

Choroby aorty we współczesnej diagnostyce obrazowej. Stanowisko grupy ekspertów polskiego Klinicznego Forum Obrazowania Serca i Naczyń

Aortae diseases in contemporary imaging. Expert consensus statement of the Polish Clinical Forum for Cardiovascular Imaging

Anna Klisiewicz¹, Ilona Michałowska², Magdalena Marczak³, Edyta Płońska-Gościniak⁴, Piotr Hoffman¹

Polskie Kliniczne Forum Obrazowania Serca i Naczyń: Edyta Płońska-Gościniak, Magdalena Kostkiewicz, Tomasz Miszański-Jamka, Andrzej Szyszka, Piotr Lipiec, Andrzej Gackowski, Tomasz Kukulski, Mirosław Dziuk, Cezary Kępka, Mariusz Skowerski, Zbigniew Gąsior, Jerzy Walecki, Piotr Szymański, Mieczysław Pasowicz, Katarzyna Mizia-Stec, Anna Klisiewicz, Piotr Hoffman, Piotr Podolec, Piotr Pruszczyk, Jarosław D. Kasprzak, Adam Torbicki

¹Klinika Wad Wrodzonych Serca, Instytut Kardiologii, Warszawa

²Zakład Radiologii, Instytut Kardiologii, Warszawa

³Pracownia Rezonansu Magnetycznego Zakład Radiologii, Instytut Kardiologii, Warszawa

⁴Klinika Kardiologii, Pomorski Uniwersytet Medyczny, Szczecin

WSTĘP

Ostre i przewlekłe choroby aorty stanowią istotny problem diagnostyki i terapii współczesnej kardiologii. Wynika to ze starzenia się populacji oraz z coraz większych możliwości diagnozowania i leczenia chorób aorty. W ich nieinwazyjnej diagnostyce obrazowej istotną rolę odgrywają: echokardiografia przezklatkowa (TTE) i przezprzełykową (TEE), tomografia komputerowa (CT) oraz rezonans magnetyczny (MR). Ze względu na coraz większą dostępność tych metod celowe jest podsumowanie ich aktualnych możliwości w rozpoznawaniu omawianych chorób. Najpełniejsze omówienie problemów diagnostyki i terapii chorób aorty zawierają wytyczne *American Heart Association* z 2010 roku [1]. Dla poszczególnych metod obrazowych opracowano rekomendacje ich wykorzystania w diagnostyce chorób aorty [2–4]. Poniżej podsumowano informacje zawarte w tych dokumentach.

Aorta rozciąga się od przedniego śródpiersia poprzez tylną przykręgosłupową część klatki piersiowej do rozwidlenia biodrowego. Anatomicznie dzieli się na cztery części: opuszkę (pierścień aortalny, płatki zastawki aortalnej, zatoki Valsalvy), aortę wstępującą (od łącza opuszkowo-aortalnego do odejścia pnia ramiennie-głowowego), łuk (od pnia ramiennie-głowowego do lewej tętnicy podobojczykowej) oraz aortę zstępującą

z jej segmentem piersiowym i brzuszny. Ściana tętnicy ma do 7 mm grubości i składa się z trzech warstw — błony zewnętrznej, środkowej i wewnętrznej. Fizjologicznie wzdłuż całego przebiegu zmniejsza średnicę o ok. 50%. W 2002 r. Hager i wsp. [5], na podstawie CT 46 mężczyzn i 24 kobiet (śr. wieku 50,2 roku), podali zakres norm dla szerokości poszczególnych segmentów aorty. Pomiary uwzględniały płeć badanych, nie dokonano jednak ich indeksacji, choć wymiar aorty ściśle zależy od powierzchni ciała (BSA). Dlatego w normach echokardiograficznych [2] podaje się wymiary aorty indeksowane do BSA (tab. 1). Dodatkowo przy interpretacji i ocenie szerokości aorty należy pamiętać o postępującym przez całe życie procesie starzenia się aorty, usztywnieniu ściany i poszerzaniu światła [6]. Bez względu na stosowaną metodę obrazowania trzeba dokonać pomiarów aorty w każdym z jej segmentów i określić, które segmenty są nieprawidłowe.

ECHOKARDIOGRAFIA

Ocena aorty piersiowej jest rutynowym elementem każdego badania echokardiograficznego [2]. Echokardiografia dwuwymiarowa, dzięki zastosowaniu wielu projekcji i płaszczyzn, umożliwia uwidocznienie wszystkich segmentów aorty. Pełne obrazowanie aorty wymaga projekcji:

Adres do korespondencji:

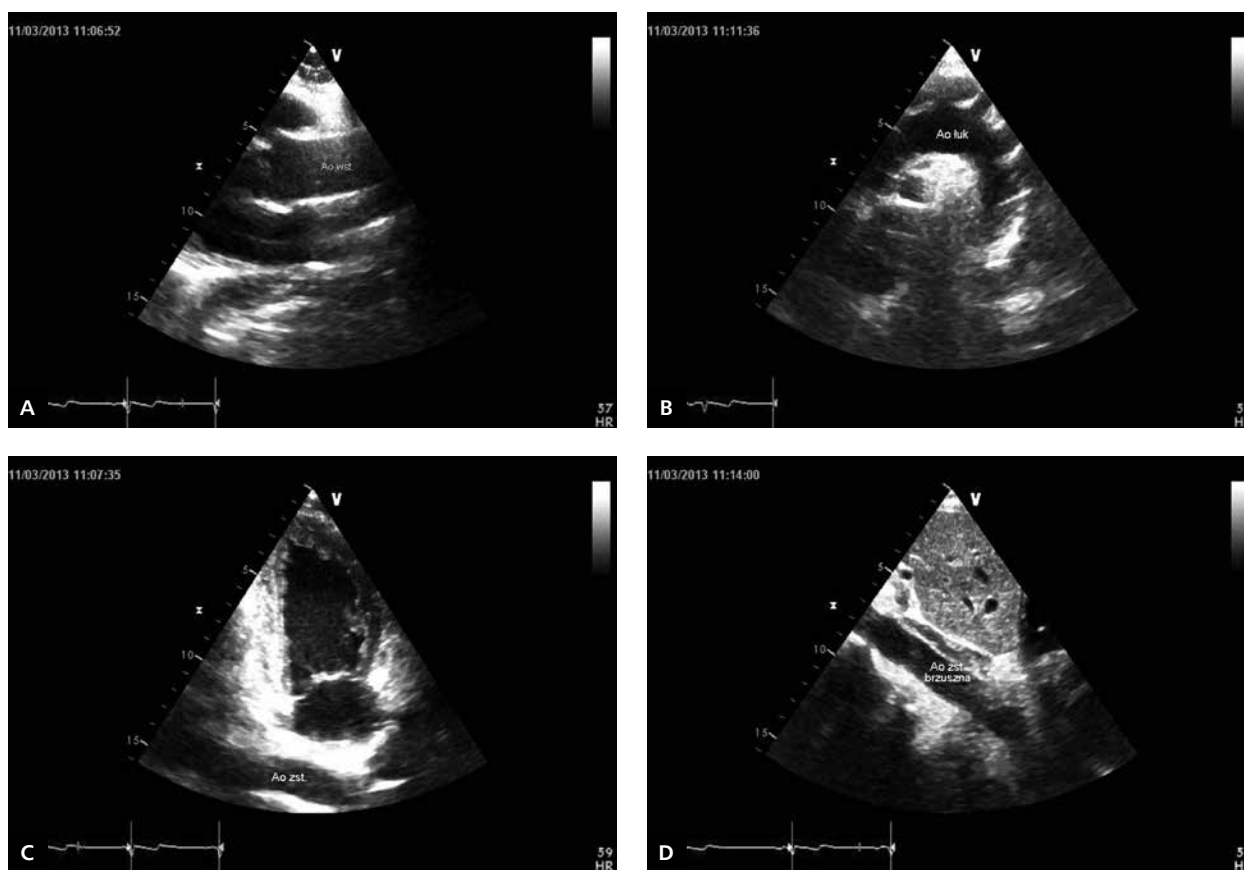
dr hab. n. med. Anna Klisiewicz, Klinika Wad Wrodzonych Serca, Instytut Kardiologii, ul. Alpejska 42, 04–628 Warszawa, e-mail: aklisiewicz@ikard.pl

