



Polish Heart Journal

KARDIOLOGIA POLSKA

Oficjalne czasopismo
Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego

Polish Cardiac Society
the Official Peer Review Journal
since 1957

Indexed in:
Chemical Abstract Service (CAS), Cross Ref, EBSCO,
EMBASE, Free Medical Journals, Google Scholar,
Index Copernicus (IC), Index Scholar, MEDLINE,
Polish Medical Library (GBL), Scopus, Polish Ministry
of Science and Higher Education, Ulrich's Periodicals
Directory, Web of Science (IF)



Wrzesień 2017, tom 75
September 2017, volume 75

SUPPLEMENT VII

**ALGORYTMY NIEINWAZYJNEJ
DIAGNOSTYKI OBRAZOWEJ
W KARDIOLOGII**

Suplement wydany
dzięki wsparciu

SIEMENS
Healthineers

KARDIOLOGIA POLSKA

Polish Heart Journal

miesięcznik Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego

Official Monthly Peer-Reviewed Journal of the Polish Cardiac Society, since 1957

Indexed in: Chemical Abstract Service (CAS), Cross Ref, EBSCO, EMBASE, Free Medical Journals,

Google Scholar, Index Copernicus (IC), Index Scholar, MEDLINE, Polish Medical Library (GBL), Scopus,

Polish Ministry of Science and Higher Education, Ulrich's Periodicals Directory, Web of Science (IF)

redaktor naczelny
Kardiologii Polskiej/
editor-in-chief
of the Polish Heart Journal
Krzysztof J. Filipiak

zastępca redaktora naczelnego/
deputy editor
Bronisław Bednarz

sekretarz redakcji/
managing editor
Urszula Grochowicz

redaktorzy konsultanci/
associate editors
Dariusz Dudek
Przemysław Miłkowski
Edyta Płońska-Gościński
Jerzy K. Wraniak

ustępujący redaktor/
past editor-in-chief
Piotr Kułakowski

biuro redakcji/
office manager
Sylvia Skibińska

adres redakcji/
address
Polskie Towarzystwo Kardiologiczne
ul. Stawki 3a, lok. 3
00-193 Warszawa
tel.: +48 22 887 20 56-7
<http://www.kardiologiapolska.pl>
e-mail: kardiologiapolska@ptkardio.pl

konsultant ds. statystyki/
statistical consultant
Marcin Dąda

redaktor prowadzący/
publisher editor
Joanna Niezgoda


międzynarodowa rada naukowa/ **international scientific board**

Sevket Balta (TR)
Eugene Braunwald (US)
Michel Bertrand (FR)
Günter Breithardt (DE)
John Camm (GB)
Gheorghe-Andrei Dan (RO)
William McKenna (GB)
Lionel H. Opie (ZA)
Eric Prystowsky (US)
Patric Serruys (NL)
John Taylor (GB)
Frans Van de Werf (BE)
Salim Yusuf (CND)

krajowa rada naukowa/ **national scientific board**

Andrzej Beręsewicz
Andrzej Bochenek
Grażyna Brzezińska-Rajszyś
Andrzej Budaj
Stefan Chłopicki
Andrzej Cieśliński
Barbara Cybulska
Jarosław Drożdż
Jacek Dubiel
Dariusz Dudek
Robert J. Gil
Piotr Hoffman
Włodzimierz Januszewicz
Zbigniew Kalarus
Jarosław D. Kasprzak
Zdzisława Kornacewicz-Jach
Maria Krzezińska-Pakuła
Piotr Kułakowski
Bohdan Lewartowski
Andrzej Lubiński
Bohdan Maruszewski
Przemysław Miłkowski
Krzysztof Narkiewicz
Grzegorz Opolski
Tomasz Pasiński
Ryszard Piotrowicz
Edyta Płońska-Gościński
Piotr Podolec
Lech Poloński
Piotr Ponikowski
Witold Rużyłło
Andrzej Rynkiewicz
Tomasz Siminiak
Janina Stępińska
Marek Sznajderman
Michał Tendera
Adam Torbicki
Wiesława Tracz
Adam Witkowski
Jerzy K. Wraniak
Henryk Wysocki
Tomasz Zdrojewski
Marian Zembala

wydawca/publisher

 „Via Medica sp. z o.o.” sp.k.
ul. Świętokrzyska 73, 80-180 Gdańsk
tel. (58) 320 94 94, faks (58) 320 94 60
www.viamedica.pl, wap.viamedica.pl

Kardiologia Polska (ISSN 0022-9032) jest czasopismem wydawanym 12 razy w roku. Opinie prezentowane w artykułach nie muszą być zgodne z opiniami redakcji.

Ceny prenumerat w 2017 r. Odbiorcy z Polski (wersja papierowa): indywidualni — 200 zł, instytucje — 400 zł. Odbiorcy z zagranicy (wersja elektroniczna): indywidualni — 100 USD, instytucje — 200 USD.

Istnieje możliwość zamówienia pojedynczego numeru: tel. (58) 320 94 53,

e-mail: prenumerata@viamedica.pl.

Wpłaty, z czytelnym adresem, należy przysyłać na konto: VM Media sp. z o.o. VM Group sp.k., Fortis Bank Polska SA Oddz. Gdańsk 24 1600 1303 0004 1007 1035 9150.

Za prenumeratę czasopisma przysługuje 5 punktów edukacyjnych.

Reklamy: Należy kontaktować się z działem reklam wydawnictwa „Via Medica sp. z o.o.” sp.k., ul. Świętokrzyska 73, 80-180 Gdańsk, tel. (58) 320 94 57, e-mail: dsk@viamedica.pl

Za treść reklam redakcja nie ponosi odpowiedzialności. Wszelkie prawa zastrzeżone, włącznie z tłumaczeniem na języki obce. Żaden fragment tego czasopisma zarówno tekstu, jak i grafiki nie może być wykorzystywany w jakiegokolwiek formie. W szczególności zabronione jest dokonywanie reprodukcji oraz przekładanie na język mechaniczny lub elektroniczny, a także utrwalanie w jakiegokolwiek postaci, przechowywanie w jakimkolwiek układzie pamięci oraz transmitowanie w formie elektronicznej, mechanicznej czy za pomocą fotokopii, mikrofilmu, nagrań, skanów bądź w jakikolwiek inny sposób, bez wcześniejszej pisemnej zgody wydawcy. Prawa wydawcy podlegają ochronie przez krajowe prawo autorskie oraz konwencje międzynarodowe, a ich naruszenie jest ścigane na drodze karnej.

Nota prawna:

<http://czasopisma.viamedica.pl/KP/about/legalNote>

instrukcja dla autorów/instruction for authors:

www.kardiologiapolska.pl

przysyłanie prac drogą elektroniczną/
electronic submission:

www.kardiologiapolska.pl

www.viamedica.pl, wap.viamedica.pl

Suplement wydany dzięki wsparciu



Firma Siemens Healthcare Sp. z o.o. nie była zaangażowana w powstanie niniejszej publikacji i w żaden sposób nie wpłynęła na jej treść.

Algorytmy nieinwazyjnej diagnostyki obrazowej w kardiologii

Sekcji Echokardiografii Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego

Sekcji Kardiologicznego Rezonansu Magnetycznego i Tomografii Komputerowej Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego

Sekcji Kardiologii Nuklearnej Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego

Pod redakcją

prof. dr. hab. n. med. Piotra Hoffmana

prof. dr. hab. n. med. Piotra Lipca

Autorzy

prof. dr. hab. n. med. Piotr Hoffman — Prezes Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego

Sekcja Echokardiografii Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego

prof. dr. hab. n. med. Piotr Lipiec — przewodniczący Sekcji

dr hab. n. med. Marcin Fijałkowski, prof. nadzw. GUM

dr hab. n. med. Andrzej Gackowski, prof. nadzw. UJ

prof. dr. hab. n. med. Mirosław Kowalski

Sekcja Kardiologicznego Rezonansu Magnetycznego i Tomografii Komputerowej Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego

dr hab. n. med. Mariusz Kruk, prof. nadzw. IK — przewodniczący Sekcji

dr hab. n. med. Cezary Kępka, prof. nadzw. IK

dr n. med. Karol Miszański-Jamka

Sekcja Kardiologii Nuklearnej Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego

dr n. med. Anna Kaźmierczak-Dziuk — przewodnicząca Sekcji

prof. dr. hab. n. med. Mirosław Dziuk

prof. dr. hab. n. med. Magdalena Kostkiewicz

Recenzenci

prof. dr. hab. n. med. Jarosław D. Kasprzak

prof. dr. hab. n. med. Leszek Królicki

dr hab. n. med. Mateusz Śpiewak

Adres do korespondencji:

prof. dr. hab. n. med. Piotr Hoffman, Klinika Wad Wrodzonych Serca, Instytut Kardiologii, ul. Alpejska 42, 04-628 Warszawa, e-mail: phoffman@ikard.pl

Kardiologia Polska Copyright © Polskie Towarzystwo Kardiologiczne 2017

Spis treści

1. Skróty	S 76
2. Przedmowa	S 77
3. Omówienie współczesnych metod obrazowania	S 78
3.1. Echokardiografia	S 78
<i>Andrzej Gackowski, Piotr Lipiec, Mirosław Kowalski,</i>	
<i>Marcin Fijałkowski, Piotr Hoffman</i>	
3.2. Tomografia komputerowa.....	S 79
<i>Mariusz Kruk, Cezary Kęпка</i>	
3.3. Rezonans magnetyczny	S 81
<i>Karol Miszałski-Jamka</i>	
3.4. Scyntygrafia perfuzyjna mięśnia sercowego.....	S 83
<i>Magdalena Kostkiewicz</i>	
3.5. Pozytonowa tomografia emisyjna	S 84
<i>Mirosław Dziuk</i>	
3.6. Obrazowanie hybrydowe.....	S 86
<i>Mariusz Kruk, Magdalena Kostkiewicz</i>	
3.7. Protokoły obciążeniowe	S 87
<i>Piotr Lipiec</i>	
4. Algorytmy zastosowania nieinwazyjnych	
technik obrazowania.....	S 88
4.1. Stany ostre	S 88
4.1.1. Ból w klatce piersiowej	S 88
<i>Piotr Hoffman</i>	
4.1.1.1. Ból w ostrym zespole wieńcowym ...	S 89
<i>Piotr Lipiec, Mariusz Kruk,</i>	
<i>Anna Kaźmierczak-Dziuk</i>	
4.1.1.2. Ból w ostrym zapaleniu osierdzia	S 90
<i>Marcin Fijałkowski, Karol Miszałski-Jamka,</i>	
<i>Anna Kaźmierczak-Dziuk</i>	
4.1.1.3. Ból w rozwarstwieniu aorty.....	S 92
<i>Piotr Lipiec, Karol Miszałski-Jamka,</i>	
<i>Anna Kaźmierczak-Dziuk</i>	
4.1.1.4. Ból w zatorowości płucnej.....	S 93
<i>Piotr Lipiec, Mariusz Kruk,</i>	
<i>Anna Kaźmierczak-Dziuk</i>	
4.1.2. Duszność, obrzęk płuc.....	S 95
<i>Andrzej Gackowski, Karol Miszałski-Jamka,</i>	
<i>Anna Kaźmierczak-Dziuk</i>	
4.1.3. Podejrzenie infekcyjnego	
zapalenia wsierdzia.....	S 97
<i>Andrzej Gackowski, Cezary Kęпка,</i>	
<i>Magdalena Kostkiewicz</i>	
4.1.4. Podejrzenie dysfunkcji sztucznej zastawki	S 98
<i>Marcin Fijałkowski, Mariusz Kruk,</i>	
<i>Magdalena Kostkiewicz</i>	
4.1.5. Zatorowość sercowopochodna	S 100
<i>Andrzej Gackowski, Karol Miszałski-Jamka,</i>	
<i>Mirosław Dziuk</i>	
4.1.6. Utrata przytomności	S 102
<i>Andrzej Gackowski, Mariusz Kruk,</i>	
<i>Magdalena Kostkiewicz</i>	
4.1.7. Wstrząs.....	S 103
<i>Marcin Fijałkowski, Cezary Kęпка,</i>	
<i>Anna Kaźmierczak-Dziuk</i>	
4.1.8. Zatrzymanie krążenia i resuscytacja	
krążeniowo-oddechowa	S 104
<i>Marcin Fijałkowski, Karol Miszałski-Jamka,</i>	
<i>Anna Kaźmierczak-Dziuk</i>	
4.2. Stany przewlekłe.....	S 105
4.2.1. Ból w klatce piersiowej	S 105
<i>Piotr Lipiec, Mariusz Kruk,</i>	
<i>Mirosław Dziuk</i>	
4.2.2. Duszność.....	S 107
<i>Andrzej Gackowski, Karol Miszałski-Jamka,</i>	
<i>Magdalena Kostkiewicz</i>	
4.2.3. Sinica.....	S 109
<i>Mirosław Kowalski, Karol Miszałski-Jamka,</i>	
<i>Magdalena Kostkiewicz</i>	
4.2.4. Obrzęki	S 110
<i>Mirosław Kowalski, Karol Miszałski-Jamka,</i>	
<i>Anna Kaźmierczak-Dziuk</i>	
4.2.5. Upośledzenie tolerancji wysiłku	S 111
<i>Marcin Fijałkowski, Cezary Kęпка,</i>	
<i>Mirosław Dziuk</i>	
4.2.6. Omdlenie	S 112
<i>Mirosław Kowalski, Karol Miszałski-Jamka</i>	
4.2.7. Kołatanie serca.....	S 113
<i>Mirosław Kowalski, Karol Miszałski-Jamka</i>	
4.2.8. Kaszel, krwioplucie	S 114
<i>Mirosław Kowalski, Cezary Kęпка,</i>	
<i>Anna Kaźmierczak-Dziuk</i>	

1. Skróty

2D (*two-dimensional*) — dwuwymiarowy
 3D (*three-dimensional*) — trójwymiarowy
 4D (*four-dimensional*) — czterowymiarowy
 ACS (*acute coronary syndrome*) — ostry zespół wieńcowy
 AF (*atrial fibrillation*) — migotanie przedsionków
 angio-CT (*angiography computed tomography*) — angiografia tomografii komputerowej
 BNP (*B-type natriuretic peptide*) — peptyd natriuretyczny typu B
 CCS — *Canadian Cardiovascular Society*
 COPD (*chronic obstructive pulmonary disease*) — przewlekła obturacyjna choroba płuc
 CT (*computed tomography*) — tomografia komputerowa
 CV (*cardiovascular*) — sercowo-naczyniowy
 EKG — badanie elektrokardiograficzne

ESC (*European Society of Cardiology*) — Europejskie Towarzystwo Kardiologiczne
 FDG — fluorodeoksyglukoza
 FFR (*fractional flow reserve*) — cząstkowa rezerwa przepływu
 GSPECT (*gated single-photon emission computed tomography*) — bramkowana tomografia emisyjna pojedynczego fotonu
 IZW — infekcyjne zapalenie wsierdzia
 LBBB (*left bundle branch block*) — blok lewej odnogi pęczka Hisa
 LV (*left ventricle*) — lewa komora
 MET (*metabolic equivalent*) — równoważnik metaboliczny
 MRI (*magnetic resonance imaging*) — rezonans magnetyczny
 NSTEMI-ACS (*non-ST-elevation acute coronary syndrome*) — ostry zespół wieńcowy bez uniesienia odcinka ST
 NT-proBNP (*N-terminal B-type natriuretic propeptide*) — N-końcowy fragment propeptydu natriuretycznego typu B
 OUN — ośrodkowy układ nerwowy
 PE (*pulmonary embolism*) — zatorowość płucna
 PET (*positron emission tomography*) — pozytonowa tomografia emisyjna
 PTK — Polskie Towarzystwo Kardiologiczne
 RTG — badanie rentgenowskie
 RV (*right ventricle*) — prawa komora
 SPECT (*single-photon emission computed tomography*) — tomografia emisyjna pojedynczego fotonu
 STEMI (*ST-elevation myocardial infarction*) — zawał serca z uniesieniem odcinka ST
 TEE (*transesophageal echocardiography*) — echokardiografia przezprzełykowa
 TTE (*transthoracic echocardiography*) — echokardiografia przezklatkowa
 USG — ultrasonografia
 V/Q (*ventilation perfusion*) — wentylacyjno-perfuzyjna

2. Przedmowa

Rola obrazowania we współczesnej kardiologii jest ogromna — zarówno w diagnostyce, jak i monitorowaniu wczesnych i odległych wyników terapii. Ocenę morfologiczną często wzbogacają parametry czynnościowe, wiele danych ma znaczenie rokownicze o potwierdzonej w badaniach naukowych wartości. Aktualne wytyczne naukowych towarzystw kardiologicznych zawierają wiele informacji dotyczących roli różnych metod obrazowania,

wskazań do ich wykorzystania, dokładności diagnostycznej, zalet i ograniczeń. Najbardziej rozpowszechniona z nich — echokardiografia, dzięki wprowadzaniu kolejnych nowych technologii, stała się precyzyjnym sposobem nie tylko morfologicznej oceny serca, ale także czynności zastawek, mięśnia komór i przedsionków, proksymalnych odcinków dużych naczyń. Metoda ta nie jest wolna od ograniczeń, szczególnie związanych z jej podstawą biofizyczną, dlatego chętnie sięgamy do nowych, coraz szerzej w Polsce dostępnych, metod obrazowania — tomografii komputerowej, rezonansu magnetycznego serca, badań z zakresu medycyny nuklearnej. Każda z nich oparta jest na innym sposobie uzyskiwania obrazów, ma inne zalety i ograniczenia, jest wykorzystywana w różnych algorytmach obrazowania. Także, co nie pozostaje bez znaczenia, z każdą wiążą się inne koszty. Dlatego zasadne jest przedstawienie lekarzom zwiększonej informacji o stosowanych metodach obrazowania wraz z propozycją algorytmów ich wykorzystania w diagnostyce kardiologicznej. Mamy nadzieję, że okaże się ona pomocna w optymalnym planowaniu diagnostyki u konkretnego chorego — bez zbędnego mnożenia badań o podobnym zakresie diagnostycznym, generowania niepotrzebnych kosztów i narażania pacjentów na niepożądane działania.

