson L i wsp. Percutaneous coronary artery fistula closure in adults: technical and procedural aspects. *Catheter Cardiovasc Interv* 2007; 69: 872-880.
71. Lim SY, Ahn Y, Jeong MH i wsp. Recurrent coronary arteriovenous fistula associated with in-stent restenosis of graft stent. *Int J Cardiol* 2006; 113: E1-3.
72. Gercken U, Lansky AJ, Buellesfeld L i wsp. Results of the Jostent coronary stent graft implantation in various clinical settings: procedural and follow-up results. *Catheter Cardiovasc Interv* 2002; 56: 353-360.
73. Schachinger V, Hamm CW, Munzel T i wsp. A randomized trial of polytetrafluoroethylene-membrane-covered stents compared with conventional stents in aortocoronary saphenous vein grafts. *J Am Coll Cardiol* 2003; 42: 1360-1369.
74. Cademartiri F, La Grutta L, Malagò R i wsp. Prevalence of anatomical variants and coronary anomalies in 543 consecutive patients studied with 64-slice CT coronary angiography. *Eur Radiol* 2008; 18: 781-791.
75. Zipes DP, Camm AJ, Borggrefe M i wsp. ACC/AHA/ESC 2006 guidelines for management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death. *Europace* 2006; 8: 746-837.