Copyright © Polskie Towarzystwo Kardiologiczne

Tabela 1. Wymiary poszczególnych segmentów aorty piersiowej (wg [2])

Segment aorty	Zakres średnicy światła [mm]	Średnica światła indeksowana do BSA [mm/m ²]
Zatoki Valsalvy (opuszka aorty)	29–45	19 ± 1
Łącze opuszkowo-aortalne	22–36	15 ± 1
Aorta wstępująca	22–36	15 ± 1
Łuk aorty (przed odejściem pnia ramiennie-głowego)	22–36	Brak danych
Aorta zstępująca piersiowa	20–30	Brak danych

BSA — powierzchnia ciała



Rycina 1. Ocena aorty piersiowej w przezklatkowym badaniu echokardiograficznym. **A.** Projektja przymostkowa w osi długiej ‘wysokiej’ — widoczne opuszka aorty i długi odcinek aorty wstępującej; **B.** Projektja nadmostkowa (stosowana głównie do wizualizacji łuku, ale przy dobrych warunkach badania możliwa również ocena aorty wstępującej i zstępującej), segment piersiowy; **C.** Piersiowy segment aorty zstępującej zobrazowany w zmodyfikowanej projekcji koniuszkowej dwujamowej; **D.** Proksymalny odcinek aorty brzusznej widoczny w projekcji podmostkowej

- przymostkowej w osi długiej klasycznej — opuszka aorty i proksymalna część aorty wstępującej;
- przymostkowej w osi długiej ‘wysokiej’ — długi odcinek aorty wstępującej (ryc. 1A);
- nadmostkowej (z wcięcia jarzmowego) — łuk aorty oraz początkowy odcinek aorty zstępującej (ryc. 1B);
- zmodyfikowanej koniuszkowej dwujamowej — piersiowy segment aorty zstępującej (ryc. 1C);
- podmostkowych — proksymalny odcinek aorty brzusznej (ryc. 1D).
Główce sektorowe nie obrazują dalszych odcinków aorty brzusznej. Ich ocena wymaga użycia głowic typu *convex*.
Echokardiograficzna wizualizacja aorty jest ograniczona w przypadku braku dobrego okna akustycznego, zwłaszcza u pacjentów w ciężkim stanie, którzy nie mogą przyjąć pozycji lewobocznej. Jednak wprawne stosowanie wszystkich pro-

jeckji umożliwia uwidocznienie aorty na całym jej przebiegu u większości badanych. Szczególnie ważna jest ocena opuszki aorty i segmentu wstępującego. Niepełne obrazowanie jest wskazaniem do TEE czytelnie obrazującej długi odcinek aorty wstępującej, łuk aorty oraz piersiowy segment aorty zstępującej. Zaletą TEE jest duża rozdzielczość obrazów, co ma szczególne znaczenie w ocenie patologii ściany aorty.

Średnicę aorty mierzy się w końcowej fazie rozkurczu, uwzględniając pierwsze odbite echo jej ściany. Techniki dopplerowskie definiują przepływ, co wykorzystuje się w diagnostyce zwężenia aorty.

TOMOGRAFIA KOMPUTEROWA

Tomografia komputerowa to jedna z podstawowych metod diagnostyki chorób aorty. Jej zaletą jest całościowa ocena aorty (światła i ściany) oraz otaczających struktur, co umożliwia rozpoznanie różnicowe innych stanów mogących imitować choroby aorty (zatorowość płucna, choroby płuc, odma opłucnowa, przepuklina rozworu przełykowego przepony itp.). Krótki czas badania, wysoka rozdzielczość przestrzenna oraz możliwość rekonstrukcji obrazów w wielu płaszczyznach i rekonstrukcji objętościowych sprawiają, że jest to często metoda z wyboru w przypadku podejrzenia rozwarstwienia aorty, a także innych ostrych zespołów aortalnych [7].

Badanie angio-CT aorty wymaga podania jodowego środka cieniującego w możliwie najmniejszej ilości (zwykle 60–100 ml, zależnie od zakresu badania i typu aparatu), strzykawką automatyczną z prędkością 4–5 ml/s. Konieczność podania kontrastu jest pewnym ograniczeniem w przypadku niewydolności nerek lub uczulenia na jod. Badanie angio-CT bramkowane sygnałem EKG zaleca się do oceny aorty wstępującej, gdyż eliminuje artefakty ruchowe imitujące rozwarstwienie aorty, dodatkowo pozwala na jednoczesową ocenę morfologii zastawki aortalnej i tętnic wieńcowych. Wadą badania jest narażenie pacjentów na promieniowanie rentgenowskie, co ma szczególne znaczenie u dzieci i młodych dorosłych. Dawka promieniowania ściśle zależy od jego techniki i jest większa w przypadku badania bramkowanego retrospektywnie EKG niż w badaniu niebramkowanym (8,85 mSv vs. 4,5 mSv) [8]. Najnowocześniejsze aparaty CT wykorzystujące różne rozwiązania technologiczne pozwalają na redukcję dawki promieniowania o 45–50% [9].

Pomiarów aorty w CT, podobnie jak w MR, dokonuje się prostopadle do światła przepływu, przyjmując zewnętrzne wymiary aorty [1]. Mogą z tego wynikać niewielkie różnice w porównaniu z oceną echokardiograficzną.