Punktem wyjścia do opracowania algorytmów były najczęstsze objawy, które niepokoją chorych i są wskazaniem do diagnostyki kardiologicznej. Z oczywistych powodów pominięto ich dokładną charakterystykę kliniczną i pełne ścieżki diagnostyczne, koncentrując się wyłącznie na sekwencji wykonywania badań obrazowych. Podobnie pominięto szczegóły techniczne związane ze sposobem uzyskiwania obrazów, zakresem norm odnoszących się do różnych parametrów, co można znaleźć w innych, obszernych opracowaniach.

Mamy głęboką nadzieję, że przedstawione algorytmy będą pomocne w codziennej pracy, szczególnie dla lekarzy mniej zaangażowanych w diagnostykę obrazową. Dziękujemy Przewodniczącym Sekcji — Kardiologicznego Rezonansu Magnetycznego i Tomografii Komputerowej oraz Kardiologii Nuklearnej za współpracę przy opracowaniu niniejszego materiału, wszystkim Autorom za trud przygotowania kolejnych rozdziałów oraz Recenzentom za wnikliwą ocenę i uwagi, które uwzględniliśmy przy redagowaniu ostatecznej wersji publikacji.

prof. dr hab. n. med. Piotr Hoffman
 prof. dr hab. n. med. Piotr Lipiec

3. Omówienie współczesnych metod obrazowania

3.1. ECHOKARDIOGRAFIA

Andrzej Gackowski, Piotr Lipiec, Mirosław Kowalski, Marcin Fijałkowski, Piotr Hoffman

Podstawy biofizyczne

Echokardiografia wykorzystuje fale ultradźwiękowe o częstotliwości 2–10 MHz, emitowane przez złożone systemy przetworników piezoelektrycznych, zamieniających sygnał elektryczny w odpowiednio zogniskowaną falę mechaniczną, która rozchodzi się w ciele pacjenta w zadanym kierunku. Po wysłaniu krótkiego impulsu fali przetworniki oczekują na jej odbicie od badanych tkanek. Amplituda powracającego echa zależy od różnicy impedancji dwóch graniczących ze sobą ośrodków. Gdy jest ona bardzo duża (np. pogranicze powietrza i płynu lub kości i płynu), dochodzi do całkowitego odbicia i fala nie penetruje dalej, co uniemożliwia obrazowanie głębszych warstw ciała. Optymalne do obrazowania są struktury różniące się nieznacznie impedancją akustyczną (np. krew i mięsień), gdyż na ich pograniczu dochodzi do częściowego odbicia i częściowej penetracji fali. Seria ech odbitych od kolejnych tkanek powraca do sondy z opóźnieniami zależnymi od głębokości, na jakiej znajdowały się odbijające falę struktury. System komputerowy odwzorowuje je jako jasne piksele obrazu na danej linii skanowania. Wiązka kolejno odchylana o niewielki kąt umożliwia wypełnienie całego sektora obrazowania seriami pikseli, które tworzą obraz dwuwymiarowy (2D). Odchylenie wiązki w ramach piramidy daje możliwość uzyskiwania zestawów danych trójwymiarowych (3D).

Echokardiografia dopplerowska jest wykorzystywana do badania prędkości przepływu krwi lub ruchu tkanek serca, poruszających się wzdłuż danej linii wiązki ultradźwięków (technika doplera fali ciągłej) lub punktowo — w obrębie małej próbkowanej objętości (technika doplera fali pulsacyjnej). Informacja o rejestrowanych prędkościach jest wyświetlana w postaci spektrum prędkości w czasie lub w postaci odpowiednio zakolorowanych pikseli obrazu. Ukazuje to przepływ krwi w odniesieniu do anatomii serca, pozwala zmierzyć jego prędkość i umożliwia wielorakie analizy czynności serca, zastawek, naczyń, w tym szczególnie obliczenie gradientów ciśnienia, pola otwarcia zastawek, objętości fal zwrotnych i innych.

Charakterystyka metody

W echokardiografii istnieją różnice między rozdzielczością osiową (*axial resolution*) i boczną (*lateral resolution*). Rozdzielczość osiowa jest tym większa, im krótszy jest czas wysłanego impulsu fali i im większa jest częstotliwość fali. Jednocześnie im wyższa jest częstotliwość fali, tym mniej-

sza jest jej penetracja, co wymusza kompromis doboru parametrów wykorzystywanej fali. Podczas obrazowania sondą sektorową fale ultradźwiękowe rozprzestrzeniają się w tkankach rozbieżnie, a mimo prób zogniskowania wiązki dodatkowo rozszerza się ona wraz z głębokością penetracji. Dlatego rozdzielczość boczna zmniejsza się wraz z odległością od głowicy. Największą rozdzielczość boczną obserwuje się podczas obrazowania struktur położonych blisko sondy, gdy wykorzystuje się wysoką częstotliwość ultradźwięków (np. 7 MHz) i nie ma istotnych przeszkód w transmisji fali. Wówczas rozdzielczość może wynosić ok. 0,1 mm. W badaniu struktur położonych np. 10 cm od sondy rozdzielczość przestrzenna może być istotnie niższa (1–2 mm). Jakość obrazowania zmniejsza się znacznie, gdy nie ma właściwego okna akustycznego. Niski stosunek sygnału do szumu powoduje trudności w precyzyjnym definiowaniu granic poszczególnych struktur i pod tym względem echokardiografia może ustępować technikom tomografii komputerowej (CT)/rezonansu magnetycznego (MRI). W przypadku echokardiografii 2D rozdzielczość czasowa w praktyce odpowiada liczbie obrazów uzyskanych na sekundę [częstość odświeżania (*frame rate*) wyrażona w Hz] i może wynosić od ok. 30 Hz do 100 Hz, dając wrażenie pełnej płynności ruchu. Częstość odświeżania zmniejsza się w przypadku zwiększenia głębokości obrazowania i szerokości sektora skanowania. Dotyczy to zwłaszcza obrazowania 3D, w którym częstość odświeżania dodatkowo zależy od trzeciego wymiaru skanowanej „piramidy”. W każdym przypadku częstość odświeżania obrazu znacznie się zmniejsza po włączeniu trybu doplera kolorowego. Gdy częstość odświeżania obrazu 3D jest zbyt niska, korzysta się z bramkowania sygnałem elektrokardiograficznym (EKG) umożliwiającego tworzenie dużego zestawu danych 3D „sklejonego” z kilku mniejszych zestawów pochodzących z kilku cykli serca.

Uzyskiwane rozdzielczości przestrzenne 2D i 3D są powiązane z wymiarami skanowanego obszaru i rozdzielczością czasową, dlatego zawsze ustawienia tych parametrów obrazowania wynikają z przyjętego kompromisu, optymalnego do uzyskania diagnostycznych obrazów w konkretnym badaniu.

Możliwość oceny obciążeniowej

Echokardiografia obciążeniowa najczęściej jest wykorzystywana w diagnostyce dławicy piersiowej (patrz rozdz. 4.2.1). Technika ta polega na ocenie kurczliwości mięśnia lewej komory (LV) w spoczynku, w warunkach obciążenia oraz po odpoczynku. Stwierdzone w trakcie badania zaburzenia kurczliwości pozwalają na wnioskowanie o obecności, lokalizacji i nasileniu niedokrwienia mięśnia sercowego. Protokoły obciążeniowe przedstawiono w rozdziale 3.7. Warto podkreślić, że preferuje się obrazowanie w czasie wysiłku, a spośród protokołów farmakologicznych — test dobutaminowy. W większości przypadków w echokardiograficznych badaniach obciążeniowych stosuje się obrazowanie przez-

klatkowe 2D — konieczna jest rejestracja w kilku wybranych projekcjach, by zobrazować kurczliwość wszystkich segmentów mięśnia LV na każdym etapie protokołu obciążeniowego. Bardzo istotne jest zachowanie identycznych projekcji w ciągu całego badania, tak aby podstawą jego interpretacji było porównanie kurczliwości regionalnej w dokładnie tych samych segmentach. W wielu aparatach echokardiograficznych jest dostępne oprogramowanie pozwalające po zakończonym badaniu na jednoczesne i zsynchronizowane wyświetlanie analogicznych projekcji zarejestrowanych podczas każdego z etapów badania. U pacjentów z chorobą wieńcową echokardiografia obciążeniowa jest również wykorzystywana w ocenie żywotności, w oparciu o wykazanie rezerwy kurczliwości (przejściowej poprawy funkcji skurczowej w żywotnych obszarach mięśnia sercowego pod wpływem niewielkiej dawki dobutaminy).

W codziennej praktyce kurczliwość poszczególnych segmentów ocenia się ilościowo (wizualnie), a w analizie nie są uwzględniane segmenty o niewystarczającej widoczności. Próba obiektywizacji echokardiografii obciążeniowej jest wprowadzenie technik ilościowej oceny regionalnej kurczliwości, np. analizy odkształcenia i szybkości odkształcenia. Jednak w codziennej praktyce klinicznej zastosowanie tych metod wciąż pozostaje ograniczone.

Echokardiografia obciążeniowa jest także stosowana w poszerzonej ocenie pacjentów z wadami zastawkowymi, np. umożliwiając definiowanie stopnia zwężenia zastawki aortalnej w warunkach obniżonego przepływu. Ważna jest ocena nasilenia zmian czynnościowych wtórnych do wad zastawkowych i objawów w czasie wysiłku. Ma to szczególne znaczenie w przypadku dysproporcji między określonym zaawansowaniem wady w spoczynku a zgłaszanymi dolegliwościami.

Zalety i ograniczenia

Niewątpliwą zaletą echokardiografii jest jej nieinwazyjność, brak narażenia pacjentów na oddziaływanie promieniowania jonizującego i kontrastu angiograficznego lub gadolinowego. Echokardiografy, zwłaszcza w wersji miniaturowej, można stosować przy łóżku chorego, niemal natychmiast uzyskując wiele informacji o morfologii i czynności serca, które często wpływają na wybór terapii. W porównaniu z innymi metodami obrazowania serca echokardiografia to badanie ogólnodostępne i tanie. Głównym ograniczeniem metody jest brak adekwatnego okna akustycznego u niektórych pacjentów. Można to częściowo zniwelować, stosując echokardiografię przezprzełykową (TEE) (konieczne wprowadzenie sondy do przełyku) lub kontrastową (konieczne zastosowanie dożylnego kontrastu). W porównaniu z innymi metodami obrazowania ograniczenia echokardiografii dotyczą także całościowego obrazowania osierdzia oraz sąsiadujących z sercem tkanek śródpiersia.

Wskazania do badania

Przezskatkowe badanie echokardiograficzne (TTE), jako w pełni nieinwazyjne i bezpieczne oraz możliwe do wykonania przy łóżku chorego, stosuje się jako podstawową metodę oceny morfologii i funkcji serca praktycznie w każdym przypadku podejrzenia patologii układu sercowo-naczyniowego (CV), zarówno u pacjentów w stanie stabilnym, jak i w stanach ostrych. Bezpieczeństwo tego badania umożliwia jego wielokrotne powtarzanie, np. w monitorowaniu zmian w układzie CV, bez narażania pacjenta na promieniowanie czy środki kontrastowe.

Przezprzełykowe badanie echokardiograficzne (TEE) uzupełnia ocenę przezskatkową i jest zalecane w przypadkach licznych schorzeń układu CV, gdy TTE — ze względu na gorszą jakość obrazowania i ograniczenia związane z dostępnymi oknami akustycznymi — nie dostarcza pełnej informacji diagnostycznej. Badanie przezprzełykowe jest również bardzo cennym narzędziem pozwalającym na monitorowanie przezskórnych interwencji strukturalnych oraz zabiegów kardiochirurgicznych. Szczegółowa lista wskazań do TTE i TEE przekracza ramy tego opracowania i jest zawarta w wielu wytycznych Europejskiego Towarzystwa Kardiologicznego (ESC)/Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego (PTK).

Perspektywy

Dalszy rozwój echokardiografii zależy od stopniowego przewyższania ograniczeń techniki emisji ultradźwięków, tworzenia i analizy obrazu. Ewolucja obrazowania ultradźwiękowego zależy także od wyzwań stojących przed samą kardiologią. Oczekiwana jest metoda dostarczająca wiarygodnych danych objętościowych z uwzględnieniem przepływów w czasie rzeczywistym, zwłaszcza w zakresie prawej komory (RV). Umożliwiłoby to zastąpienie kosztownej diagnostyki z użyciem MRI badaniami ultradźwiękowymi — tańszymi, bezpiecznymi i łatwiej dostępnymi. Oczekuje się poprawy dokładności i odtwarzalności wskaźników regionalnej oceny funkcji serca, niezależnie od wykorzystywanych systemów. Lepszą jakość obrazów echokardiograficznych może również zapewnić szersze wykorzystanie środków kontrastowych.

3.2. TOMOGRAFIA KOMPUTEROWA

Mariusz Kruk, Cezary Kępka

Podstawy biofizyczne

Badanie za pomocą CT polega na użyciu promieniowania rentgenowskiego w celu pozyskania obrazów przekrojów badanego obiektu. Sąsiadujące ze sobą serie składają się na obraz przestrzenny. Wyodrębnienie poszczególnych struktur (tkanek, narządów) w obrazach CT odbywa się na podstawie różnic ich współczynnika pochłaniania promieniowania rentgenowskiego. Z powodu niewielkich różnic tego współczynnika między niektórymi ważnymi tkankami lub patologiami

w diagnostyce CT często stosuje się dodatkowo jodowe środki cieniujące podawane dożylnie.

We współczesnych tomografach komputerowych układ lampy i ustawionego naprzeciw detektora, zamocowanych na tzw. okolu (*gantry*), obraca się wokół pacjenta. W przeciwieństwie do klasycznej radiografii detektor nie przekazuje obrazu, ale mierzy stopień osłabienia promienia rentgenowskiego przechodzącego przez badany obiekt. Pomiaru te, wykonane pod różnymi kątami, pozwalają na wyliczenie pozycji poszczególnych struktur i w konsekwencji — na rekonstrukcję obrazu przekroju obiektu. W tzw. tomografach wielowarstwowych możliwe jest jednoczesne pozyskiwanie wielu przekrojów (od 2 do 320), co odpowiada szerokości 1,2–19,2 cm wzdłuż osi długiej badanego pacjenta.

Charakterystyka metody

Współczesne aparaty CT osiągają rozdzielczość przestrzenną na poziomie 0,6–0,4 mm, co określa dolną granicę różnicowania sąsiadujących struktur i umożliwia obrazowanie nawet niewielkich naczyń lub narządów, a także określenie struktury tkanek lub guzów, włącznie do poziomu np. blaszki miażdżycowej w tętnicach wieńcowych lub błony wewnętrznej aorty. Zależnie od liczby warstw zakres akwizycji w osi długiej w czasie jednego obrotu okola wynosi od kilku do ok. 19 cm. Liczba warstw dla aparatów wykorzystywanych w kardiologii powinna wynosić co najmniej 64, co pozwala zminimalizować liczbę artefaktów oraz ograniczyć dawki środka cieniującego i promieniowania rentgenowskiego. Aparaty CT charakteryzujące się szerokim detektorem (320 lub 256 warstw) umożliwiają dalsze znaczące zmniejszenie dawki promieniowania oraz liczby artefaktów w czasie badania serca i tętnic wieńcowych. Średnia dawka promieniowania pochłoniętego w trakcie badania tętnic wieńcowych z użyciem nowoczesnego sprzętu może wynosić 1–2 mSv (kilka razy mniej niż w klasycznej angiografii). Kluczowym czynnikiem w obrazowaniu obiektów ruchomych, np. serca lub tętnic wieńcowych, jest wysoka rozdzielczość czasowa. Akwizycja obrazu CT dla każdej warstwy następuje w czasie półobrotu układu lampa–detektor, który w przypadku współczesnych aparatów jednoźródłowych wynosi ok. 150 ms. Ze względów konstrukcyjnych trudne jest istotne skrócenie czasu obrotu okola, co utrudnia poprawę rozdzielczości czasowej metody. W tym kontekście unikatowe możliwości zapewniają aparaty dwuźródłowe, które dzięki zastosowaniu podwójnego układu lampa–detektor pozwalają skrócić czas akwizycji do ok. 75 ms. W celu poprawy rozdzielczości czasowej CT stosuje się również tzw. rekonstrukcję wielosegmentową, której słabą stroną jest podatność na artefakty. Z powodu nieoptymalnej rozdzielczości czasowej CT serca i tętnic wieńcowych wykonywane na aparatach jednoźródłowych wymagają wolnej częstości rytmu serca (ok. 60/min), co najczęściej wymaga dodatkowego przygotowania pacjenta.

Tomografia komputerowa pozwala również na ocenę wskaźnika zwapnień, który wykorzystuje się w szacowaniu ryzyka chorych z pośrednim ryzykiem CV. Wartości > 300 wskazują na wysokie ryzyko. W badaniu nie stosuje się kontrastu, a dawka promieniowania wynosi 1–2 mSv. Istotny jest fakt, że brak zwapnień nie stanowi podstawy do wykluczenia istotnych zwężeń w tętnicach wieńcowych.