REZONANS MAGNETYCZNY

Rezonans magnetyczny precyzyjnie obrazuje morfologię wszystkich segmentów aorty w dowolnej płaszczyźnie, łącznie z uzyskaniem modeli 3D, i przepływ krwi. Ze względu na stosunkowo długi czas badania i konieczność współpracy pacjenta nie jest stosowany ze wskazań nagłych. Nie naraża

pacjenta na promieniowanie rentgenowskie ani wpływ jodowych środków kontrastowych, co ma znaczenie u młodych osób, zwłaszcza przy seryjnych badaniach kontrolnych.

Standardowy protokół badania aorty obejmuje:

1. szybką zmodyfikowaną sekwencję echa spinowego (SE, *spin echo*), tzw. sekwencję „czarnej krwi”, *dark blood* [nazwy sekwencji zależnie od producenta skanera: HASTE (*half Fourier acquisition single shot turbo*), SSFSE, *single shot FSE*, FASE]: sekwencja SE rejestruje jeden nieruchomy obraz w trakcie jednego odstępu RR (tzw. *single shot*). Obrazy charakteryzuje niski sygnał napływającej krwi, tzw. sekwencja *dark blood*, pośredni sygnał tkanek miękkich, w tym mięśnia sercowego, i wysoki sygnał tkanki tłuszczowej. Służy do wstępnej oceny położenia i anatomii aorty, umożliwia ocenę ściany naczyń, a także obszarów zwolnionego przepływu krwi, np. w rozwarstwieniu aorty. Dodatkowo możliwa jest ogólna ocena mięszu płucnego, jam opłucnowych oraz ścian klatki piersiowej;
2. szybką zmodyfikowaną sekwencję echa gradientowego (GRE, *gradient echo*), tzw. sekwencję „jasnej krwi”, *bright blood* [nazwy sekwencji zależnie od producenta skanera: *true SSFP (steady state free precession)*, *true FISP (true fast imaging with steady state free precession)*, FIESTA (*fast imaging employing steady state acquisition*), *balanced FFE*]: ta stosunkowo nowa sekwencja, stosowana rutynowo w obrazowaniu serca, jest również wykorzystywana w ocenie aorty [10]. Sygnał generowany przez jednostajnie płynącą krew jest wysoki, co tworzy obraz jasnej krwi bez potrzeby podawania środka kontrastowego. Wysokim sygnałem charakteryzuje się także tkanka tłuszczowa, pośrednim zaś mięsień sercowy. Sekwencja SSFP pozwala na zobrazowanie aorty:
 - w postaci obrazów statycznych rejestrowanych w trakcie jednego odstępu RR (tzw. *single shot*) w dowolnej płaszczyźnie,
 - w postaci obrazów kinematograficznych (tzw. *cine*) umożliwiających ocenę przepływu krwi w poszczególnych segmentach aorty, z wizualizacją zaburzeń przepływu na poziomie ewentualnych przewężeń. Uwidocznienie zaburzeń przepływu na tym etapie jest wskazaniem do rozszerzenia protokołu podstawowego o tzw. angiografię kontrastu fazowego [1].
3. angiografię kontrastu fazowego (PC, *phase contrast*) polegającą na tworzeniu map przepływu krwi, na których skala szarości odzwierciedla prędkość protonów w pojedynczym wokselu. Metoda ta umożliwia ilościową ocenę przepływu krwi na poziomie przewężenia z dokładnością do ponad 90% w stosunku do innych metod [11].
4. angiografię rezonansu magnetycznego ze wzmocnieniem kontrastowym (CE MRA, *contrast enhancement magnetic resonance angiography*), z podaniem dożylnego środka kontrastowego (najczęściej chelatu

Tabela 2. Choroby aorty — porównanie znaczenia diagnostycznego badania echokardiograficznego przezklatkowego (TTE) i przezprzełykowego (TEE), tomografii komputerowej (CT) i rezonansu magnetycznego (MR)

Choroba	TTE	TEE	CT	MR
Wady wrodzone:				
morfologia	++	+++	++++	++++
czynność	++++	+++	-	++++
Zmiany miażdżycowe ściany aorty	+	+++	++++	+++
Tętniak aorty	++	++++	++++	++++
Rozwarstwienia aorty	+++	++++	++++	++++
Krwiak śródścienny	+	++++	++++	++++
Wrzód drążący	-	++	++++	++++

gadolinu Gd-DTPA, z prędkością 3–5 ml/s), umożliwia wizualizację aorty podczas tzw. pierwszego przejścia środka kontrastowego. Skany są wykonywane szybką techniką 3D GRE na pojedynczym bezdechu. Do celów diagnostycznych wykorzystuje się zarówno rekonstrukcje wielopłaszczyznowe (MPR), jak i obrazy w projekcji maksymalnej intensywności (MIP). Przewaga tej metody nad aortografią konwencjonalną i aortografią CT polega na wyeliminowaniu jodowych środków kontrastowych oraz promieniowania RTG. Częstość występowania powikłań po paramagnetycznych środkach kontrastowych u osób z prawidłową funkcją nerek jest znikoma. Należy jednak pamiętać o ograniczeniu tej techniki, polegającym na możliwości oceny jedynie światła naczynia.

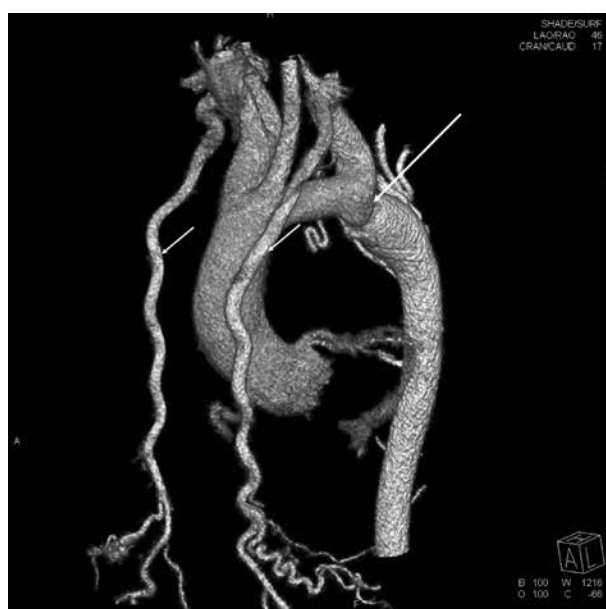
Patologie aorty obejmują: wady wrodzone, zmiany miażdżycowe ściany aorty, poszerzenie aorty ze skrajną postacią tętniaka aorty oraz ostre zespoły aortalne (tab. 2).

WADY WRODZONE AORTY

Wady wrodzone aorty występują zarówno w postaci jej zwężenia (nadzastawkowe zwężenia aorty, koarktacja aorty), jak i poszerzenia.

Wstępne badanie z wyboru przy klinicznym podejrzeniu zwężenia aorty to badanie echokardiograficzne. W wielu przypadkach uwidocznienie anatomii zwężenia jest trudne lub niemożliwe. Podstawowe znaczenie ma badanie dopplerowskie i wykazanie przyspieszenia prędkości przepływu w aorcie. Rezonans magnetyczny i CT dostarczają szczegółowych informacji o anatomii zwężenia (lokalizacja, długość zwężenia, ocena krążenia obocznego) (ryc. 2) oraz o towarzyszących patologich (np. anomalie odejścia naczyń dogłowych), co ma istotny wpływ na wybór metody leczenia [12]. Rola CT w ocenie czynnościowej jest ograniczona. W MR, dzięki mapowaniu prędkości przepływu krwi w miejscu uwidocznionego zwężenia, możliwe jest oszacowanie gradientu.

Po chirurgicznym leczeniu koarktacji aorty CT i MR pozwalają na dokładne zobrazowanie powikłań — restenozy, tętniaka, rozwarstwienia czy pęknięcia (ryc. 3) [13]. U pa-



Rycina 2. Angiografia tomografii komputerowej aorty, rekonstrukcja objętościowa. Widoczne koarktacja aorty (duża strzałka) i poszerzone tętnice piersiowe wewnętrzne (małe strzałki)

cientów z wszczepionym stentem, ze względu na obecność materiału generującego liczne artefakty w polu magnetycznym, metodą rekomendowaną do oceny pooperacyjnej obok echokardiografii jest CT [1].

Poszerzenia aorty najczęściej występuje dziedzicznie (BAV, zespół Marfana, zespół Loeys-Ditza, zespół Ehlers-Danlosa). Pacjenci ci wymagają odrębnego postępowania diagnostycznego i systematycznej kontroli. Szczegółowe wytyczne znajdują się w dokumentach *European Society of Cardiology* dotyczących zarówno wad wrodzonych serca u dorosłych [14], jak i zastosowania MR w wadach wrodzonych [4] oraz w wytycznych AHA z 2010 roku [1].

MIAŻDŻYCA AORTY

W zależności od charakterystyki blaszki miażdżycowej wyróżnia się kilka stopni zmian morfologicznych ściany

aorty. Obecność blaszek o grubości ≥ 4 mm wiąże się ze zwiększonym ryzykiem zatorowości obwodowej, szczególnie u pacjentów poddawanych cewnikowaniu serca i podczas operacji kardiochirurgicznych [15]. Ocena struktury ściany aorty jest możliwa w TEE. Ma ona jednak charakter jedynie jakościowy [16]. Tomografia komputerowa pozwala na ocenę stopnia uwapnienia ściany aorty, ocenę grubości blaszek miażdżycowych i ich morfologii na podstawie współczynnika osłabienia promieniowania: blaszki niewapnione < 30 j.H, blaszki uwapnione > 130 j.H oraz blaszki mieszane [17]. W przeciwieństwie do CT ograniczeniem MR jest brak możliwości oceny zwapnienia ściany aorty. Natomiast MR



Rycina 3. Angiografia rezonansu magnetycznego z kontrastem, rekonstrukcja MIP. Rekoarktacja aorty (strzałka) u pacjentki po 2-krotnej balonowej plastyce aorty

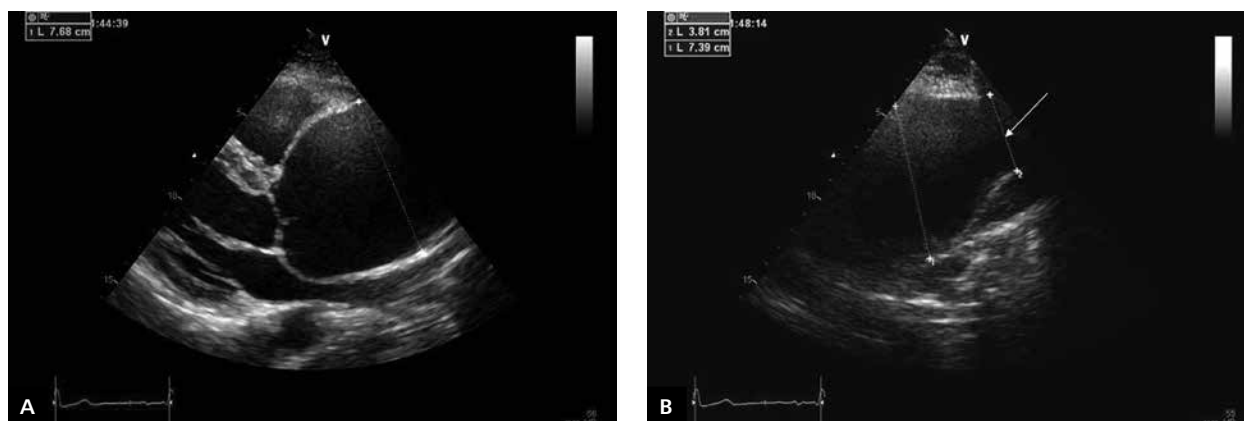
pozwała scharakteryzować skrzeplinę na podstawie zmian sygnału spowodowanych właściwościami paramagnetycznymi methemoglobiny i deoksyhemoglobiny. Methemoglobina, powstająca w wyniku rozpadu krwinek czerwonych, powoduje skracanie czasu T1, ale wydłużenie czasu T2, co prowadzi do podwyższenia sygnału zarówno w obrazach T1, jak i T2-zależnych w sekwencji SE. Wysoki sygnał charakteryzuje zatem „świeżą” niezorganizowaną skrzeplinę, zaś niski — „starą” zorganizowaną skrzeplinę. Sygnał mieszany wskazuje na częściowo zorganizowaną skrzeplinę [18].

TĘTNIAK AORTY PIERSIOWEJ

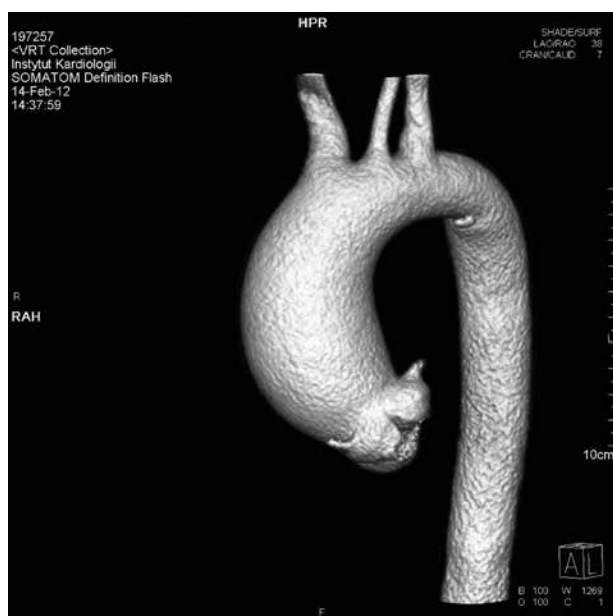
Najczęściej rozpoznawaną patologią aorty jest jej poszerzenie. Nierzadko jest to przypadkowe znalezisko w czasie badania echokardiograficznego wykonywanego z innych wskazań. Kliniczne znaczenie poszerzenia aorty wynika z wprost proporcjonalnej zależności między naprężeniem ściany naczynia a jego średnicą i działającym na nie ciśnieniem. Średnica aorty jest zatem wprost proporcjonalna do naprężenia jej ściany (prawo Laplace’a) i jest wskaźnikiem ryzyka jej pęknięcia.