Możliwość oceny obciążeniowej

Z technicznego punktu widzenia CT umożliwia uzyskanie informacji zarówno o kurczliwości, jak i wysyceniu kontrastem (perfuzji) mięśnia LV, a to co do zasady pozwala na wykonywanie badań obciążeniowych. Jednak, z powodu różnorodności protokołów akwizycji, technologii CT oraz jej ciągłego rozwoju, nie jest to obrazowanie standardowe. Badania te najczęściej wiążą się ze zwiększeniem dawki promieniowania w stosunku do rutynowego badania tętnic wieńcowych, dlatego ich wykonywanie może być uzasadnione jedynie przy użyciu bardziej zaawansowanych, niskodawkowych systemów CT. Obecnie w praktyce klinicznej nie wykonuje się badania perfuzji serca w CT, a w badaniach klinicznych ocena czynnościowa tą techniką może być proponowana jako dodatek po CT tętnic wieńcowych u chorych z pośrednimi zwężeniami.

Zalety i ograniczenia

Zalety dominującej obecnie techniki CT (aparaty 64-warstwowe) to jej powszechna dostępność, szybkość wykonania oraz brak bezwzględnych przeciwwskazań do badania, a w przypadku badań tętnic wieńcowych wykonywanych na skanerach z szerszym detektorem (> 64 warstw) — możliwość uzyskania mniejszej dawki promieniowania niż w klasycznej angiografii lub tomografii emisyjnej pojedynczego fotonu (SPECT). Bardzo istotną zaletą CT jest możliwość obrazowania zarówno światła, jak i struktury ściany naczyniowej, co pozwala na poszerzoną ocenę ryzyka CV. Do wad badania należy narażenie pacjenta na promieniowanie jonizujące, co ma większe znaczenie w przypadku użycia najbardziej rozpowszechnionych aparatów 64-warstwowych (dawka 10–25 mSv przy protokole retrospektywnym i 4–5 mSv przy protokole prospektywnym), a także badania wykonywanego u młodszych chorych, oraz stosowanie jodowych środków cieniujących (średnio 60–100 ml/badanie), co wiąże się z ryzykiem rozwoju nefropatii pokontrastowej. Wadą standardowych aparatów CT pozostaje konieczność dodatkowego przygotowania pacjenta do badania, co sprawia, że — według ESC — warunkiem wykonania badania pozostaje nie tylko dysponowanie odpowiednim sprzętem, ale również doświadczony zespół. Dodatkowo w czasie badania wymagana jest współpraca pacjenta, związana z koniecznością unieruchomienia i wstrzymaniem oddechu w czasie akwizycji na 10–15 s.

Wskazania do badania

Badanie CT w diagnostyce kardiologicznej umożliwia ocenę anatomii serca i naczyń oraz innych struktur klatki piersiowej. Wskazania do angiografii CT (angio-CT) obejmują:

- wykluczenie istotnych zmian miażdżycowych w tętnicach wieńcowych u chorych:
 - z umiarkowanym prawdopodobieństwem choroby wieńcowej (prawdopodobieństwo 15–50-proc. lub 50–85-proc. + niejednoznaczny wynik testu obciążeniowego),
 - z ostrym bólem w klatce piersiowej z niejednoznacznym obrazem klinicznym (badanie pozwala jednocześnie wykluczyć ostry zespół wieńcowy (ACS), rozwarstwienie aorty oraz zatorowość płucną (PE),
 - przed operacjami pozawieńcowymi serca ze wskazaniami do koronarografii,
 - z zaburzeniami kurczliwości LV nieznanego pochodzenia,
 - z ograniczoną tolerancją wysiłku [< 4 równoważniki metaboliczne (MET)] przed operacjami o wysokim ryzyku,
 - po operacji pomostowania aortalno-wieńcowego w celu oceny drożności pomostów*,
 - po implantacji stentu wieńcowego ($> 3,0$ mm) w celu oceny jego drożności*;
- ocenę obwodowych odcinków niedrożnych tętnic wieńcowych, nieoptymalnie zobrazowanych za pomocą angiografii inwazyjnej, pod kątem możliwości i metod rewaskularyzacji;
- ocenę/wykluczenie anomalii naczyń klatki piersiowej i serca;
- ocenę anatomiczną złożonych wad wrodzonych serca i naczyń;
- ocenę żył serca oraz lewego przedsionka przed zabiegami elektrofizjologicznymi;
- ocenę kurczliwości LV i RV, natywnych lub sztucznych zastawek serca, osierdza, guzów/mas w obrębie serca w przypadku nieoptymalnej diagnostyki innymi metodami nieinwazyjnymi.

Perspektywy

Technologia CT przechodzi intensywny rozwój — w dużej mierze wskutek wysokich wymagań dotyczących rozdzielczości czasowej i przestrzennej dla badań serca i naczyń. Aktualny minimalny standard wymagany w CT tętnic wieńcowych (64 warstwy) stanowi rozwiązanie pomostowe między

starą generacją klasycznej CT a nowoczesnymi aparatami dostosowanymi do badań serca i naczyń wieńcowych. Kolejne generacje skanerów są wyposażone w rozwiązania, które pozwalają na pokonywanie ograniczeń, zmniejszenie szkodliwości oraz poszerzenie możliwości badania. Należą do nich: poszerzenie detektora (co zmniejsza liczbę artefaktów, redukuje dawkę promieniowania i kontrastu), zwiększenie szybkości obrotu lampy (co umożliwia badania u chorych z szybkim lub nieregularnym rytmem), zastosowanie nowych algorytmów rekonstrukcyjnych (co redukuje dawkę promieniowania i kontrastu, może poprawiać rozdzielczość czasową, zmniejsza artefakty), dodanie drugiego układu lampa–detektor (co zmniejsza dawkę promieniowania, umożliwia badania u chorych z szybkim lub nieregularnym rytmem), nowa konstrukcja detektorów (co umożliwia obrazowanie mniejszych struktur), skanowanie wieloenergetyczne (co poprawia różnicowanie tkanek, zmniejsza artefakty). Najnowocześniejsze skanery CT już obecnie umożliwiają ocenę blaszki miażdżycowej z rozdzielczością 0,4 mm oraz ocenę perfuzji i kurczliwości z małą dawką promieniowania, nieprzekraczającą 3 mSv. Upowszechnienie się tych rozwiązań oraz ich dalsza ewolucja mają szansę zrewolucjonizować diagnostykę choroby wieńcowej oraz ocenę ryzyka CV.

3.3. REZONANS MAGNETYCZNY

Karol Miszański-Jamka

Podstawy biofizyczne

Obrazowanie za pomocą MRI wykorzystuje zjawisko magnetycznego rezonansu jądrowego. Po umieszczeniu badanej osoby w silnym polu magnetycznym (B_0) spiny atomów wodoru w cząsteczkach wody układają się zgodnie z liniami pola magnetycznego aparatu. Skaner emituje również fale o częstotliwości radiowej (B_1), których energia jest absorbowana przez atomy wodoru, zmieniając kierunek ich spinów względem głównego pola magnetycznego. Układ impulsów radiowych w czasie jest nazywany sekwencją. Po wyłączeniu fal radiowych spiny znajdujące się w różnych tkankach wracają do położenia równowagi z różną prędkością. Rejestrowany sygnał wykorzystuje się do generowania obrazu. W wysokopolowych aparatach MRI $\geq 1,5$ T źródłem głównego pola magnetycznego jest element nadprzewodzący, po którym bez oporu krąży ładunek. Cewka magnesu jest utrzymywana w temperaturze bliskiej zera absolutnego. Ponadto w okolicy znajduje się system gradientowy umożliwiający niewielką zmianę indukcji głównego pola magnetycznego. Jest on podstawą lokalizacji przestrzennej badanych przekrojów ciała. W badaniach serca do odbioru sygnału stosuje się wielokanałowe cewki powierzchniowe spolaryzowane liniowo, które poprawiają stosunek sygnału do szumu. W celu dalszej poprawy sygnału wykorzystuje się dożylnie paramagnetyczne środki kontrastowe zawierające chelaty gadolinu, które skracają czas relaksacji tkanek.

*Według ESC przebyta rewaskularyzacja wieńcowa stanowi przeciwwskazanie do CT, jednak wartość diagnostyczna CT u chorych po rewaskularyzacji wieńcowej, zwłaszcza operacyjnej, jest bardzo wysoka i sięga 100%.

Charakterystyka metody

Rozdzielczość przestrzenna MRI ma bardzo szeroki zakres. Aparat może wykonywać akwizycję o bardzo wysokiej rozdzielczości, jednak wiąże się to z wydłużonym czasem obrazowania. Badania w złożonych patologich serca mogą trwać nawet 60–90 min. W praktyce klinicznej wykorzystuje się kompromis między pożądaną jakością obrazu a czasem skanowania. Realna kliniczna rozdzielczość zależy od badanego obszaru oraz od typu sekwencji. W obrazowaniu serca, w którym badane struktury pozostają w ruchu, rozdzielczość w płaszczyźnie wynosi 0,8–2,5 mm. Istotną jest również grubość warstwy, która ma kluczowy wpływ na uzyskany stosunek sygnału do szumu. Zakres grubości warstw w badaniach kardiologicznych zależy od typu wykorzystywanej sekwencji i wynosi 1–15 mm, najczęściej 6–8 mm.

Rozdzielczość czasowa jest jednym z najważniejszych parametrów w obrazowaniu serca. Zależy ona od typu zastosowanej sekwencji i może wynosić nawet 20 ms. Dzięki zaawansowanym metodom rekonstrukcji danych pojedynczy cykl pracy serca można podzielić na 20–50 klatek, uzyskując tzw. obrazowanie kinematograficzne. Do pozyskania optymalnych obrazów konieczne jest wielokrotne zatrzymywanie oddechu przez badanego (średnio 10–15 s). W ostatnich latach obserwuje się jednak szybki rozwój metod niewymagających współpracy oddechowej pacjenta, m.in. z wykorzystaniem obrazowania w czasie rzeczywistym.

Możliwość oceny obciążeniowej

Podczas badania MRI pacjent przebywa w stosunkowo wąskim (szer. 60–70 cm) otworze okola, co wiąże się z trudniejszym monitorowaniem parametrów życiowych i ograniczonymi możliwościami wykonywania wysiłku fizycznego. Ponadto, ze względu na tzw. efekt magnetohydrodynamiczny, dochodzi do zniekształceń zapisu EKG. Z tych powodów do oceny obciążeniowej wykorzystuje się zwykle protokoły farmakologiczne. Badanie MRI obciążeniowe wykonuje się najczęściej z zastosowaniem leków naczyniorozkurczowych (adenozyna, dipirydamol), by ocenić zaburzenia perfuzji mięśnia sercowego. Rzadziej do wykrywania zaburzeń kurczliwości miokardium wykorzystuje się dobutaminę. Warto podkreślić, że do oceny samej żywotności mięśnia sercowego najczęściej stosowanym protokołem MRI jest metoda opóźnionego wzmocnienia po dożylnym podaniu środka kontrastowego, która nie wymaga badania obciążeniowego.

Zalety i ograniczenia

Zaletą MRI jest możliwość wszechstronnej oceny serca i naczyń bez konieczności narażenia pacjenta na promieniowanie jonizujące. Badanie umożliwia precyzyjną ocenę budowy miokardium, objętości, masy, globalnej i regionalnej funkcji skurczowej lewej oraz prawej komory, przepływów krwi, funkcji zastawek, perfuzji miokardium, żywotności mięśnia sercowego, osierdzia i dużych naczyń. Badanie pozwala na uni-

katową charakterystykę tkanek, zwłaszcza ocenę włóknienia i obrzęku miokardium. Ocena znacznej części wymienionych parametrów (m.in. objętości i funkcji komór, przepływów krwi) jest możliwa w badaniu bezkontrastowym. Środek kontrastowy podaje się rutynowo, m.in. do oceny włóknienia, żywotności i perfuzji miokardium oraz w diagnostyce zapalenia mięśnia sercowego, guzów serca, patologii osierdzia i dużych naczyń. Stosowane środki kontrastowe zawierające gadolin cechuje znacznie korzystniejszy profil bezpieczeństwa niż jodowe środki kontrastowe. Dzięki tym zaletom MRI jest doskonałym alternatywnym badaniem służącym do oceny budowy i funkcji mięśnia sercowego w przypadku niezadowalającej jakościowo echokardiografii. Ponadto MRI wykorzystuje się do okresowych badań kontrolnych.

Do wad obrazowania MRI należą: mała dostępność, wysoki koszt, długi czas badania, ograniczenia w zastosowaniu u chorych z niektórymi wszczepionymi metalowymi implantami i urządzeniami, trudniejsze monitorowanie pacjentów w czasie badania, brak uwidocznienia zwapnień oraz mniejsza możliwość oceny małych struktur w porównaniu z CT. Z tych ostatnich powodów MRI nie stosuje się w praktyce klinicznej do morfologicznej oceny zmian miażdżycowych w tętnicach wieńcowych. U osób z szacunkowym współczynnikiem przesączania kłębuszkowego $< 30 \text{ ml/min/1,73 m}^2$, w tym u chorych dializowanych, istnieją ograniczenia w stosowaniu środków kontrastowych zawierających gadolin ze względu na ryzyko wystąpienia rzadkiego zespołu nerkopochodnego zwłóknienia układowego. Zaburzenia rytmu serca obniżają jakość uzyskiwanych obrazów. Niektórzy pacjenci nie tolerują badania z powodu klaustrofobii.

Wskazania do badania

W diagnostyce kardiologicznej najczęstsze wskazania do MRI obejmują ocenę:

- budowy miokardium, objętości i funkcji skurczowej LV oraz RV;
- niedokrwienia u pacjentów z wyjściowym pośrednim (15–85%) prawdopodobieństwem choroby wieńcowej;
- żywotności miokardium (w tym ocenę rozległości i pełności bliźny pozawałowej);
- włóknienia miokardium (w tym diagnostykę różnicową niedokrwiennej i nieniedokrwiennej etiologii uszkodzenia mięśnia sercowego);
- ostrego zapalenia mięśnia sercowego;
- kardiomiopatii (rozstrzeniowej, przerostowej, arytmogenicznej kardiomiopatii RV, niescalenia mięśnia sercowego, amyloidozy, sarkoidozy, choroby Fabry'ego);
- wad zastawkowych, zwłaszcza niedomykalności;
- złożonych wad wrodzonych serca;
- osierdzia (w tym diagnostykę różnicową między zaciskającym zapaleniem osierdzia a kardiomiopatią restrykcyjną);
- guzów serca;
- dużych naczyń.

Perspektywy

W ostatnich latach, dzięki dynamicznemu rozwojowi technologii i wykładniczemu wzrostowi mocy obliczeniowej komputerów, zastosowania obrazowania MRI stają się coraz szersze. Szybsze serwery rekonstrukcyjne i lepsze algorytmy pozwalają na uzyskiwanie obrazów w coraz krótszym czasie i o coraz wyższej jakości. Przestrzeń do dalszego postępu w obrazowaniu MRI serca pozostaje ogromna i obejmuje zarówno rozwój sprzętu, jak i oprogramowania.

Coraz powszechniej dostępne stają się aparaty o indukcji pola magnetycznego 3 T, a w fazie rozwoju są skanery 7- oraz 9,4-teslowe. Wyższe wartości indukcji pola pozwalają osiągnąć lepszy stosunek sygnału do szumu. Jednak w badaniach kardiologicznych istotnym ograniczeniem tych aparatów są nasilone artefakty oraz brak możliwości obrazowania pacjentów z niektórymi wszczepionymi metalowymi implantami lub urządzeniami. Postęp jest obserwowany również w technologii cewek. Pojedyncze elementy cewek stają się coraz mniejsze, co sprawia, że można ich zmieścić więcej w tej samej objętości. Takie rozwiązanie, oprócz poprawy stosunku sygnału do szumu, pozwala na zastosowanie zaawansowanych algorytmów rekonstrukcji istotnie skracających czas badania.

Największy potencjał rozwoju tkwi jednak w ulepszaniu istniejących i tworzeniu nowych sekwencji pozwalających na skrócenie czasu akwizycji, uzyskiwanie obrazów o wyższej jakości oraz dostarczanie nowych informacji klinicznych. Obecnie w fazie dynamicznego rozwoju są m.in. mapowanie T1- i T2-zależne pozwalające na precyzyjną charakterystykę miokardium, technika czterowymiarowa (4D) kontrastu fazy umożliwiająca trójwymiarową analizę przepływów krwi w czasie oraz metody obrazowania w czasie rzeczywistym.

Potencjalnym źródłem nowych informacji klinicznych są również techniki multinuklearne. Oprócz jąder wodoru do obrazowania mogą być wykorzystane również inne pierwiastki, m.in. fosfor (^{31}P), który jest składnikiem związków odpowiedzialnych za metabolizm energetyczny. Kolejny kierunek rozwoju to zastosowanie MRI podczas zabiegów interwencyjnych. Jedną z możliwości jest użycie systemów XMR łączących klasyczne promieniowanie rentgenowskie z obrazowaniem MRI.

3.4. SCYNTYGRAFIA PERFUZYJNA MIĘŚNIA SERCOWEGO

Magdalena Kostkiewicz

Podstawy biofizyczne

Scyntygrafia perfuzyjna mięśnia sercowego to metoda diagnostyczna wykorzystująca znakowane radioizotopowo znaczniki, których rozkład obrazuje funkcję badanego narządu. Aktywność promieniotwórcza (emisja fotonów) jest nieinwazyjnie rejestrowana przez gammakamerę. Poza scyntyografią perfuzyjną mięśnia sercowego w diagnostyce kardiologicznej stosuje się także inne metody izotopowe:

- angiokardiografię radioizotopową — do oceny funkcji jam serca i wad przeciekowych, techniką pierwszego przejścia oraz techniką bramkową;
- pozytonową tomografię emisyjną (PET) (patrz rozdz. 3.5);
- scyntyografię ogniska zawału;
- scyntyografię perfuzyjną płuc — wykorzystywaną w diagnostyce PE.