Powiększenie średnicy światła o co najmniej 50% wartości prawidłowej definiuje się jako tętniak. Granicą rozpoznania tętniaka dla aorty wstępującej jest zatem 5,5 cm, łuku — 4,3 cm, a aorty zstępującej segmentu piersiowego — 3,7 cm.

Echokardiograficzne badanie przezklatkowe jest metodą z wyboru oceny opuszki aorty (ryc. 4A, B). Ma to szczególne znaczenie u pacjentów z zespołem Marfana i dwupłatkową zastawką aortalną [19, 20]. Dodatkowo pozwala na ocenę morfologii zastawki aortalnej i stopnia jej niedomykalności. Ocena poszerzenia aorty wstępującej w badaniu TTE jest wystarczająca u większości pacjentów i wykazuje wysoką zgodność z pomiarami przy użyciu CT [21], dlatego jest wykorzystywana w monitorowaniu pacjentów bez objawów z rozpoznanym poszerzeniem aorty wstępującej. W wybranych sytuacjach klinicznych poszerzenie aorty wstępującej, a szczególnie aorty zstępującej, należy ocenić w badaniu TEE.



Rycina 4. Badanie echokardiograficzne, projekcja przymostkowa w osi długiej. **A.** Tętniak aorty wstępującej o średnicy 7,8 cm; **B.** Dalsza część aorty wstępującej jedynie nieznacznie poszerzona — 3,8 cm (strzałka)



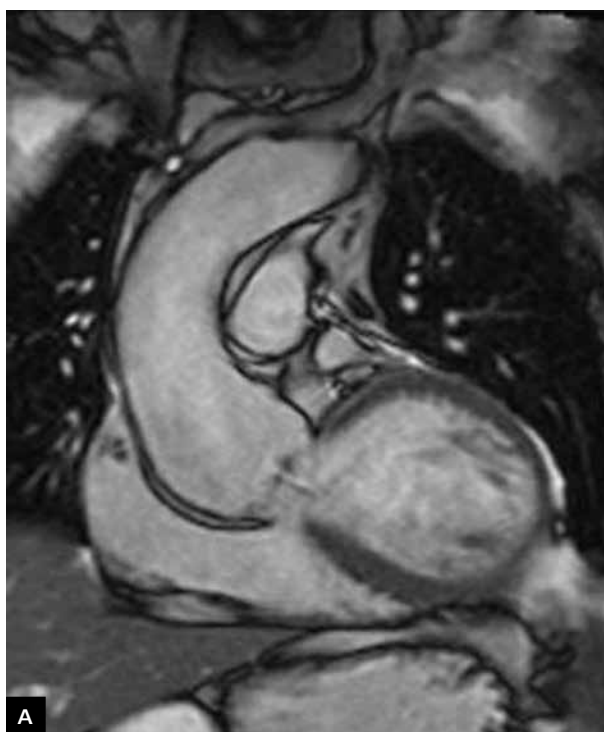
Rycina 5. Angiografia tomografii komputerowej aorty, rekonstrukcja objętościowa. Tętniak aorty wstępującej

Tomografia komputerowa jest metodą alternatywną umożliwiającą ocenę całej aorty (ryc. 5), a przy wykonaniu badania bramkowanego EKG — również morfologię zastawki aortalnej. W przypadku podejrzenia pęknięcia tętniaka aorty metodą z wyboru jest CT [22]. Rezonans magnetyczny, podobnie jak CT, umożliwia ocenę zarówno zasięgu, jak i wielkości tętniaka aorty w każdym jej segmencie (ryc. 6A, B). W obu metodach zaleca się wykonanie pomiarów zewnętrznych zarysów aorty, a nie tylko światła naczynia. Standaryzacja pomiarów aorty jest bardzo ważna w planowaniu wewnątrznacyniowych zabiegów, w których wymiar graftu musi być dostosowany do wymiaru aorty [1]. W przypadku tętniaków o etiologii zapalnej po podaniu środka kontrastowego w obrazach T1-zależnych z saturacją tłuszczu możliwe jest uwidocznienie zmian zapalnych w ścianie aorty, a także okołonaczyniowo [18].

OSTRE ZESPOŁY AORTALNE

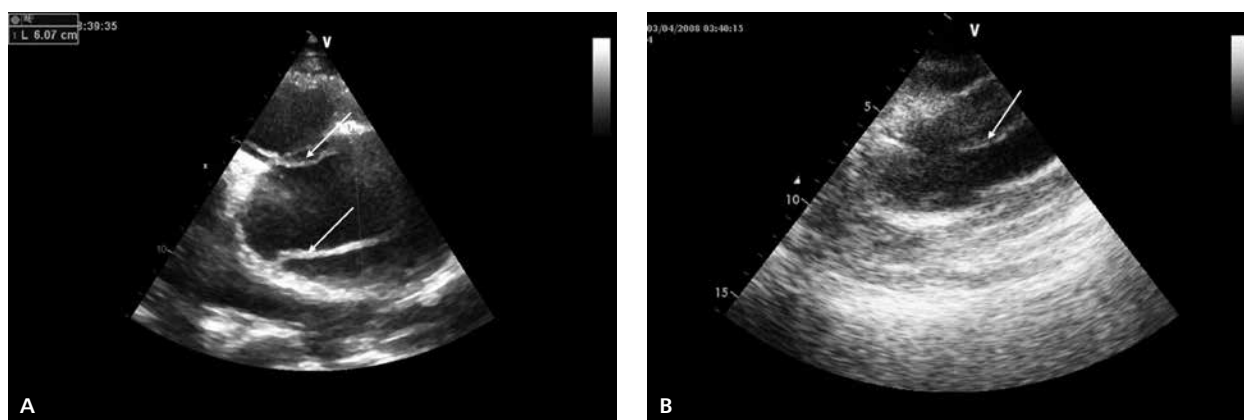
Wprowadzony w ostatnich latach termin „ostre zespoły aortalne” obejmuje klasyczne rozwarstwienie aorty, krwiak śródścienny, wrzód drążący oraz jatrogenne uszkodzenie aorty i jej zlokalizowane rozwarstwienie [23].

Ze względu na duże prawdopodobieństwo pęknięcia ściany aorty wstępującej rozwarstwienie obejmujące tę część wymaga natychmiastowego rozpoznania i leczenia operacyjnego. Najbardziej dostępną metodą obrazową jest TTE (ryc. 7A, B). W licznych pracach wykazano, że jej łączna czułość w rozpoznawaniu rozwarstwienia aorty wstępującej waha się od 78% do 90%, a swoistość od 87% do 96% [24]. Wprowadzenie kontrastu echokardiograficznego zbliżyło skuteczność TTE do skuteczności TEE w rozpoznawaniu roz-



Rycina 6. Rezonans magnetyczny. **A.** Przekrój czołowy w sekwencji *true FISP single shot*. Poszerzenie opuszki (do 53 mm) i aorty wstępującej (do 43 mm) oraz uchwycony strumień niedomykalności zastawki aortalnej; **B.** Angiografia rezonansu magnetycznego z kontrastem, rekonstrukcja MIP. Poszerzenie opuszki i aorty wstępującej u tego samego pacjenta

warstwienia aorty wstępującej (czułość 93%, swoistość 97%) [25]. Dodatkowo badanie przezklatkowe może zobrazować niedomykalność aortalną czy płyn w worku osierdziowym, co ma znaczenie rokownicze i wpływa na zakres interwencji. Jest



Rycina 7. Badanie echokardiograficzne, projekcja przymostkowa w osi długiej. Różne kształty odwarstwionej błony wewnętrznej w badaniu echokardiograficznym. **A.** Wiotka (strzałki) zlokalizowana tuż nad zastawką aortalną; **B.** Sztywna, linijna (strzałka) wewnątrz światła aorty

cenną metodą wstępnej oceny chorego z klinicznym podejrzaniem rozwarstwienia aorty wstępującej [26]. Niska negatywna wartość predykcyjna TTE nie pozwala na wykluczenie rozwarstwienia aorty w przypadku negatywnego wyniku. Dotyczy to szczególnie chorych ze złym oknem akustycznym, których w tej grupie jest wielu. Echokardiograficzne badanie przezprzełykowe przewyżcza wiele ograniczeń badania przezklatkowego. Jego niewątpliwą zaletą w porównaniu z innymi metodami obrazowymi jest możliwość szybkiego uzyskania obrazów przy łóżku chorego. Wiele badań potwierdziło wartość TEE w rozpoznawaniu rozwarstwienia aorty (czułość 86–100%, swoistość 90–100% oraz negatywna wartość predykcyjna 86–100%) [25–27]. Niższa swoistość wykrywania rozwarstwienia może być problemem. Zależy głównie od doświadczenia operatora i stosowanych kryteriów diagnostycznych w rozpoznawaniu artefaktów. Artefakty w aorcie wstępującej w TEE występują w ok. 50% przypadków [28]. Jeżeli stan hemodynamiczny pacjenta jest niestabilny, a istnieje duże prawdopodobieństwo rozwarstwienia, to należy dążyć do wykonywania badania w warunkach intensywnego nadzoru, nawet na sali operacyjnej, w krótkotrwałym znieczuleniu i, jeżeli to możliwe, po ustabilizowaniu stanu chorego.

W ostatnich latach wielorzędowa CT, ze względu na szeroką dostępność i krótki czas badania, staje się metodą z wyboru u pacjentów z podejrzeniem ostrego zespołu aortalnego [29]. Czuość i specyficzność CT bramkowanej sygnałem EKG w rozpoznawaniu ostrego zespołu aortalnego wynosi prawie 100% [30, 31], pozytywna wartość predykcyjna — 100%, a negatywna wartość predykcyjna — 99,7% [31]. Tomografia komputerowa umożliwia w trakcie jednego badania uwidocznienie całej aorty (zarówno piersiowej, jak i brzusznej) oraz jednoczesną ocenę powikłań (krwawienie do jamy opłucnej, śródpiersia, worka osierdziowego), rozwarstwienia czy niedrożności tętnic odchodzących od aorty (tętnice wieńcowe, dogłowe, nerkowe, trzewne itd.). Badanie

angio-CT bramkowane sygnałem EKG precyzyjnie obrazuje obecność rozwarstwienia aorty, wrota pierwotne, topografię odwarstwionej błony wewnętrznej do zastawki aortalnej i tętnic wieńcowych (ryc. 8A, B). Możliwość zróżnicowania kanału prawdziwego i fałszywego oraz ocena odejścia tętnic od poszczególnych kanałów jest istotna w przypadku planowania leczenia endowaskularnego. Badanie CT służy również do monitorowania pacjentów po operacji rozwarstwienia (ryc. 9).

Rezonans magnetyczny charakteryzuje najwyższą czułość i specyficzność (zbliżona do 100%) w wykrywaniu wszystkich typów rozwarstwienia aorty [27]. Jednak ze względu na czasochłonność metody jest przeciwwskazany w diagnostyce ostrych stanów aortalnych u pacjentów niestabilnych hemodynamicznie. Stosuje się go natomiast do badań kontrolnych u pacjentów z przewlekłym rozwarstwieniem aorty. Dzięki obrazom *cine* SSFP możliwe jest zróżnicowanie między powolnym przepływem a skrzepliną w kanale rzekomym.

Wybór metody obrazowej diagnozowania rozwarstwienia aorty powinien zależeć od dostępności danej techniki i doświadczenia zespołu [2]. Dane z *International Registry of Acute Aortic Dissection* (IRAD) wykazały, że CT było metodą pierwszego wyboru u 61% pacjentów z rozwarstwieniem aorty, a echokardiografia u 33% chorych [7].

Krwiak śródścienny aorty jest patologią mniej znaną, a przez to również rzadziej rozpoznawaną. Częstość jego występowania wśród pacjentów z ostrymi zespołami aortalnymi wynosi 10–30%, a u 21–47% prowadzi do ostrego rozwarstwienia aorty. Częściej występuje w aorcie zstępującej. Niezależnie od zastosowanej metody obrazowej charakteryzuje się pogrubieniem ściany aorty powyżej 7 mm. Krwiak śródścienny po raz pierwszy opisano w TEE; poza pogrubieniem ściany często charakteryzuje się wolną od ech śródścienną przestrzenią [32]. W badaniu CT bez kontrastu krwiak śródścienny jest widoczny jako hiperdensyjne pogrubienie ściany aorty półksiężycowatego lub



Rycina 8. Angiografia tomografii komputerowej aorty, rozwarstwienie aorty piersiowej. **A.** Przekrój czołowy, rekonstrukcja MPR. Wrota rozwarstwienia (strzałka); **B.** Rekonstrukcja objętościowa. Widoczna odwarstwiona błona wewnętrzna (strzałki)

pierścieniowatego kształtu, które po podaniu kontrastu jest hipodensyjne, nie ulega wzmocnieniu [33] (ryc. 10A, B). W diagnostyce krwiaka metodą MR największe znaczenie mają sekwencje SE, w płaszczyznach poprzecznych, które, na podstawie obrazu produktów rozpadu hemoglobiny, pozwalają na ocenę nie tylko rozległości krwiaka, ale także czasu jego powstania. Mniej przydatna jest CE MRA, której wynik w przypadku braku zwężenia światła naczynia może być fałszywie ujemny [18].