Charakterystyka metody

Perfuzję mięśnia sercowego ocenia się po podaniu radiofarmaceutyku w trakcie wysiłku fizycznego/farmakologicznego testu obciążeniowego i w spoczynku. Najczęściej stosowanym obecnie radiofarmaceutykiem jest $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI (metoksyizobutyloizonitryl). Do innych radiofarmaceutyków należą chlorek talu-201 oraz $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -tetrofosmina.

Obecnie stosuje się technikę tomografii emisyjnej pojedynczego fotonu (SPECT) oraz technikę hybrydową — SPECT-CT. Metoda SPECT umożliwia pomiar aktywności znacznika w całej objętości z rekonstrukcją ukrwienia poszczególnych wybranych przekrojów serca. W badaniach kardiologicznych należy stosować technikę bramkowania EKG (GSPECT). Umożliwia ona równoczesną ocenę perfuzji i czynności LV oraz pozwala na obliczenie parametrów hemodynamicznych: frakcji wyrzutowej, ruchomości i przyrostu grubości ścian mięśnia, objętości komór, poszerzenia LV po epizodzie niedokrwienia. Zastosowanie urządzeń hybrydowych umożliwia korekcję zjawiska pochłaniania promieniowania, co pozwala na znaczne zwiększenie swoistości i czułości uzyskiwanych wyników. W celu opracowania danych wykonuje się rekonstrukcje obrazów, uzyskując przekroje wzdłuż osi krótkiej — poprzeczne oraz wzdłuż osi długiej — czołowe i strzałkowe. Obrazy przekrojów serca są podzielone na segmenty analizowane jakościowo i ilościowo. Perfuzję mięśnia sercowego w GSPECT analizuje się metodą map biegunowych i ruchomych przekrojów. Mapy biegunowe są konstruowane przez nakładanie przekrojów w osi krótkiej od koniuszka do podstawy serca.

Stwierdzenie w scyntyigrafii obszaru o zmniejszonym gromadzeniu radiofarmaceutyku w badaniu obciążeniowym oraz normalizacji rozkładu radioaktywności w badaniu spoczynkowym wskazuje na istotne hemodynamicznie niedokrwienie danego obszaru LV. Zmniejszenie gromadzenia radiofarmaceutyku w badaniu spoczynkowym i w trakcie obciążenia wskazuje z dużym prawdopodobieństwem na martwicę. Utrwalone ubytki perfuzji odpowiadają martwicy mięśnia sercowego. U chorego z zaburzeniami kurczliwości stwierdzenie w badaniu GSPECT odwracalnego ubytku perfuzji i/lub perfuzji spoczynkowej > 50% normy świadczy o obecności żywego, niedokrwionego mięśnia sercowego. U pacjenta z zaburzeniami kurczliwości stwierdzenie w badaniu wysiłkowym GSPECT ubytku perfuzji, który nie pojawia się w badaniu spoczynkowym, świadczy o obecności żywego, niedokrwionego mięśnia (tab. 1).

Tabela 1. Interpretacja zaburzeń perfuzji mięśnia sercowego stwierdzonych w badaniu tomografii emisyjnej pojedynczego fotonu

Typ badania	Norma	Niedokrwienie wysiłkowe (odwracalny ubytek perfuzji)	Martwica (utrwalony ubytek perfuzji)
Wysiłkowe	Fizjologiczny wzrost perfuzji	Ubytek perfuzji	Ubytek perfuzji
Spoczynkowe	Perfuzja prawidłowa	Perfuzja prawidłowa	Ubytek perfuzji

Możliwość oceny obciążeniowej

Rutynowo w diagnostyce niedokrwienia mięśnia sercowego, w celu oceny rezerwy wieńcowej, wykonuje się badanie w protokole spoczynek–badanie obciążeniowe. Zgodnie z wytycznymi ESC, jeżeli jest to możliwe, podczas badań obciążeniowych zaleca się wykorzystywanie wysiłku fizycznego (na bieżni ruchomej lub cykloergometrze rowerowym), a nie obciążenia farmakologicznego. Obciążenie farmakologiczne — zastosowanie dipirydamolu, adenozyliny lub regadenosonu — stosuje się głównie u chorych niezdolnych do wysiłku fizycznego.

Zalety i ograniczenia

Główne zalety SPECT są następujące:

- wysoka wartość diagnostyczna — lepsza czułość i swoistość SPECT niż testu wysiłkowego EKG;
- możliwość diagnostyki u chorych ze zmianami w spoczynkowym EKG [blok lewej odnogi pęczka Hisa (LBBB), rytm ze stymulatora, preekscytacja, zmiany ST-T];
- ocena zaburzeń perfuzji w sposób jakościowy oraz ilościowy;
- wysoka wartość prognostyczna wyniku badania;
- możliwość korekcji pochłaniania — atenuacji dzięki zastosowaniu CT.

Do podstawowych wad SPECT należą:

- narażenie na promieniowanie jonizujące;
- brak możliwości wykonania badania przyłóżkowego — niemożność zastosowania techniki w stanach ostrych, zagrożenia życia;
- niewystarczająca rozdzielczość przestrzenna do identyfikacji niewielkiego niedokrwienia/zawału.

Wskazania do badania

Wskazania do badania obejmują diagnostykę niedokrwienia mięśnia sercowego, stratyfikację ryzyka oraz ocenę pośrednich cech żywotności mięśnia sercowego w przypadku kwalifikacji do rewaskularyzacji, gdy nie jest możliwe wykonanie badania PET-CT.

Zgodnie z wytycznymi ESC obciążeniowe badanie obrazowe, jakim jest m.in. SPECT, zaleca się jako początkowe badanie w celu rozpoznania choroby niedokrwiennej serca u pacjentów, u których prawdopodobieństwo choroby przed testem wynosi 66–85% lub stwierdza się obniżoną frakcję wyrzutową lewej komory (< 50%), w przypadku jeżeli pozwalają na to doświadczenie zespołu i dostępność metod diagnostycznych.

Obciążeniowe badanie obrazowe zaleca się u chorych z nieprawidłowościami w spoczynkowym EKG, które uniemożliwiają dokładną interpretację zmian EKG podczas obciążenia, i należy rozważyć u objawowych pacjentów po wcześniejszej rewaskularyzacji (przezskórna interwencja wieńcowa lub pomostowanie aortalno-wieńcowe), a także w celu oceny czynnościowej ciężkości zmian o pośrednim nasileniu stwierdzonych w koronarografii.

Oceny ryzyka CV w stabilnej chorobie wieńcowej dokonuje się już na etapie diagnostyki pierwotnej, na podstawie obrazu klinicznego i obciążeniowego badania obrazowego. Ubytek perfuzji przekraczający 10% masy mięśnia LV świadczy o wysokim ryzyku zdarzeń CV (> 3%/rok). W przypadku progresji objawów należy wykonać badanie obrazowe SPECT, jeśli pozwalają na to lokalne doświadczenie i dostępność. Technika ta wykazuje wyższą wartość prognostyczną niż test wysiłkowy EKG. Ponadto SPECT wykonuje się w celu oceny ryzyka u pacjentów z chorobą wieńcową i z rytmem ze stymulatora w EKG. U osób z LBBB należy rozważyć zastosowanie obciążenia farmakologicznego.

Perspektywy

Przyszłością medycyny nuklearnej jest przede wszystkim integracja informacji anatomicznych i czynnościowych za pomocą urządzeń hybrydowych SPECT-CT oraz poprawa rozdzielczości przestrzennej dzięki cyfrowym detektorom o wysokiej czułości i nowym protokołom rekonstrukcyjnym. Jest z tym związane opracowanie nowych radiofarmaceutyków przeznaczonych do oceny receptorów zapalenia i niedokrwienia. Konsekwencją dalszego rozwoju będzie skrócenie czasu badania i zmniejszenie dawki promieniowania, które otrzymuje pacjent.

3.5. POZYTONOWA TOMOGRAFIA EMISYJNA

Mirosław Dziuk

Podstawy biofizyczne

Pozytonowa tomografia emisyjna jest scyntygraficzną metodą obrazowania, która wykorzystuje pierwiastki promieniotwórcze emitujące pozytony. Pozyton to antyelektron powstający z rozpadu beta+. Podstawą biofizyczną tej techniki jest anihilacja pozytonu i elektronu z powstaniem dwóch kwantów promieniowania gamma (fotonów) oddalających się od siebie w przeciwnych kierunkach. Technika akwizycji polega na równoczesnej detekcji pary fotonów (koincydencji) z dokładnym określeniem miejsca emisji promieniowania.

Tabela 2. Interpretacja zaburzeń metabolizmu i perfuzji mięśnia stwierdzonych w badaniu metodą pozytonowej tomografii emisyjnej

Oceniany parametr	Norma	Blizna	Hibernacja	Ogłuszenie
Kurczliwość	+	-	-	-
Perfuzja	+	-	-	+
Metabolizm	+	-	+	+

Niewystarczająca rozdzielczość anatomiczna spowodowała, że do diagnostyki dołączono technikę o wysokiej rozdzielczości przestrzennej, jaką jest CT. Obecnie niemal wszystkie skanery PET są urządzeniami hybrydowymi PET-CT. Obrazy rozmieszczenia znacznika w sercu są przedstawione na przekrojach wzdłuż trzech osi serca — poziomej długiej i pionowej długiej oraz krótkiej. W celu jakościowego porównania poszczególnych fragmentów mięśnia sercowego w wykonanym badaniu perfuzyjnym i metabolicznym mięsień ten dzieli się na segmenty, a globalne zaburzenia wychwytu znacznika dokumentuje się na mapach biegunowych. Mapy biegunowe są konstruowane poprzez nakładanie przekrojów w osi krótkiej od koniuszka do podstawy serca. W celu dokładniejszej oceny zaburzeń perfuzji wprowadzono ilościową ocenę rozmieszczenia znacznika w ml/g/min.

Charakterystyka metody

Pozytonowa tomografia emisyjna pozwala na ocenę nieinwazyjną zarówno ukrwienia (badanie perfuzyjne), jak i procesów metabolicznych mięśnia sercowego. Radiofarmaceutykami stosowanymi do oceny perfuzji są: ^{13}N , ^{82}Rb , woda znakowana tlenem ^{15}O . Do radiofarmaceutyków pozwalających na ocenę procesów metabolicznych należą: ^{18}F -fluorodezoksylukoza (FDG), ^{11}C -palmitynina, ^{11}C -octan, ^{11}C -hydroksyfedryna. Technika ta charakteryzuje się wysoką rozdzielczością przestrzenną i czasową.

PET umożliwia nie tylko jakościową ocenę perfuzji, ale również ilościowy pomiar przepływu krwi w tkance i wyrażenie go w jednostkach bezwzględnych. Istotnie zwiększa to dokładność badania i ocenę wczesnych zaburzeń mikrokrążenia wieńcowego. Możliwość ta jest szczególnie przydatna w diagnostyce choroby wielonaczyniowej. Metoda ma również istotną wartość prognostyczną.

Połączenie badania metabolicznego PET z oceną perfuzji uznaje się za metodą referencyjną w diagnostyce żywotności mięśnia sercowego. Badanie wykonuje się u chorych z zaburzeniami kurczliwości mięśnia sercowego. Polega ono na jednoczesnej ocenie tkankowego metabolizmu i perfuzji w obszarach niedokrwionych o zaburzonej kurczliwości. Opisywana metoda pozwala na różnicowanie między blizną i mięśniem żywotnym, rokującym poprawę funkcji po rewaskularyzacji.

Interpretacja zaburzeń metabolizmu i perfuzji (tab. 2) ma niezwykle istotne implikacje kliniczne. Mięsień o zaburzonej kurczliwości i prawidłowej perfuzji w spoczynku

uważa się za żywy, ponieważ radiofarmaceutyki perfuzyjne są wychwytywane przez żywe kardiomiocyty (z zachowaną błoną komórkową). Stwierdzenie zachowanego metabolizmu glukozy w obszarach o upośledzonym przepływie wieńcowym (*mismatch*) również świadczy o zachowanej żywotności. Mięsień zamrożony wykazuje potencjał powrotu do pełnej funkcji skurczowej po przywróceniu przepływu wieńcowego.

Możliwość oceny obciążeniowej

W ramach badania służącego ocenie żywotności mięśnia sercowego wykonuje się badanie perfuzji spoczynkowej, nie jest więc konieczne badanie obciążeniowe. W diagnostyce niedokrwienia możliwa jest ocena perfuzji w warunkach obciążenia, z zastosowaniem adenozyyny lub regadenosonu, co warunkuje określenie perfuzji wysiłkowej i spoczynkowej oraz ocenę rezerwy wieńcowej w sposób jakościowy i ilościowy

Zalety i ograniczenia

Podstawowe zalety PET-CT to:

- wysoka rozdzielczość przestrzenna;
- wysokie czułość i swoistość;
- dokładna korekcja osłabienia promieniowania (atenuacji);
- duża rozdzielczość czasowa, pozwalająca na ocenę przepływu w tętnicach i tkankach;
- możliwość oceny ilościowej i przeliczenia wyniku na masę mięśnia sercowego.

Do głównych ograniczeń metody należą:

- wysoki koszt badania;
- stosunkowo mała dostępność;
- brak zastosowania w stanach ostrych, zagrożenia życia;
- narażenie na promieniowanie jonizujące.

Wskazania do badania

W aktualnych wytycznych ESC, dotyczących rewaskularyzacji mięśnia sercowego, zaleca się ocenę perfuzji w badaniu PET u pacjentów cechujących się pośrednim prawdopodobieństwem choroby wieńcowej (15–85%) na równi z innymi badaniami czynnościowymi. Oczywiście wykorzystanie metody zależy od sytuacji klinicznej i możliwości technicznych. Nieinwazyjną ocenę żywotności mięśnia sercowego wykorzystuje się podczas podejmowania decyzji o rewaskularyzacji u pacjentów z przewlekłą niedokrwinną dysfunkcją skurczową LV. Wśród metod określających

żywołność jest wiele technik obrazowania, w tym PET, SPECT i echokardiografia obciążeniowa z zastosowaniem dobutaminy. Metody radioizotopowe charakteryzują się dużą czułością, ale stosunkowo mniejszą swoistością niż ocena rezerwy kurczliwości. Wybór metody obrazowania zależy od indywidualnego doświadczenia i dostępności. Wykorzystanie PET-CT w kardiologii obejmuje:

- ocenę wielkości jam serca, funkcji skurczowej i rozkurczowej, ocenę kurczliwości odcinkowej i globalnej;
- badanie metabolizmu mięśnia sercowego z wykorzystaniem izotopów posiadających naturalne odpowiedniki będące głównymi składnikami związków biologicznych;
- obrazowanie molekularne: ocena unerwienia współczulnego, presynaptyczny wychwyt i magazynowanie katecholamin;
- ocenę liczby i rozmieszczenia receptorów w sercu;
- diagnostykę stanów zapalnych [zastawki, duże naczynia, infekcyjne zapalenie wsierdzia (IZW), sarkoidoza];
- ocenę stabilności blaszki miażdżycowej;
- ocenę charakteru i zaawansowania pierwotnych i przerzutowych guzów nowotworowych serca.

Perspektywy

Celem rozwoju technologii medycznych jest zwiększenie wykorzystania technik hybrydowych w diagnostyce. PET-CT wiąże wartości jakościowo i ilościowo mierzalnej scyntygrafii oraz tomografii o wysokiej rozdzielczości. W dalszej perspektywie PET-CT, łącząc nieinwazyjną koronarografię z badaniem perfuzji i metabolizmu mięśnia sercowego, umożliwiłaby kompleksowe określenie zaawansowania choroby niedokrwiennej serca wraz z prognostyczną oceną rokowania w czasie jednego badania. Ponadto opracowanie nowych radiofarmaceutyków kardiologicznych umożliwi dalszy rozwój PET w kardiologii.

3.6. OBRAZOWANIE HYBRYDOWE

Mariusz Kruk, Magdalena Kostkiewicz

Stosowane w onkologii metody łączenia badania radioizotopowego i CT lub MRI zachęciły badaczy do wykorzystania podobnych doświadczeń w ocenie chorób układu sercowo-naczyniowego. Pojęcie obrazowania hybrydowego odnosi się typowo do badań wykonywanych za pomocą hybrydowych urządzeń, takich jak SPECT/PET-CT lub PET-MRI. Wykorzystuje ono różne modalności obrazowe w pojedynczej procedurze diagnostycznej, w której obie metody dostarczają komplementarnych i równorzędnych informacji. Obraz końcowy powstaje po nałożeniu („fuzji”) obrazu ze skanera SPECT lub PET na obraz anatomiczny uzyskany z CT. Do danych dotyczących funkcji mięśnia sercowego, takich jak perfuzja, metabolizm i kurczliwość, są dołączane jakościowe i ilościowe informacje na temat istotności anatomicznych zwężeń w tętnicach wieńcowych. Nałożenie obrazów scyntygraficznych na

obrazy uzyskane w tomografii rentgenowskiej pozwala więc precyzyjnie zlokalizować nieprawidłowości czynnościowe i metaboliczne na tle struktur tkankowych uwidocznionych w tomografii. Dawka promieniowania pochłoniętego, którą otrzymuje pacjent w czasie PET-CT, wynosi 7–14 mSv (przy czym dawka pochodząca z promieniowania radioizotopu wynosi średnio 5 mSv).

Innymi zaletami obrazowania hybrydowego są nie tylko możliwość równoczesnej oceny czynnościowej i anatomicznej, ale także zastosowanie technik obrazowania molekularnego, co może zwiększać trafność diagnostyki choroby wieńcowej (SPECT/PET-CT), uszkodzenia mięśnia sercowego, kardiomiopatii, chorób spichrzeniowych, a także umożliwiać rozpoznawanie chorób diagnozowanych dotychczas na podstawie badania histopatologicznego.