Wrzód drążący jest spowodowany martwicą błony wewnętrznej z odsłonięciem warstwy środkowej. Może prowadzić do rozwarstwienia lub perforacji ściany aorty.



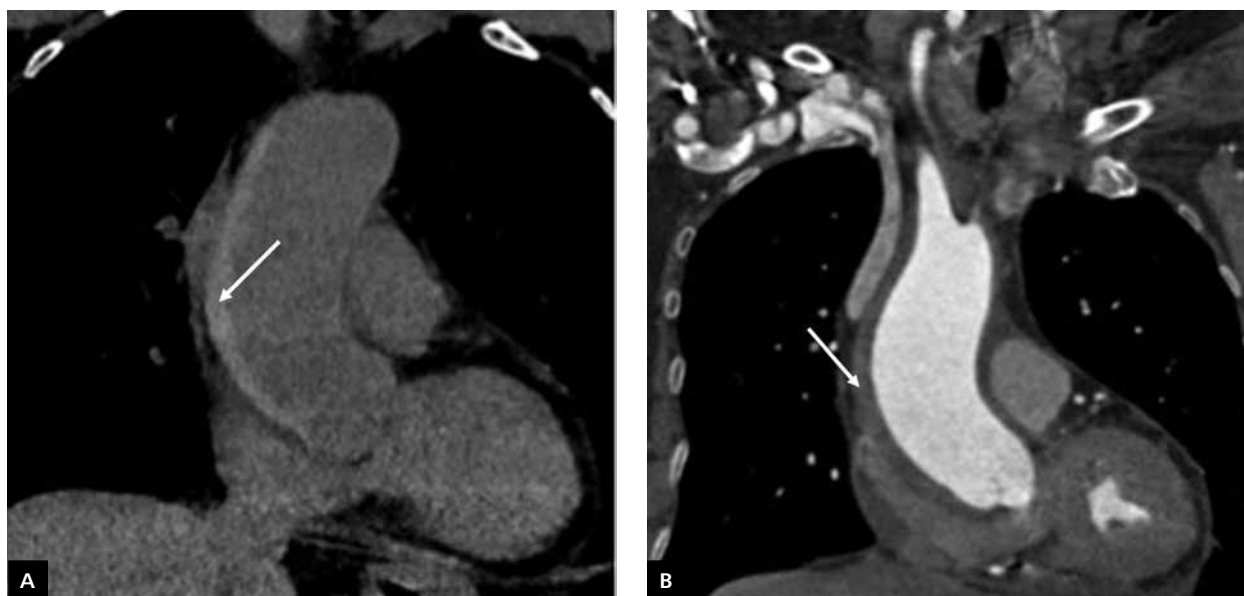
Rycina 9. Angiografia tomografii komputerowej aorty, rekonstrukcja objętościowa. Stan po operacji rozwarstwienia aorty, wszczepiona proteza aorty wstępującej i częściowo łuku. Tętniak rozwarstwiający aorty zstępującej i brzusznej

Występuje głównie w łuku, zstępującym odcinku aorty piersiowej i aorcie brzusznej. Równoważnymi metodami jego obrazowania są TEE, CT i MR. Diagnostyka różnicowa ze znacznie częściej spotykanymi blaszkami miażdżycowymi może sprawiać trudności przy zastosowaniu wszystkich metod. W badaniu CT po podaniu kontrastu wrzód drążący jest widoczny jako owrzodzenie w blaszce miażdżycowej penetrujące w kierunku błony środkowej z lokalnym wypukleniem ściany zewnętrznej aorty [34]. W badaniu MR, po podaniu paramagnetycznego środka kontrastowego, można uwidocznić ogniskowy obszar wynaczynienia kontrastu komunikujący się ze światłem naczynia.

PODSUMOWANIE

Ze względu na powszechną dostępność i nieinwazyjny charakter we wstępnej diagnostyce chorób aorty piersiowej zawsze powinno się stosować ocenę echokardiograficzną. Niezbędna jest umiejętność uwidaczniania wszystkich segmentów aorty. W większości przypadków badanie to wystarcza do monitorowania poszerzenia aorty wstępującej. Należy również docenić jego rolę w rozpoznawaniu rozwarstwienia aorty. Największym ograniczeniem TTE jest brak dostatecznego okna akustycznego u części pacjentów.

Wielorzędowa CT, ze względu na krótki czas badania oraz możliwość całościowej oceny aorty, odchodzących od niej naczyń i otaczających struktur, jest metodą z wyboru u pacjentów z podejrzeniem ostrego zespołu aortalnego czy w ocenie przedoperacyjnej tętniaków i wybranych wrodzonych patologii aorty. Nie pozwala jednak na ocenę czynności



Rycina 10. Tomografia komputerowa, przekrój czołowy. Diagnostyka krwika śródściennego. **A.** Obraz bez podania kontrastu; **B.** Obraz po podaniu kontrastu (krwik śródścienny — strzałki)

ciową. Należy pamiętać, że badanie to wiąże się z narażeniem pacjenta na promieniowanie rentgenowskie, dlatego powinno być rozważnie zlecane u dzieci i młodych dorosłych.

Dzięki zastosowaniu różnorodnych technik w obrazowaniu metodą MR możliwa jest kompleksowa ocena aorty zarówno pod kątem morfologicznym, jak i czynnościowym. Istotnym ograniczeniem tej metody jest obecność pola magnetycznego, relatywnie wciąż jeszcze mała jej dostępność, a także czasochłonność, co skutecznie uniemożliwia wykonanie badania u pacjentów niestabilnych hemodynamicznie. Ważną i kluczową zaletą MR pozostaje nienarażanie pacjenta na szkodliwe działanie promieniowania rentgenowskiego i jodowych środków kontrastowych, co ma szczególne znaczenie u osób młodych w seryjnych badaniach kontrolnych.

Konflikt interesów: nie zgłoszono

Piśmiennictwo

- 2010 ACCF/AHA/AATS/ACR/ASA/SCA/SCAI/SIR/STS/SVM Guidelines for diagnosis and management of patients with thoracic aortic disease. *J Am Coll Cardiol*, 2010; 55: 27–129.
- Evangelista A, Flachkamp FA, Erbel R et al. Echocardiography in aortic diseases: EAE recommendations for clinical practice. *Eur J Echocardiogr*, 2010; 11: 645–658.
- Pennell DJ, Sechtem UP, Higgins CB et al. Clinical indications for cardiovascular magnetic resonance (CMR): Consensus Panel Report. *Eur Heart J*, 2004; 25: 1940–1965.
- Kilner PJ, Geva T, Kaemmerer H et al. Recommendations for cardiovascular magnetic resonance in adults with congenital heart disease from the respective working groups of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J*, 2010; 31: 794–805.
- Hager A, Kaemmerer H, Rapp-Berhardt U et al. Diameters of the thoracic aorta throughout life as measured with helical computed tomography. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2002; 123: 1060–1066.
- Agmon Y, Khandheria BK, Meissner I et al. Is aortic dilatation an atherosclerosis-related process? *J Am Coll Cardiol*, 2003; 42: 1076–1083.
- Hagan PG, Nienaber CA, Isselbacher EM et al. The international Registry of Acute Aortic Dissection (IRAD): new insights into an old disease. *JAMA*, 2000; 283: 897–903.
- Roose JE, Willmann JK, Weishaupt D et al. Thoracic aorta: motion artifact reduction with retrospective and prospective electrocardiography-assisted multidetector-row CT. *Radiology*, 2002; 222: 271–277.
- Apfalder P, Hanna EL, Schoepf UJ et al. Radiation dose and image quality at high-pitch CT angiography of the aorta: intraindividual and interindividual comparisons with conventional CT angiography. *AJR*, 2012; 199: 1402–1409.
- Holloway BJ, Rosewarne D, Jones RG. Imaging of thoracic aortic disease. *Br J Radiol*, 2011; 84 (Special Issue 3): S338–S354.
- Lotz J, Meier C, Leppert A, Galanski M. Cardiovascular flow measurement with phase-contrast MR imaging: basic facts and implementation. *Radiographics*, 2002; 22: 651–671.
- Głowacki J, Maślanka P, Miszalski-Jamka K et al. Współistnienie koarktacji aorty z anomalią tętnic łuku aorty na podstawie badań naczyniowych w 64-warstwowej tomografii komputerowej. *Kardiochir Torakochir Pol*, 2008; 5: 328–331.
- Shih M-CHP, Tholpady A, Kramer CM et al. Surgical and endovascular repair of aortic coarctation: normal findings and appearance of complications on CT angiography and MR angiography. *AJR*, 2006; 187: W302–W312.
- Baumgartner H, Bonhoeffer P, De Groot NMS et al. ESC Guidelines for the management of grown-up congenital heart disease (new version 2010). *Eur Heart J*, 2010; 31: 2915–2957.
- Meissner I, Khandheria BK, Sheps SG et al. Atherosclerosis of the aorta: risk factor, risk marker or innocent bystander? *J Am Coll Cardiol*, 2004; 44: 1018–1024.
- Beique FA, Joffe D, Tousignant G, Konstant S. Echocardiography-based assessment and management of atherosclerotic

- disease of the thoracic aorta. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 1998; 12: 206–220.
17. Sharif F, Derek G Lohan DG, Wijns W. Non-invasive detection of vulnerable coronary plaque. *World J Cardiol*, 2011; 26;3: 219–229.
 18. Bouzas B. Diseases of the aorta In: Varghese A. Pennell D. ed. *Cardiovascular magnetic resonance*. Churchill Livingstone Elsevier, Philadelphia 2008: 79–92.
 19. Brooke BS, Habashi JP, Judge DP et al. Angiotensin II blockade and aortic-root dilatation in Marfan's syndrome. *N Engl J Med*, 2008; 358: 2787–2795.
 20. Schaefer BM, Lewin MB, Stout KK et al. The bicuspid aortic valve: an integrated phenotypic classification of leaflet morphology and aortic root shape. *Heart*, 2008; 94: 1634–1638.
 21. Tamborini G, Galli CA, Maltagliati A et al. Comparison of feasibility and accuracy of transthoracic echocardiography versus computed tomography in patients with known ascending aortic aneurysm. *Am J Cardiol*, 2006; 98: 966–969.
 22. Agarwal PP, Chughtai A, Matzinger FR et al. Multidetector CT of thoracic aortic aneurysms. *RadioGraphics*, 2009; 29: 537–552.
 23. Svensson LG, Labib SB, Eisenhauer AC, Butterly JR. Intimal tear without hematoma: an important variant of aortic dissection that can elude current imaging techniques. *Circulation*, 1999; 99: 1331–1336.
 24. Erbel R, Engberding R, Daniel W et al. Echocardiography in diagnosis of aortic dissection. *Lancet*, 1989; 1: 457–461.
 25. Evangelista A, Avegliano G, Aguilar R et al. Impact of contrast-enhanced echocardiography on the diagnostic algorithm of acute aortic dissection. *Eur Heart J*, 2010; 31: 472–480.
 26. Meredith EL, Masani ND. Echocardiography in the emergency assessment of acute aortic syndromes. *Eur J Echocardiogr*, 2009; 10: 131–139.
 27. Erbel R, Alfonso F, Boileau C et al. Diagnosis and management of aortic dissection. Recommendation of the task force on aortic dissection. *Eur Heart J*, 2001; 22: 1642–1681.
 28. Evangelista A, Garcia-del-Castillo H, Gonzalez-Alujas T et al. Diagnosis of ascending aortic dissection by transesophageal echocardiography: utility of M-mode in recognizing artifacts. *J Am Coll Cardiol*, 1996; 27: 102–107.
 29. McMahon MA, Squirrell C. Multidetector CT of aortic dissection; a pictorial review. *RadioGraphics*, 2010; 30: 445–460.
 30. Manghat NE, Morgan-Hughes GJ, Roobottom CA. Multi-detector row computed tomography: imaging in acute aortic syndrome. *Clin Radiol*, 2005; 60: 1256–1267.
 31. Hayter RB, Rhea JT, Small A et al. Suspected aortic dissection and other aortic disorders: multi-detector row CT in 373 cases in the emergency setting. *Radiology*, 2006; 238: 841–852.
 32. Mohr-Kahaly S, Erbel R, Kearney MP, Meyer J. Aortic intramural hemorrhage visualized by transesophageal echocardiography: findings and prognostic implications. *J Am Coll Cardiol*, 1994; 23: 658–664.
 33. Salvolini L, Renda P, Fiore D. Acute aortic syndromes: role of multi-detector row CT. *EJR*, 2008; 65: 350–358.
 34. Berger FH, Van Lienden KP, Smithics R. Acute aortic syndrome and blunt traumatic aortic injury: Pictorial review of MDCT imaging. *EJR*, 2010; 74: 24–39.