SPECT/PET-CT

Najwięcej danych klinicznych pochodzi z badań obejmujących połączenie badania perfuzyjnego za pomocą SPECT/PET i badania angio-CT tętnic wieńcowych w ocenie pacjentów z podejrzeniem choroby wieńcowej. Istnieją dwie grupy badań — takie, w ramach których zestawia się wartość diagnostyczną obrazowania hybrydowego z badaniem referencyjnym [inwazyjna angiografia + SPECT/PET/cząstkowa rezerwa przepływu (FFR)], oraz takie, w ramach których porównuje się wartość obrazu angio-CT tętnic wieńcowych nałożonego na obraz stref niedokrwienia uzyskany w SPECT/PET (*fusion*) z obrazami analizowanymi oddzielnie. Wysoka wartość diagnostyczna badań hybrydowych wynika z istotnej poprawy swoistości, przy zachowaniu, charakterystycznej dla angio-CT, wysokiej czułości rozpoznania choroby wieńcowej. Połączenie obu badań zapewnia bardzo wysoką czułość (88–96%) i swoistość (92–100%), a co za tym idzie — pewność wykluczenia (97–99%) i potwierdzenia (77–97%) obecności istotnej choroby wieńcowej.

Badania służące ocenie przydatności nałożenia obrazów pochodzących z modalności czynnościowej i anatomicznej wskazują na reklasyfikację zwężeń powodujących niedokrwienie nawet u 1/3 chorych w porównaniu z badaniami analizowanymi oddzielnie. Najczęściej do reklasyfikacji dochodzi u pacjentów z chorobą wielonaczyniową, zmianami pośrednimi lub zmianami w bocznicach, co pozwala na bardziej trafne planowanie leczenia zabiegowego w tej grupie chorych.

Techniki SPECT-CT i PET-CT stanowią kompleksową metodę diagnostyczną i prognostyczną do oceny osób z chorobą niedokrwinną, a także z przewlekłą niewydolnością serca o etiologii niedokrwiennej. Dane anatomiczne i czynnościowe oraz ocena niedokrwienia i żywotności mięśnia sercowego pomagają w identyfikowaniu pacjentów ze wskazaniami do rewaskularyzacji, a także mają wartość prognostyczną. Jednak, mimo obiecujących wyników oraz zbliżonej do doskonałej czułości i swoistości w grupie pacjentów cechujących się

umiarkowanym wyjściowym prawdopodobieństwem choroby wieńcowej, u 60–70% chorych wyniki obu badań są ujemne. Z powodu wysokich kosztów oraz zwiększonej dawki promieniowania rutynowe zastosowanie obrazowania hybrydowego w przypadku podejrzenia choroby wieńcowej nie jest zasadne. Pozostaje do ustalenia, które grupy chorych mogą skorzystać z obrazowania hybrydowego.

PET-MRI

Połączenie badań PET i MRI stanowi stosunkowo nową technologię; istniejące badania wykorzystujące obrazowanie hybrydowe PET-MRI mają charakter pilotażowy. Korzyści z połączenia tych metod teoretycznie pozwalają na głębszy wgląd w morfologię, strukturę, funkcję, perfuzję, żywotność oraz umożliwiają obrazowanie molekularne w obrębie serca. Obrazowanie PET z zastosowaniem ^{18}F -FDG pozostaje metodą referencyjną oceny odwracalnej i nieodwracalnej dysfunkcji mięśnia sercowego, z kolei MRI dostarcza dokładnych informacji na temat anatomii, funkcji i ewentualnej perfuzji miokardium. Wyniki badań łączonych wskazują na wyższość PET nad MRI w przewidywaniu powrotu kurczliwości po zawale serca w przypadku segmentów wykazujących rozbieżność w ocenie martwicy między oboma badaniami. Połączenie PET i MRI umożliwia zastosowanie nowych technik obrazowania molekularnego, tj. wykrywania i pomiaru procesów biologicznych na poziomach molekularnym i komórkowym. W przyszłości może to pozwolić na detekcję i ocenę charakterystyki miażdżycy tętnic wieńcowych, dokładniejszą ocenę i różnicowanie kardiomiopatii, ocenę odpowiedzi zapalnej lub przebudowy po zawale serca, planowanie i monitorowanie terapii komórkami macierzystymi lub neoangiogenezy.

Nowe techniki

Ciągły rozwój technologii obrazowych pozwala na przypisywanie im nowych ról oraz bardziej elastyczne podejście do obrazowania hybrydowego. Jedną z technik, które mają duże szanse na wejście do praktyki klinicznej w niedalekiej przyszłości, jest perfuzja mięśnia sercowego oceniana w badaniu CT. Wykazano, że połączenie CT tętnic wieńcowych z badaniem perfuzji istotnie zwiększa swoistość badania łączonego w wykrywaniu niedokrwienia, przy zachowaniu wysokiej czułości. Można założyć, że możliwe będzie wykonywanie CT tętnic wieńcowych, a w przypadku obecności zwężeń granicznych — uzupełnianie badania na bieżąco o ocenę zaburzeń perfuzji. Obecnie optymalny scenariusz kliniczny badania perfuzyjnego mięśnia sercowego w CT nie jest ustalony, a sam protokół badania zależy istotnie od rodzaju skanera. Inną techniką, która poprawia wartość diagnostyczną CT, jest ocena rezerwy wieńcowej na podstawie symulacji przepływu krwi w tętnicach wieńcowych. Metoda ta poprawia swoistość rozpoznania istotnych czynnościowo zwężeń tętnic wieńcowych o ok. 50% (w stosunku do oceny stopnia

zwężenia) i została dopuszczona do stosowania klinicznego, jednak jej dostępność pozostaje ograniczona.

3.7. PROTOKOŁY OBCIĄŻENIOWE

Piotr Lipiec

Ocena perfuzji i funkcji mięśnia sercowego oraz funkcji zastawek w trakcie obciążenia ma szerokie zastosowanie diagnostyczne. Omówienie technik obrazowania podczas obciążenia znajduje się w rozdziałach 3.1–3.6. Niezależnie od sposobu obrazowania badania te wymagają określonych protokołów obciążeniowych.

Protokoły wysiłkowe

Protokoły z zastosowaniem bieżni ruchomej lub cykloergometru rowerowego wykorzystują wysiłek fizjologiczny. Poza detekcją indukowanych zaburzeń perfuzji i czynności oraz analizą zmian funkcji zastawek służą one ocenie tolerancji wysiłku, towarzyszących objawów klinicznych i zmian w EKG. Dlatego też w większości scenariuszy klinicznych preferuje się zastosowanie protokołów wysiłkowych.

W badaniach na bieżni najczęściej jest stosowany protokół Bruce'a, a w badaniach na cykloergometrze rowerowym — protokół z obciążeniem początkowym 25 W (lub wyższym u młodszych pacjentów) i stopniowym jego zwiększaniem o 25 W co 2–3 min.

Dla części, zwłaszcza starszych, pacjentów wykonanie wysiłku jest niemożliwe, np. z powodu schorzeń narządu ruchu. W przypadku diagnostyki indukowanego niedokrwienia wykonanie odpowiedniego wysiłku fizycznego (tj. takiego, przy którym częstość skurczów serca przekracza 85% maksymalnej przewidzianej dla wieku częstotliwości akcji serca) może być niemożliwe, z racji czego test obciążeniowy nie jest diagnostyczny. Ponadto protokoły wysiłkowe wiążą się z ograniczeniami dotyczącymi możliwości obrazowania. W przypadku echokardiograficznego badania wysiłkowego na bieżni ruchomej obrazowanie jest możliwe dopiero po wysiłku. Z kolei w przypadku echokardiografii obciążeniowej z wykorzystaniem ergometru rowerowego istnieje wprawdzie możliwość ciągłej rejestracji, ale jakość uzyskiwanych obrazów bywa niewystarczająca, szczególnie jeśli stosuje się zaawansowaną ilościową analizę.

Protokoły farmakologiczne

Protokoły farmakologiczne, choć nie zapewniają warunków odzwierciedlających fizjologiczny wysiłek, pozwalają uzyskać odpowiedni poziom obciążenia. Jest to wykorzystywane u pacjentów, u których badanie wysiłkowe było niemożliwe lub niediagnostyczne z powodu braku osiągnięcia limitu tętna. Ponadto są zalecane jako protokoły pierwszego wyboru w niektórych sytuacjach klinicznych, np. przy ocenie żywotności mięśnia sercowego. W obciążeniowych proto-

kołach farmakologicznych zwykle stosuje się jeden z trzech leków — dobutaminę, dipirydamol lub adenozyne.

Dobutamina działa silnie dodatnio inotropowo i nieznacznie dodatnio chronotropowo. Stosuje się dożylny wlew ciągły z dawką początkową 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ mc./min, zwiększaną co 3 min kolejno do 10, 20, 30 i 40 $\mu\text{g}/\text{kg}$ mc./min. W razie braku pożądanej reakcji chronotropowej dodatkowo jest podawana atropina w dawkach 0,25–0,5 mg do łącznej dawki 1 mg. W niektórych ośrodkach są stosowane intensywniejsze protokoły — z dawkami maksymalnymi 50–60 $\mu\text{g}/\text{kg}$ mc./min dobutaminy i 2 mg atropiny. Przeciwwskazania do testu dobutaminowego obejmują groźne arytmie komorowe w wywiadzie oraz umiarkowane i ciężkie nadciśnienie tętnicze. Przeciwwskazania do stosowania atropiny to jaskra z wąskim kątem przesączania oraz upośledzona drożność dróg moczowych lub przewodu pokarmowego.

Adenozyne, zmniejszając opór w krążeniu wieńcowym, prowadzi do zwiększenia przepływu wieńcowego nawet 4–5 razy w stosunku do wartości spoczynkowych (protokoły wysiłkowe powodują 2–3-krotny wzrost przepływu wieńcowego). W przypadku obecności choroby wieńcowej dochodzi do efektu „podkradania” — zwiększa się przepływ krwi w prawidłowo reagujących, niezmiennych tętnicach wieńcowych kosztem przepływu przez naczynia organicznie zwężone lub niezdolne do poszerzenia wskutek upośledzonej funkcji śródbłonna. Adenozyne jest zazwyczaj podawana w postaci ciągłego 6-minutowego wlewu z dawką maksymalną 140 $\mu\text{g}/\text{kg}$ mc./min.

Dipirydamol działa również naczyniorozszerzająco, poprzez zwiększenie stężenia endogennej, zewnątrzkomórkowej adenozyne. Protokół obciążeniowy z dipirydamolem polega zwykle na dożylnym podaniu sumarycznej dawki 0,84 mg/kg mc. w ciągu 10 min w dwóch etapach — 0,56 mg/kg mc. w ciągu 4 min i, jeśli nie stwierdza się cech niedokrwienia, po 4 min przerwy podaniu dodatkowo 0,28 mg/kg mc. w ciągu kolejnych 2 min. W przypadku nieosiągnięcia punktu końcowego (cechy niedokrwienia, docelowa częstotliwość akcji serca) dodatkowo podaje się atropinę w dawkach 0,25 mg do łącznej dawki 1 mg. W niektórych ośrodkach są stosowane skrócone protokoły z podaniem dawki 0,84 mg/kg mc. dipirydamolu w ciągu do 4 lub 6 min. Przeciwwskazania do testu z dipirydamolem lub adenozyne obejmują: bloki przedsionkowo-komorowe II lub III stopnia, zespół chorego węzła zatokowego, istotną hipotonię tętniczą i astmę oskrzelową. Ponieważ przyjęte wcześniej leki będące pochodnymi teofiliny oraz spożyte produkty zawierające kofeinę mogą spowodować uzyskanie wyniku fałszywie ujemnego, zaleca się ich nieprzyjmowanie przed badaniem obciążeniowym z zastosowaniem dipirydamolu lub adenozyne (produkty z kofeiną — 12 h, pochodne teofiliny — 24 h przed badaniem).

Wyniki badań służących porównaniu profilów bezpieczeństwa protokołów obciążeniowych wskazują, że częstość

poważnych działań niepożądanych jest większa w przypadku protokołów z użyciem dobutaminy niż z zastosowaniem dipirydamolu.

Szybka stymulacja serca

Przezprzełykowa stymulacja lewego przedsionka jest obecnie rzadko stosowana w diagnostyce obrazowej. Natomiast szybka stymulacja z użyciem zewnętrznego programatora u chorych z implantowanym kardiostymulatorem jest ciekawą i bezpieczną alternatywą dla wcześniej wymienionych protokołów obciążeniowych. Stymulację rozpoczyna się od częstości 100 impulsów/min, z jej zwiększaniem o 10 impulsów/min co 3 min, aż do osiągnięcia 85% maksymalnej przewidzianej dla wieku częstotliwości akcji serca lub maksymalnej częstości dla danego stymulatora. Możliwe jest wykonanie badania w skróconej formie, z krócej trwającymi etapami pośrednimi (20–30 s) lub zastosowaniem tylko dwóch etapów — stymulacji z częstością 100 impulsów/min przez 3 min i stymulacji z częstością docelową przez 3–5 min.

4. Algorytmy zastosowania nieinwazyjnych technik obrazowania

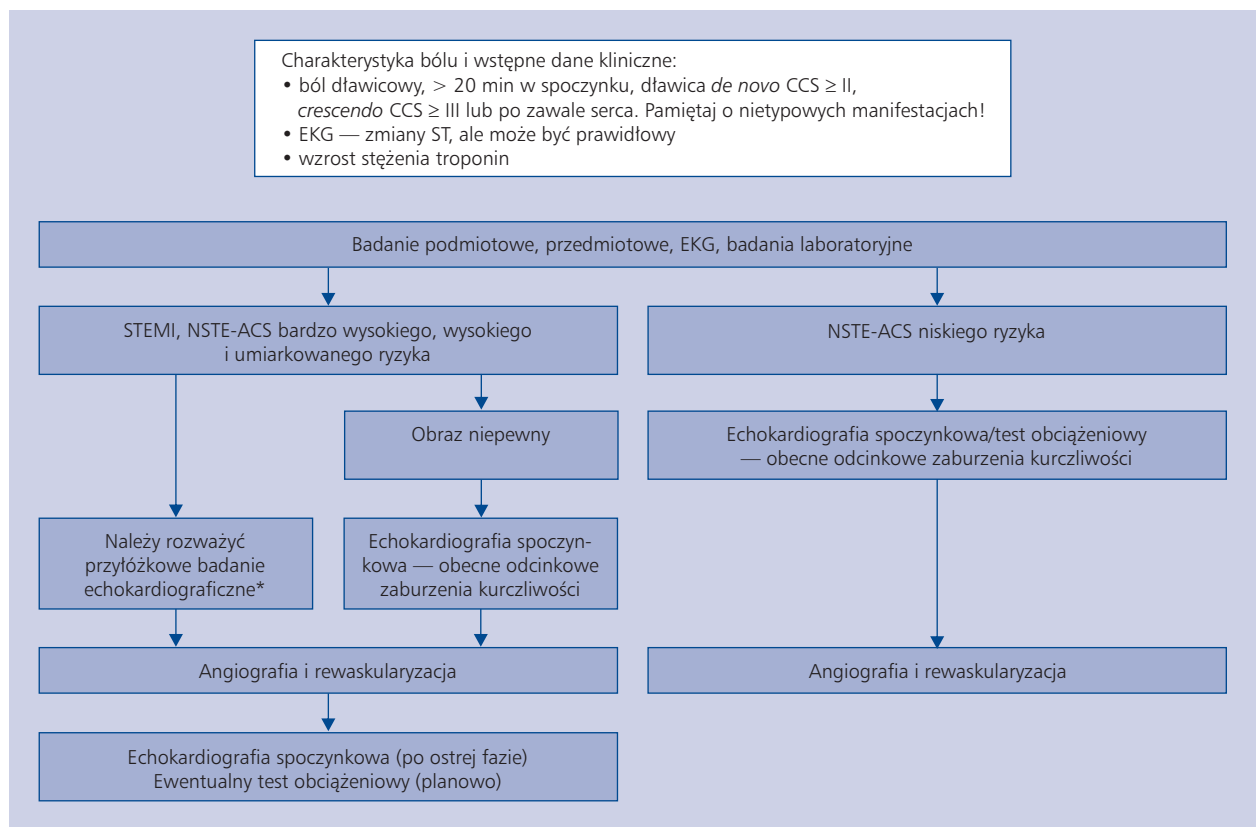
4.1. STANY OSTRE

4.1.1. Ból w klatce piersiowej

Piotr Hoffman

Ból w klatce piersiowej towarzyszący nagłemu pogorszeniu stanu klinicznego pacjenta często wskazuje na tło sercowo-naczyniowe. Jego charakterystyka — okoliczności wystąpienia, czas trwania, lokalizacja, kierunki przenoszenia („promieniowanie”), reakcja na nitroglicerynę — może wskazywać na konkretną przyczynę. W niniejszym rozdziale scharakteryzowano następujące typowe bóle w klatce piersiowej:

- **ból w ACS** zwykle ma charakter dławicowy, trwa ponad 20 min w spoczynku, może mieć charakter dławicy *de novo* według *Canadian Cardiovascular Society* (CCS) \geq II, *crescendo* \geq III lub dławicy po zawale serca. Jest zazwyczaj rozlany, promieniujący do żuchwy, ramion, pleców, także nietypowo, np. do nadbrzusza, dłoni. Może też dotyczyć nietypowej lokalizacji, np. zębów. Pozycja ciała i faza oddechowca nie mają wpływu na jego występowanie. Diagnostykę obrazową u chorych z bólem w ACS przedstawiono w rozdziale 4.1.1.1;
- **ból w ostrym zapaleniu osierdzia** jest ostry, przeszywający, zwykle w okolicy przedsercowej. Utrzymuje się przez wiele godzin/dni. Jego natężenie zmienia się zależnie od pozycji ciała i fazy oddechowej. Często towarzyszy



Rycina 1. Algorytm zastosowania nieinwazyjnej diagnostyki obrazowej u pacjenta z podejrzeniem ostrego zespołu wieńcowego; *przyłózkowe badanie echokardiograficzne nie może opóźnić angiografii i wdrożenia rewaskularyzacji; CCS — *Canadian Cardiovascular Society*; EKG — badanie elektrokardiograficzne; NSTEMI-ACS — ostry zespół wieńcowy bez uniesienia odcinka ST; STEMI — zawał serca z uniesieniem odcinka ST

mu gorączka. Diagnostykę obrazową u chorych z bólem w ostrym zapaleniu osierdzia przedstawiono w rozdziale 4.1.1.2;

- **ból w rozwarstwieniu aorty** jest bardzo silny, rozdzierający. Ma nagły początek, zwykle w klatce piersiowej, ale może się przemieszczać do nadbrzusza i okolicy krzyżowo-lędźwiowej. Może mieć charakter dławicy, gdy rozwarstwienie obejmie ujście tętnic wieńcowych. Diagnostykę obrazową u chorych z bólem w rozwarstwieniu aorty i innych ostrych zespołach aortalnych przedstawiono w rozdziale 4.1.1.3;
- **ból w PE** pojawia się nagle, w spoczynku; towarzyszy mu uczucie braku powietrza, ciężaru w klatce piersiowej. Po czasie ból zmienia się w kłujący, nasila się w trakcie głębokiego oddechu, ruchów klatki piersiowej, np. kaszlu. Nie mija w spoczynku, zmniejsza się po położeniu na boku po zajętej stronie. Diagnostykę obrazową chorych z PE przedstawiono w rozdziale 4.1.1.3.

Mimo charakterystycznych cech należy pamiętać o nietypowych manifestacjach chorób serca i naczyń. Bóle mogą mieć inne podłoże, mimo swej typowej charakterystyki — dławica piersiowa może być wtórna do ciasnego zwężenia zastawki aortalnej, kardiomiopatii przerostowej czy tętniczego nadciśnienia płucnego.

4.1.1.1. Ból w ostrym zespole wieńcowym

Piotr Lipiec, Mariusz Kruk, Anna Kaźmierczak-Dziuk

Badania podmiotowe i przedmiotowe, laboratoryjne i elektrokardiograficzne

Badania podmiotowe, przedmiotowe, EKG oraz laboratoryjne muszą być wykonane u każdego pacjenta z podejrzeniem zawału serca i stanowią podstawę rozpoznania oraz klasyfikacji ACS, zgodnie z obowiązującymi wytycznymi ESC.

Echokardiografia przezklatkowa

U wszystkich pacjentów z podejrzeniem zawału serca wskazane jest wykonanie badania echokardiograficznego w trybie nagłym w celu oceny całkowitej i odcinkowej czynności mięśnia lewej i prawej komory, wykluczenia alternatywnych przyczyn bólu w klatce piersiowej (np. rozwarstwienia aorty) i wykrycia ewentualnych powikłań mechanicznych. Należy podkreślić, że u pacjentów z zawałem serca z uniesieniem odcinka ST (STEMI) oraz u chorych z grupy wysokiego ryzyka z ostrym zespołem wieńcowym bez uniesienia odcinka ST (NSTEMI-ACS) badanie echokardiograficzne nie może opóźnić angiografii ani wdrożenia rewaskularyzacji, dlatego powinno mieć charakter przyłózkowy, chyba że rozpoznania nie ustalono w sposób pewny (ryc. 1). U pacjentów z subop-

tymalną jakością obrazowania echokardiograficznego i niepewnym obrazem klinicznym można rozważyć zastosowanie echokardiograficznych środków kontrastowych, by poprawić wizualizację granic wsierdzia.

Po ostrej fazie (przed wypisaniem ze szpitala) u wszystkich pacjentów należy wykonać pełne spoczynkowe badanie echokardiograficzne w celu oceny globalnej i regionalnej funkcji mięśnia lewej i prawej komory oraz wykrycia ewentualnych powikłań mechanicznych zawału.

U pacjentów po leczeniu rewaskularyzacyjnym z chorobą wielonaczyniową oraz u chorych, u których rozważa się rewaskularyzację innych naczyń, zaleca się wykonanie w trybie planowym testu obciążeniowego w celu oceny obecności i nasilenia indukowanego niedokrwienia i żywotności mięśnia sercowego. Badanie obciążeniowe jest również wskazane u chorych z NSTEMI-ASC z grupy niskiego ryzyka przed podjęciem decyzji o wdrożeniu diagnostyki inwazyjnej.

Tomografia komputerowa

W przypadku podejrzenia ACS bez przetrwałego uniesienia odcinka ST badanie CT jest wskazane u chorych cechujących się umiarkowanym i niskim prawdopodobieństwem choroby wieńcowej oraz niejasnym obrazem klinicznym, tzn. bez wyraźnych zmian niedokrwienych w EKG oraz z niejednoznacznym wynikiem oznaczenia troponin. Zaletą badania jest możliwość równoczesnego obrazowania innych groźnych przyczyn bólu w klatce piersiowej, takich jak rozwarstwienie aorty, PE, odma opłucnowa. Czynniki ograniczającymi zastosowanie angio-CT tętnic wieńcowych w diagnostyce ACS są ich masywne zwapnienia, nieregularna lub szybka częstość rytmu serca oraz nieodpowiednie doświadczenie personelu ośrodka. Badania wskazują na zmniejszenie kosztów i skrócenie czasu diagnostyki oraz redukcję zdarzeń CV w przypadku rutynowego zastosowania CT w diagnostyce ostrego bólu w klatce piersiowej.

Rezonans magnetyczny

W ostrej fazie zawału serca MRI nie ma zastosowania. Badanie to jest natomiast użyteczne do rozpoznania różnicowego innych sercowych przyczyn ostrego bólu w klatce piersiowej, w tym m.in. zapalenia mięśnia sercowego i osierdzia oraz kardiomiopatii *tako-tsubo*. Po ostrej fazie wykonanie MRI można rozważyć jako badanie alternatywne u pacjentów, u których jakość obrazowania echokardiograficznego jest niezadowalająca.

Rezonans magnetyczny umożliwia dokładną ocenę objętości i funkcji skurczowej LV i RV oraz rozległości i pełności zawodu serca. Badanie pozwala na wykrycie nawet małego podwsierdziowego zawału. Umożliwia również ocenę zjawiska braku powrotu przepływu (*no-reflow*), wielkości obszaru obrzęku i uratowanego mięśnia sercowego (*salvaged myocardium*) oraz obecności ewentualnego zawału mięśnia prawej komory.

Badanie MRI charakteryzuje się dużą dokładnością oceny rozległości i pełności błony pozawałowej, ale zdolność wykrywania tą metodą żywotności i przewidywania poprawy funkcji nie jest lepsza niż w przypadku innych metod obrazowania.

Badania z zakresu medycyny nuklearnej

W stanach zagrożenia życia, takich jak ACS, diagnostyka radioizotopowa nie powinna opóźniać koronarografii ani rewaskularyzacji, a także diagnostyki różnicowej prowadzonej za pomocą echokardiografii czy CT.

W niektórych ośrodkach wykonuje się spoczynkowe badanie scyntygrafii perfuzyjnej mięśnia sercowego w celu potwierdzenia rozpoznania i lokalizacji miejsca niedokrwienia, ale — zważywszy na nowe wytyczne postępowania — taka procedura nie znajduje uzasadnienia klinicznego.

4.1.1.2. Ból w ostrym zapaleniu osierdzia

Marcin Fijałkowski, Karol Miszański-Jamka,
Anna Kaźmierczak-Dziuk

Badania podmiotowe i przedmiotowe

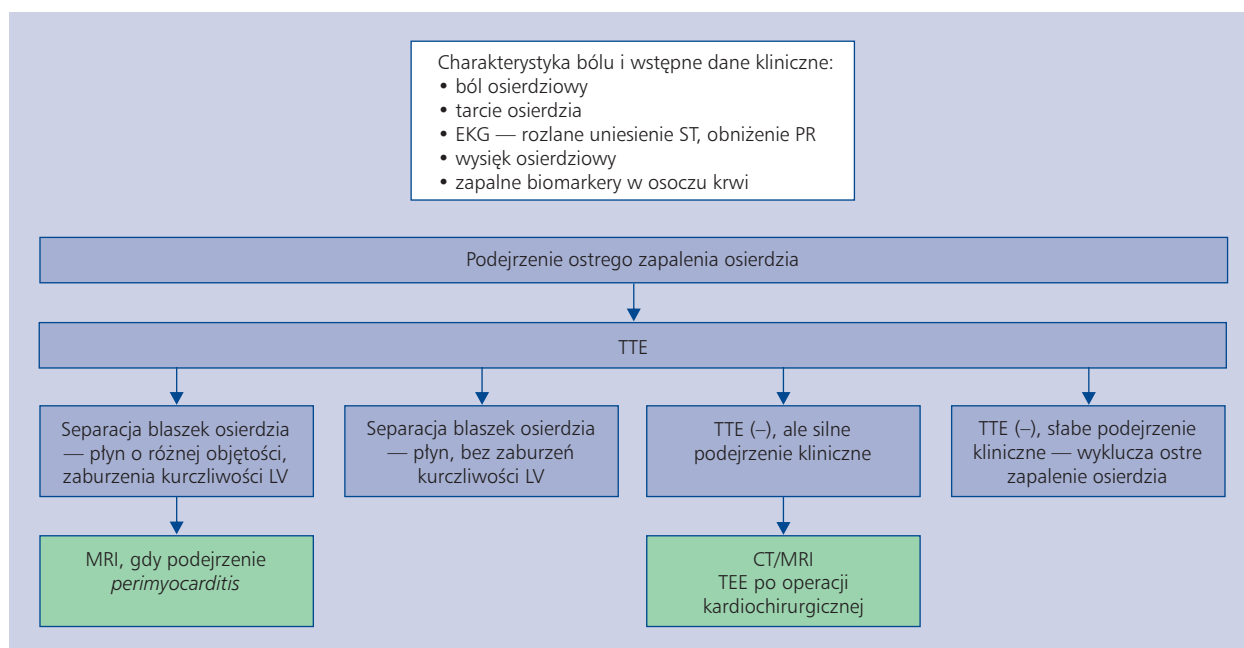
Ból w klatce piersiowej występuje u ponad 85% chorych i typowo ma charakter ostry, kłujący, zlokalizowany w okolicy przedsercowej i może promieniować do łopatki. U części pacjentów stwierdza się tarcie osierdzia. Chorobie zwykle towarzyszą gorączka i leukocytoza. Do rozpoznania klinicznego ostrego zapalenia osierdzia wymagane jest stwierdzenie występowania dwóch z poniższych kryteriów: bólu w klatce piersiowej o charakterze osierdziowym, charakterystycznych zmian osłuchowych, typowych zmian w EKG oraz płynu w worku osierdziowym.

Elektrokardiografia

Badanie EKG należy wykonać u wszystkich pacjentów. Zmiany pojawiają się u 60% z nich. Nieprawidłowości w zapisie EKG to nowo wykryte uniesienia odcinka ST i obniżenia odcinka PQ w wielu odprowadzeniach.

Echokardiografia przezklatkowa

Badanie TTE należy wykonać u każdego pacjenta z ostrym bólem w klatce piersiowej. W przypadku podejrzenia zapalenia osierdzia służy głównie wykryciu wysięku w worku osierdziowym i oszacowaniu jego objętości (ryc. 2). Gdy wymiar między nasierdziem a błazką ścienną osierdzia w fazie rozkurczowej wynosi < 10 mm, to objętość jest mała, umiarkowana jest wtedy, gdy separacja wynosi między 10 a 20 mm, a duża, gdy > 20 mm. TTE potwierdza kliniczne podejrzenie tamponady serca (szczególnie zastosowanie skanerów kieszonkowych). Istotna objętość wysięku jest obserwowana jedynie u ok. 3% pacjentów. W większości przypadków jest mała, może być niezwiększona. Istotna jest również ocena odcinkowej kur-



Rycina 2. Algorytm zastosowania diagnostyki obrazowej u pacjenta z bólem w przebiegu ostrego zapalenia osierdza; zielony kolor — obrazowanie wskazane, jeśli istotne dla decyzji terapeutycznej; CT — tomografia komputerowa; EKG — badanie elektrokardiograficzne; LV — lewa komora; MRI — rezonans magnetyczny; TEE — echokardiografia przezprzełykowa

czliwości mięśnia lewej i prawej komory w celu wykluczenia podejrzenia ACS. Ocena funkcji skurczowej mięśnia lewej komory ma również zastosowanie w sytuacji towarzyszącego zapalenia mięśnia sercowego (*myopericarditis*), co dotyczy ok. 5% pacjentów. W nawracającym zapaleniu osierdza obraz echokardiograficzny jest podobny jak w ostrym. Duża ilość płynu w worku osierdziowym, tamponada serca, jednoczesne zapalenie osierdza i mięśnia sercowego stanowią czynniki predykcyjne złego rokowania.

Echokardiografia przezprzełykowa

TEE stosuje się w przypadku niediagnostycznych obrazów przezklatkowych. Jest szczególnie przydatne u chorych po operacjach kardiologicznych w obrazowaniu płynu, jego lokalizacji i dystrybucji, także w rejestracji skrzeplin. Jest również wykorzystywane przy podejrzeniu guzów osierdza.

Tomografia komputerowa

CT stanowi wartościowy dodatek do echokardiografii w diagnostyce ostrego zapalenia osierdza. Dokładnie obrazuje grubość osierdza, charakteryzuje płyn wysiękowy, uwiadczenia dodatkowe struktury w obrębie osierdza. Spośród metod obrazowych najdokładniej uwiadczenia zwapnienia osierdza. Dodatkowo ocenia inne struktury klatki piersiowej, płuc i aorty. Objęcie osierdza procesem nowotworowym może nastąpić przez bezpośrednią inwazję guza lub przerzuty

i w tych przypadkach CT jest ważnym narzędziem w planowaniu leczenia oraz dalszej obserwacji.

Rezonans magnetyczny

MRI ocenia grubość blaszek osierdza, budowę i funkcję mięśnia sercowego, odczyn zapalny w obrębie osierdza (widoczne jako opóźnione wzmocnienie po dożylnym podaniu środka kontrastowego), objętość płynu i pasm włókniaka w worku osierdziowym. Zaletą MRI w porównaniu z CT jest możliwość oceny następstw hemodynamicznych niepodatnych zmian w osierdziu podczas wypełniania jam serca; w tym aspekcie jest to aktualnie preferowana nieinwazyjna metoda diagnostyczna. Obrazowanie w czasie rzeczywistym pozwala na ocenę sprzężenia komór poprzez analizę zmian kształtu przegrody międzykomorowej podczas cyklu oddechowego. Wadą, w porównaniu z CT, jest brak możliwości uwidocznienia zwapnień. MRI umożliwia odróżnienie chorób zapalnych z zajęciem osierdza i mięśnia sercowego (*myopericarditis* lub *perimyocarditis*) od uszkodzenia osierdza w przebiegu ACS. Ponadto, badanie może być użyteczne w diagnostyce różnicowej pomiędzy zaciskającym zapaleniem osierdza a kardiomiopatią restrykcyjną.

Badania z zakresu medycyny nuklearnej

Metody radioizotopowe nie są wykorzystywane w diagnostyce ostrego zapalenia osierdza. W przypadku pacjentów z obecnością płynu w worku osierdziowym o nieustalanej

Tabela 3. Wstępna ocena prawdopodobieństwa rozwarstwienia aorty na podstawie badań podmiotowego i przedmiotowego (wytyczne *European Society of Cardiology* 2014)

Stany o wysokim ryzyku	Cechy bólu wskazujące na wysokie ryzyko	Nieprawidłowości w badaniu przedmiotowym wskazujące na wysokie ryzyko
Zespół Marfana (lub inne choroby tkanki łącznej) Choroby aorty w wywiadzie rodzinnym Rozpoznana choroba zastawki aortalnej Rozpoznany tętniak aorty piersiowej Przebyte interwencje w obrębie aorty (w tym zabiegi kardiochirurgiczne)	Ból w klatce piersiowej, pleców lub w jamie brzusznej mający jedną z poniższych cech: <ul style="list-style-type: none"> • nagły początek • bardzo duże nasilenie • rozrywający lub rozdzierający 	Dowody na zaburzenia perfuzji: <ul style="list-style-type: none"> • deficyt tętna • różnice wartości skurczowego ciśnienia tętniczego • ogniskowe deficyty neurologiczne (w połączeniu z bólem) Rozkurczowy szmer aortalny (nowy i towarzyszący bólowi) Hipotensja lub wstrząs

etiologii należy pamiętać o chorobie nowotworowej. Nowoczesna hybrydowa metoda obrazowania PET-CT pozwala na lokalizację ogniska pierwotnego nowotworu oraz ułatwia określenie stopnia zaawansowania procesu, a tym samym wskazuje na dalsze możliwości terapeutyczne.

4.1.1.3. Ból w rozwarstwieniu aorty

Piotr Lipiec, Karol Miszański-Jamka,
Anna Kaźmierczak-Dziuk

Badania podmiotowe i przedmiotowe

Charakterystyka bólu w klatce piersiowej oraz pozostałe dane z badań podmiotowego i przedmiotowego pozwalają na wstępne określenie prawdopodobieństwa rozwarstwienia aorty (tab. 3). Ocena prawdopodobieństwa jest niezbędna do zaplanowania dalszych kroków diagnostycznych.

Elektrokardiografia

Badanie EKG należy wykonać u wszystkich pacjentów. Zapis może być prawidłowy, ale u 1/3 osób obecne są cechy przerostu LV. Z jednej strony, brak świeżych zmian niedokrwiennych u pacjenta z silnym spoczynkowym bólem w klatce piersiowej powinien skłonić do przeprowadzenia diagnostyki innych niż ASC przyczyn bólu, w tym rozwarstwienia aorty. Z drugiej strony, u części pacjentów z rozwarstwieniem aorty w EKG mogą występować cechy ostrego zawału serca, gdy rozwarstwienie obejmuje tętnicę wieńcową.

Echokardiografia przezklatkowa

Echokardiografia przezklatkowa jest zalecanym wstępnym badaniem obrazowym (ryc. 3). Powinna obejmować ocenę aorty wstępującej, łuku aorty, aorty zstępującej oraz aorty brzusznej i zmierzać do uwidocznienia odwarstwionej błony wewnętrznej. Obecność niedomykalności aortalnej i płynu w worku osierdziowym u pacjenta z bólem w klatce piersiowej powinna skłonić do diagnostyki w kierunku rozwarstwienia typu A. Należy pamiętać, że prawidłowa średnica aorty nie wyklucza obecności rozwarstwienia. W TTE, poza potwierdzeniem rozwarstwienia aorty, należy

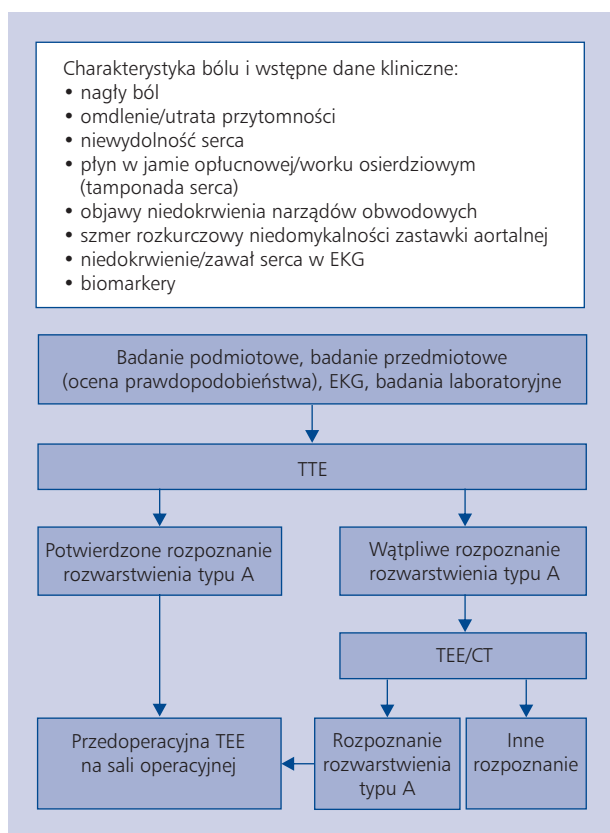
ocenić funkcję skurczową LV (można stwierdzić ewentualne odcinkowe zaburzenia kurczliwości u pacjentów z rozwarstwieniem obejmującym tętnicę wieńcową), mechanizm i nasilenie ewentualnej niedomykalności aortalnej, objętość ewentualnego płynu w worku osierdziowym oraz w przestrzeni okołoaortalnej, a w odniesieniu do samego rozwarstwienia — jego rozległość, wrota wejścia i wyjścia, a także zajęcie tętnic odchodzących od aorty. U części pacjentów, ze względu na suboptymalną jakość obrazowania, zarówno samo potwierdzenie rozpoznania, jak i pozostałe wymienione wyżej informacje mogą nie być możliwe do uzyskania w TTE. Czułość tego badania w diagnostyce rozwarstwienia typu B (31–55%) jest zdecydowanie niższa niż w przypadku rozwarstwienia typu A (78–100%).

Echokardiografia przezprzełykowa

Ze względu na lepszą jakość uzyskiwanych obrazów aorty piersiowej TEE ma większą wartość diagnostyczną niż TTE (czułość badania TEE sięga 99%, zaś swoistość — 89%). Jest stosowane jako uzupełnienie TTE, dostarczając dodatkowych informacji. W potwierdzonym w TTE rozwarstwieniu typu A badanie TEE może być wykonane dopiero na sali operacyjnej oddziału kardiochirurgii (ryc. 3). W przypadku pacjentów stabilnych hemodynamicznie cechujących się dużym prawdopodobieństwem obecności rozwarstwienia zalecenia dotyczące wykonania TEE mają niższą klasę (IIa) niż alternatywne badanie obrazowe (CT, MRI — klasa zaleceń I). Natomiast w odniesieniu do pacjentów w stanie niestabilnym obarczonych dużym prawdopodobieństwem obecności rozwarstwienia zarówno TEE, jak i alternatywne techniki obrazowania mają I klasę zaleceń. W przypadku dostępności TEE i odpowiedniego doświadczenia personelu badanie pozwala na znacznie szybsze uzyskanie niezbędnych informacji niż techniki alternatywne. Wśród ograniczeń TEE wymienia się trudności w uwidocznieniu górnej części aorty wstępującej.

Tomografia komputerowa

Tomografia komputerowa z podaniem kontrastu jest podstawowym badaniem w obrazowaniu rozwarstwienia



Rycina 3. Algorytm zastosowania nieinwazyjnej diagnostyki obrazowej u pacjenta z podejrzeniem ostrego rozwarstwienia aorty; CT — tomografia komputerowa; EKG — badanie elektrokardiograficzne; TEE — echokardiografia przezprzelykowa; TTE — echokardiografia przezklatkowa

aorty. Jej zalety to powszechna dostępność, szybka akwizycja i obrazowanie 3D całej aorty, co pozwala na kompletną ocenę anatomiczną, ocenę ryzyka i planowanie leczenia. Wykonanie CT ma I klasę zaleceń w diagnostyce zarówno ostrego, jak i przewlekłego rozwarstwienia aorty. Umożliwia precyzyjną lokalizację i ocenę morfologii rozwarstwienia, włączając w to poszerzenie aorty, obecność blaszek miażdżycowych, skrzeplin, krwiaków, penetrujących owrzodzeń, ekstrakwazacji (pęknięcia), zwapnień oraz zajęcia naczyń odchodzących od łuku aorty. Zaleca się prowadzenie badania według protokołu bramkowanego, co zmniejsza liczbę artefaktów oraz dodatkowo pozwala na ocenę morfologii zastawki aortalnej i nieinwazyjną ocenę zwężeń w tętnicach wieńcowych przed ewentualnym leczeniem zabiegowym. Rozszerzenie zakresu badania na górną część klatki piersiowej oraz tętnice biodrowe i udowe umożliwia planowanie wewnątrznaczyniowych zabiegów naprawczych. Badanie aorty może stanowić element badania w protokole tzw. potrójnego wykluczenia, w którym jednocześnie ocenia się tętnice płucne, aortę i tętnice wieńcowe; charakteryzuje się wysoką wartością diagnostyczną w przypadku nagłego wystąpienia nietypowego bólu w klatce

piersiowej. Badanie cechuje się znakomitą czułością (100%) i swoistością (98%) w wykrywaniu rozwarstwienia, krwiaka śródściennego i innych ostrych zespołów aortalnych. Należy pamiętać o ograniczeniach wynikających ze stosowania kontrastu jodowego do badań naczyniowych oraz z radiacji (średnio 10–15 mSv).

Rezonans magnetyczny

Mimo dużej przydatności MRI w obrazowaniu aorty jego znaczenie w diagnostyce ostrych zespołów aortalnych (szczególnie u pacjentów w stanie niestabilnym) jest ograniczone ze względu na małą dostępność, trudniejsze monitorowanie chorych podczas badania oraz dłuższy czas akwizycji obrazów w porównaniu z CT. Badanie nie wykorzystuje promieniowania jonizującego, dlatego można je zastosować do seryjnych badań obserwacyjnych w przypadku rozpoznanej choroby aorty, zwłaszcza u młodszych pacjentów.

Badania z zakresu medycyny nuklearnej

Scyntygrafii perfuzyjnej mięśnia sercowego ani PET nie zaleca się w diagnostyce w stanach zagrożenia życia wynikających z ostrego rozwarstwienia aorty. Przewlekłe choroby aorty można oceniać metodami hybrydowymi PET-CT. Istnieje możliwość zastosowania PET-CT do oceny zajęcia aorty w zapalnych chorobach naczyń (choroba Takayasu, olbrzymiokomórkowe zapalenie tętnic). Badana jest wartość PET-CT w ocenie stopnia i rozszerzania się zmian zapalnych jako markera niestabilności aorty i potencjalne źródło wskazywek terapeutycznych. Metodę tę można również wykorzystywać do wykrywania zakażenia graftu wewnątrznaczyniowego.

4.1.1.4. Ból w zatorowości płucnej

Piotr Lipiec, Mariusz Kruk, Anna Kaźmierczak-Dziuk

Badania podmiotowe i przedmiotowe

Obraz kliniczny PE może być niespecyficzny. Do najbardziej typowych objawów należą duszność, ból w klatce piersiowej o charakterze opłucnowym oraz krwioplucie. Dane z badań podmiotowego i przedmiotowego (w tym uwzględnienie obecności czynników predysponujących) pozwalają na ocenę prawdopodobieństwa PE na podstawie skali Wellsa lub skali genewskiej zgodnie z wytycznymi ESC. Obecność wstrząsu lub uporczywej hipotonii każe podejrzewać PE wysokiego ryzyka. U pozostałych pacjentów prowadzi się diagnostykę w kierunku rozpoznania PE niewysokiego ryzyka.

Badania laboratoryjne

Ocena stężenia D-dimerów ma wysoką negatywną wartość predykcyjną oraz niską pozytywną wartość predykcyjną w diagnostyce PE. Jest to zatem test przydatny do wykluczenia PE u pacjentów cechujących się niskim i pośrednim prawdopodobieństwem PE. Markery przeciążenia prawej komory [peptyd natriuretyczny typu B (BNP), N-końcowy fragment

propeptydu natriuretycznego typu B (NT-proBNP)] i uszkodzenia mięśnia sercowego (troponina I, troponina T) mają istotne znaczenie w ocenie rokowania chorych z potwierdzoną PE.

Elektrokardiografia

Mimo niskiej wartości diagnostycznej badanie EKG zaleca się u wszystkich pacjentów z podejrzeniem PE. U chorych z zatorowością najczęściej zwraca uwagę tachykardia zatokowa. Możliwe jest też występowanie nadkomorowych zaburzeń rytmu, najczęściej migotanie przedsionków (AF). U części pacjentów mogą być obecne cechy przeciążenia prawej komory.

Echokardiografia przezklatkowa

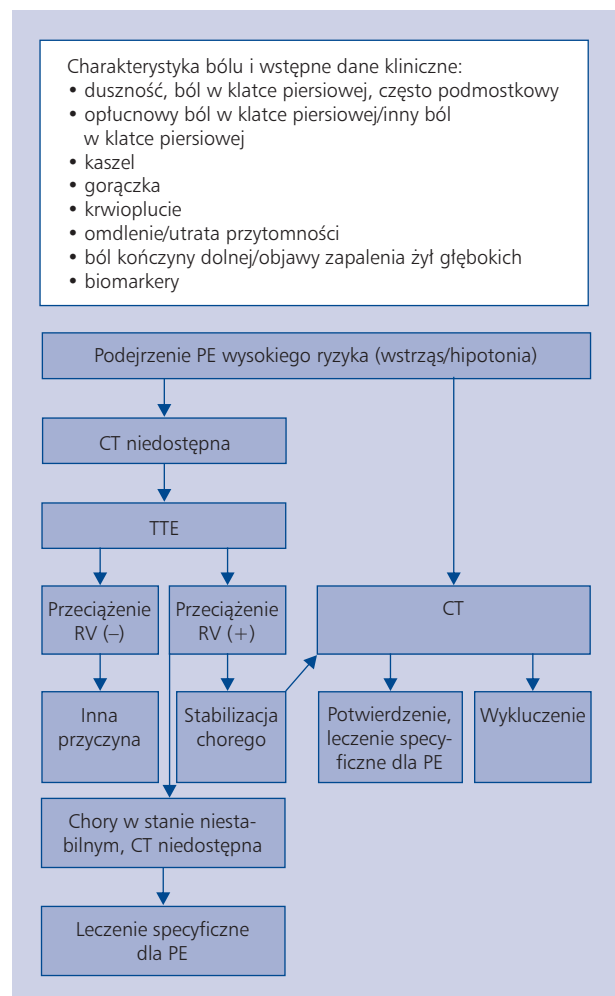
Możliwe nieprawidłowości w TTE obejmują: cechy przeciążenia ciśnieniowego prawej komory z jej poszerzeniem i dysfunkcją skurczową, charakterystyczny rozkład zaburzeń kurczliwości wolnej ściany RV (objaw McConnella), obecność skrzeplin w prawych jamach serca, zaburzenia przepływu płucnego i umiarkowany wzrost gradientu niedomykalności trójdzielnej (*notching*, objaw 60/60), zwiększenie ciśnienia w prawym przedsionku (na podstawie oceny żyły głównej dolnej). TTE ma istotne znaczenie w postępowaniu diagnostycznym u pacjentów z podejrzeniem PE wysokiego ryzyka — w tej grupie chorych brak cech przeciążenia ciśnieniowego RV pozwala wykluczyć PE jako przyczynę dolegliwości pacjenta (ryc. 4). W przypadku podejrzenia PE o niewysokim ryzyku echokardiografii się nie zaleca jako narzędzia diagnostycznego (ryc. 5). W tej grupie ma ona znaczenie jako narzędzie stratyfikacji ryzyka u chorych po potwierdzeniu rozpoznania PE — pozwala zróżnicować pacjentów z zatorowością ryzyka pośredniego–wysokiego od chorych z zatorowością ryzyka pośredniego–niskiego.

Echokardiografia przezprzełykowa

Badanie TEE pozwala na uwidocznienie materiału zatorowego w proksymalnych odcinkach tętniczego drzewa płucnego. Obrazowanie dystalnych segmentów prawej i lewej tętnicy płucnej wymaga znacznego doświadczenia. Zastosowanie tego badania można rozważyć u pacjentów z PE wysokiego ryzyka z widocznym w TTE przeciążeniem RV w przypadku braku możliwości wykonania pilnej angio-CT (z powodu braku jej dostępności lub stanu pacjenta).

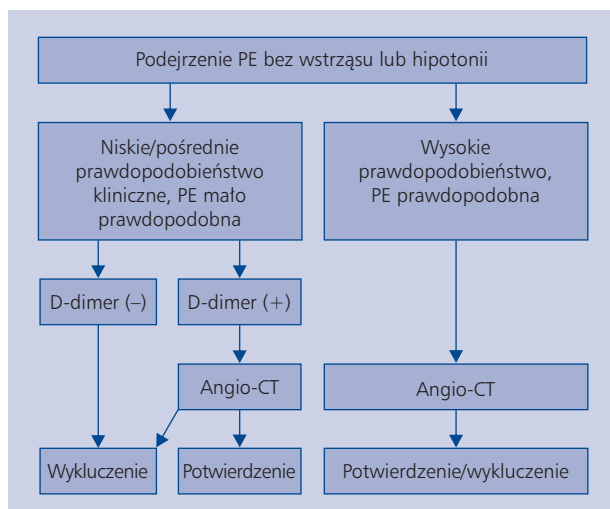
Tomografia komputerowa

Angiografia tomografii komputerowej tętnic płucnych jest metodą z wyboru obrazowania w przypadku podejrzenia PE. Pozwala na wizualizację tętnic płucnych co najmniej do poziomu segmentów, a obecność skrzeplin w tętnicach segmentalnych potwierdza rozpoznanie PE. Stwierdzenie pojedynczych skrzeplin w tętnicach subsegmentalnych nie upoważnia do pewnego rozpoznania PE. U chorych cechujących się niskim lub pośrednim wyjściowym praw-



Rycina 4. Algorytm zastosowania nieinwazyjnej diagnostyki obrazowej u pacjenta z podejrzeniem zatorowości płucnej (PE) wysokiego ryzyka (wytyczne *European Society of Cardiology*); CT — tomografia komputerowa; RV — prawa komora; TTE — echokardiografia przezklatkowa

dopodobieństwem PE badanie CT pozwala na jej pewne wykluczenie (wysoka ujemna wartość predykcja, odpowiednio 96% i 89%). U chorych obciążonych wysokim prawdopodobieństwem PE negatywna wartość predykcja CT jest niższa (60%), dlatego brak cech PE w obrazie CT w tej grupie pacjentów nie wyklucza choroby w sposób pewny — w tych przypadkach sugeruje się rozszerzenie diagnostyki. I odwrotnie; dodatni wynik u osób cechujących się umiarkowanym lub dużym prawdopodobieństwem PE wskazuje na obecność choroby (wysoka wartość predykcja 92–96%), jednak u pacjentów wykazujących niskie wyjściowe prawdopodobieństwo wartość predykcja dodatniego wyniku CT jest znacznie niższa (58%). Rozbieżności między wynikiem CT i oceną kliniczną chorych z podejrzeniem PE nakazują rozważenie poszerzenia diagnostyki oraz ostrożność przy podejmowaniu decyzji terapeutycznych, ze szczególnym



Rycina 5. Algorytm zastosowania nieinwazyjnej diagnostyki obrazowej u pacjenta z podejrzeniem zatorowości płucnej (PE) niewysokiego ryzyka (wytyczne *European Society of Cardiology*); angio-CT — angiografia tomografii komputerowej

uwzględnieniem ryzyka krwawienia. Wśród chorych cechujących się podejrzeniem PE i ryzykiem niższym niż wysokie CT jest badaniem wskazanym u osób, u których kliniczne prawdopodobieństwo jest wysokie lub u pacjentów cechujących się niższym prawdopodobieństwem, ale równocześnie dodatnim wynikiem oznaczenia D-dimerów.

Rezonans magnetyczny

Obrazowanie naczyń płucnych za pomocą MRI jest znacznie mniej przydatne od CT. Angiografia metodą MRI charakteryzuje się niską czułością oraz dużym odsetkiem badań niejednoznacznych w diagnozowaniu PE. Nie należy wykorzystywać tej metody w celu wykluczenia PE.

Badania z zakresu medycyny nuklearnej

Można zastosować dwa badania — scyntygrafię perfuzyjną serca (w celu wykluczenia zawału jako przyczyny bólu) oraz scyntygrafię wentylacyjno-perfuzyjną (V/Q) płuc (w celu wykluczenia PE). W ostrych stanach zagrożenia życia przebiegających z bólem w klatce piersiowej scyntygrafia perfuzyjna mięśnia sercowego nie jest pierwszą metodą obrazowania (w wielu doniesieniach wskazuje się jednak, że perfuzyjne badanie spoczynkowe jest polecanym testem diagnostycznym w tej grupie chorych). Prawidłowy wynik scyntygrafii V/Q wyklucza chorobę na każdym stopniu prawdopodobieństwa klinicznego. Wynik wskazujący na wysokie prawdopodobieństwo potwierdza PE. Niediagnostyczny wynik może wykluczyć zatorowość, jeśli dodatkowo w badaniu ultrasonograficznym (USG) wykluczono proksymalną zakrzepicę żył głębokich u pacjenta cechującego się niskim prawdopodobieństwem klinicznym lub mało prawdopodobną zatorowością. Warto

podkreślić, że scyntygrafia V/Q jest podstawową metodą diagnostyczną u chorych z podejrzeniem zatorowości bez wstrząsu i hipotonii, u których istnieją przeciwwskazania do wykonania CT, np. uczulenie na kontrast lub wysokie ryzyko nefropatii pokontrastowej. Scyntygrafia perfuzyjna płuc (bez badania wentylacyjnego) wraz z RTG płuc jest także podstawową metodą diagnostyczną u młodych kobiet i kobiet w ciąży (dawka promieniowania pochłoniętego jest wielokrotnie mniejsza niż w badaniu CT).

4.1.2. Duszność, obrzęk płuc

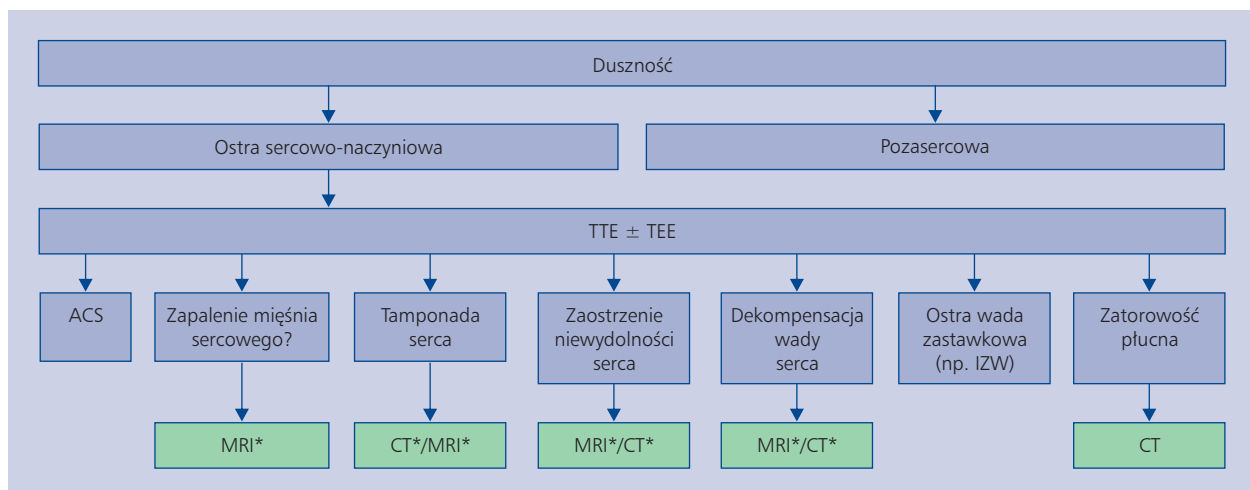
Andrzej Gackowski, Karol Miszański-Jamka,
Anna Kaźmierczak-Dziuk

Badania podmiotowe i przedmiotowe

Duszność to subiektywne wrażenie braku powietrza, zwykle przejawiające się wzmożonym wysiłkiem mięśni oddechowych i przyspieszonym oddechem. Przyczyną duszności mogą być choroby układu oddechowego, układu CV, kości i mięśni klatki piersiowej, ośrodkowego układu nerwowego (OUN), zatrucia, kwasica itd. Naturalnymi przyczynami duszności są niskie ciśnienie parcjalne tlenu w powietrzu, a także dysproporcja między zaopatrzeniem tkanek w tlen a ich zapotrzebowaniem. Wrażenie duszności może nie mieć podłoża organicznego, a jedynie tło psychogenne, np. w wyniku lęku. Duszność ostra może dotyczyć osób dotychczas zdrowych lub wynikać z zaostrzenia przewlekłej choroby. Jeśli towarzyszą jej hipotonia i ból w klatce piersiowej, to jest stanem zagrożenia życia i wymaga pilnego różnicowania i leczenia. W wywiadzie powinno się ustalić typ duszności (wdechowa lub wydechowa, zależna od pozycji ciała — np. *ortopnoë*) oraz określić tempo jej narastania i czynniki poprzedzające jej wystąpienie (wysiłek, stres, kontakt z alergenami, obecność cech infekcji, takich jak gorączka, kaszel czy dreszcze, poprzedzający ból w klatce piersiowej). Ważny jest wywiad w kierunku chorób przewlekłych, krwiopłucia, urazów, krwawień itd. W badaniu przedmiotowym, oprócz oglądania (ocena pozycji przyjmowanej przez chorego, częstości oddechu, napięcia mięśni oddechowych, ułożenia ust podczas wdechu i wydechu, bledzi lub sinicy, stanu neurologicznego, obecności obrzęków, wypełnienia żył szyjnych), ważne jest dokładne osłuchiwanie i opukiwanie płuc, osłuchiwanie serca, palpacja wątroby, pomiar częstości i miarowości rytmu serca, pomiar ciśnienia tętniczego. Wiele z tych danych jest przydatnych w różnicowaniu chorób, ale konieczne są badania dodatkowe.

Elektrokardiografia

Badanie EKG jest obowiązkowe u każdego chorego z nagłą dusznością. Najczęściej wykazuje kompensacyjną tachykardię zatokową. Stwierdzenie tachyarytmii, bloków, zmian niedokrwiennych (zwłaszcza uniesienia odcinka ST) przemawia za tłem kardiologicznym duszności i ukierunkowuje dalszą diagnostykę oraz doraźne postępowanie. Niespecy-



Rycina 6. Algorytm diagnostyki obrazowej u pacjenta z nagłą dusznością; *po ustabilizowaniu stanu pacjenta; zielony kolor — obrazowanie wskazane, jeśli istotne dla decyzji terapeutycznej; ACS — ostry zespół wieńcowy; CT — tomografia komputerowa; IZW — infekcyjne zapalenie wsierdzia; MRI — rezonans magnetyczny; TEE — echokardiografia przezprzłykową; TTE — echokardiografia przezklatkową

ficzne zmiany ST-T mogą występować zarówno w chorobach serca, jak i w innych chorobach przebiegających z dusznością. Brak zmian patologicznych w EKG nie wyklucza tła kardiologicznego, choć sugeruje inne tło duszności.

Ultrasonografia i echokardiografia

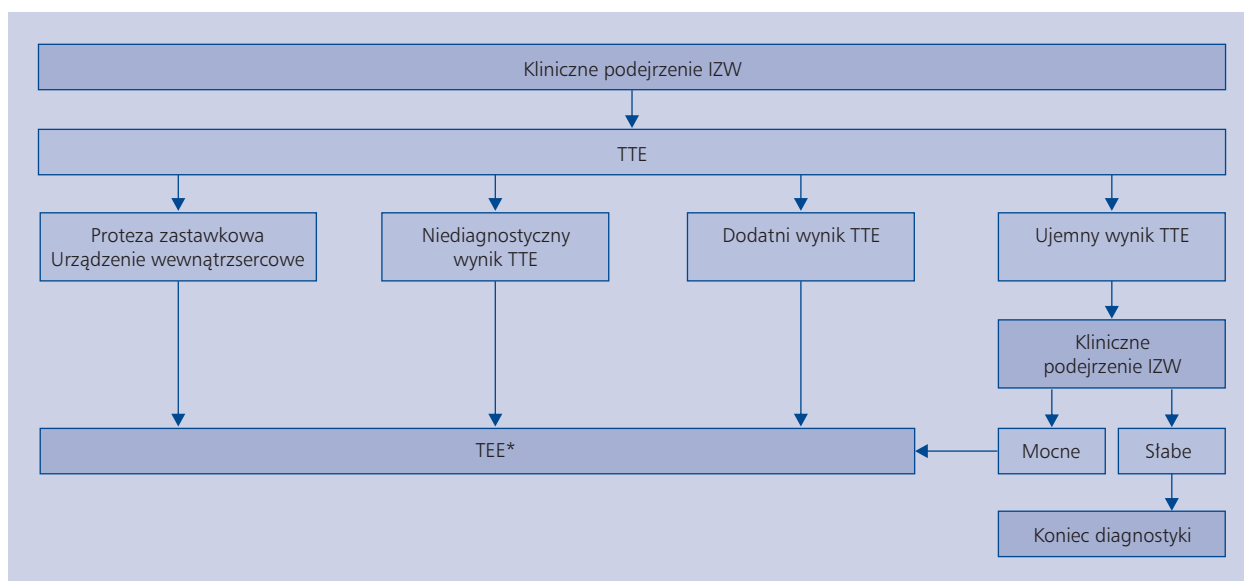
Badanie echokardiograficzne zwykle umożliwia szybkie wykrycie większości kardiologicznych przyczyn nagłej duszności lub ich następstw (ryc. 6). Jednym z proponowanych skróconych sposobów badania przyczyn duszności jest protokół FATE (*Focus Assessment Transthoracic Echo*) polegający na ocenie 4 podstawowych projekcji: podmostkowej, koniuszkowej czterojamowej, przymostkowej w osi długiej i krótkiej, uzupełnionych o ocenę obu jam opłucnych w linii pachowej środkowej w okolicach dolnych międzyżebry. Badanie należy rozszerzyć zależnie od stwierdzonych nieprawidłowości i danych klinicznych. W przypadku obrzęku płuc, oprócz oceny zastawki mitralnej i aortalnej oraz czynności skurczowej LV, pomocna może być bardziej zaawansowana ocena czynności rozkurczowej. Restrykcyjny napływ mitralny oraz stosunek E/e' przekraczający 15 przemawia za wysokimi ciśnieniami napełniania lewej komory.

W szybkiej diagnostyce ostrej duszności pomocne jest badanie USG tkanki płucnej zgodnie z protokołem BLUE (*Bedside Lung Ultrasound in Emergency*), które wstępnie pozwala różnicować przyczynę duszności — odmę opłucnową, obrzęk płuc, zespół śródmiąższowy, PE, zapalenie płuc, astmę/przewlekłą obturacyjną chorobę płuc (COPD). Należy jednak zaznaczyć, że ze względu na ograniczoną ewaluację w badaniach klinicznych protokoły te nie znalazły się w aktualnych wytycznych dotyczących niewydolności serca. W przypadku podejrzenia PE wskazana jest ocena

prawdopodobieństwa tego rozpoznania na podstawie danych klinicznych i objawów. W sytuacji wstrząsu lub hipotonii, jeżeli natychmiastowe wykonanie badania CT nie jest możliwe, w TTE można szybko potwierdzić ostre przeciążenie prawego serca, co uprawnia do pilnej terapii reperfuzyjnej, zaś brak tego przeciążenia powinien raczej skierować uwagę na inne przyczyny niestabilności hemodynamicznej. W przypadku podejrzenia zatoru płucnego bez niestabilności hemodynamicznej ocena echokardiograficzna ma mniejsze znaczenie. Ważna jest ocena żył kończyn dolnych w celu poszukiwania materiału zatorowego (objaw uciskowy), zwłaszcza w obrębie żył proksymalnych, co w kontekście obrazu klinicznego oznacza duże prawdopodobieństwo PE.

Tomografia komputerowa

Zaletami CT w diagnostyce nagłych stanów przebiegających z dusznością jest możliwość jednoczesnej diagnostyki chorób układu oddechowego oraz serca i naczyń. Duszność nieznanego pochodzenia jest wskazaniem do badania CT, gdy stwierdzono nieprawidłowy obraz RTG klatki piersiowej lub w przypadku podejrzenia PE. U pacjentów z obrzękiem płuc rola CT polega głównie na wykluczeniu choroby niedokrwiennej serca jako przyczyny i powinna być wykonana u osób cechujących się umiarkowanym prawdopodobieństwem choroby wieńcowej (badanie pierwszego rzutu w przypadku prawdopodobieństwa 15–50%, badanie w przypadku niejednoznacznego wyniku badań obciążeniowych u chorych cechujących się prawdopodobieństwem 50–85%). Ponadto CT może być przydatna u pacjentów z trudnymi warunkami badania echokardiograficznego serca w przypadku podejrzenia mechanicznego uszkodzenia serca jako przyczyny obrzęku płuc (pęknięcie przegrody, zerwanie strun ścięgniętych).



Rycina 7. Zasady wykorzystania badań echokardiograficznych przekłatkowych (TTE) i przezprzełykowych (TEE) u pacjenta z podejrzeniem infekcyjnego zapalenia wsierdza (IZW); *W przypadku ujemnego wstępnego wyniku TEE i utrzymującego się wysokiego prawdopodobieństwa klinicznego IZW należy powtórzyć TTE i/lub TEE po 5–7 dniach

Rezonans magnetyczny

Rola MRI w diagnostyce sercowych przyczyn nagłej duszności jest podobna jak w przypadku przewlekłej duszności (patrz rozdz. 4.2.2). Ograniczeniami badania w przypadku nagłej duszności są trudne monitorowanie stanu pacjenta, długi czas akwizycji obrazów oraz konieczność wielokrotnego zatrzymywania oddechu podczas badania. Ogranicza to zastosowanie MRI u większości pacjentów w stanie niestabilnym.

Badania z zakresu medycyny nuklearnej

W ostrych stanach zagrożenia życia przebiegających z nagłą dusznością, takich jak obrzęk płuc, badania radioizotopowe mają ograniczone wskazania i nie są zalecane. Istotną wartość diagnostyczną mają techniki medycyny nuklearnej w przypadku diagnostyki w kierunku PE. Prawidłowy wynik badania scyntygrafii V/Q wyklucza PE na każdym stopniu prawdopodobieństwa klinicznego (klasa zaleceń I, poziom wiarygodności danych A). Wynik scyntygrafii V/Q wskazujący na wysokie prawdopodobieństwo potwierdza PE. Natomiast niediagnostyczny wynik może wykluczyć PE, jeśli dodatkowo w USG wykluczono proksymalną zakrzepicę żył głębokich u pacjenta cechującego się niskim prawdopodobieństwem klinicznym lub mało prawdopodobną PE.

4.1.3. Podejrzenie infekcyjnego zapalenia wsierdza

Andrzej Gackowski, Cezary Kępka, Magdalena Kostkiewicz

Infekcyjne zapalenie wsierdza dotyczy zwykle zastawek lub sztucznych implantów (najczęściej protez zastawkowych

lub elektrod). Powodują je bakterie, grzyby lub chlamydie. Jest bardziej prawdopodobne u osób z wszczepionymi zastawkami lub sztucznymi materiałem w sercu, u pacjentów po przebyciu uprzednio IZW, z wadami sinicznymi serca lub po paliatywnej korekcji wad wrodzonych. Typowe objawy to gorączka lub stany podgorączkowe, dreszcze czy nowy szmer nad sercem, ale nie zawsze objawy te występują. W rozpoznaniu, oprócz dokładnego wywiadu, kluczową rolę odgrywają badania mikrobiologiczne krwi oraz badania obrazowe, głównie TTE, a zwłaszcza TEE. Algorytm wykorzystania tych badań przedstawiono na rycinie 7.

Echokardiografia

Echokardiografia odgrywa kluczową rolę w diagnostyce IZW oraz ustalaniu wskazań do leczenia, gdyż obrazuje zmiany infekcyjne wsierdza zastawek, ścian przedsionków lub komór oraz na wszczepionych urządzeniach. Precyzyjnie uwidacznia także następstwa procesu infekcyjnego — ropnie, pseudotętniaki, perforacje, przetoki, tętniak zastawki, przeciek okołozastawkowy. Czułość rozpoznania vegetacji na własnej zastawce w TTE wynosi 70%, a na protezie — 50%. Odsetek znacząco wzrasta, gdy wykorzystuje się ocenę przezprzełykową — odpowiednio do 96% i 92%, przy swoistości ok. 90%. Trudność może sprawić ocena innych urządzeń wszczepialnych. Zdarzają się rozpoznania fałszywie dodatnie, spowodowane np. obecnością wyrosła Lambda. Badanie przezprzełykowe wykonuje się w celu potwierdzenia rozpoznania, określenia rozległości destrukcji oraz w przypadku ujemnego wyniku TTE przy dużym podejrzeniu klinicznym. Służy ono także do oceny powikłań, takich jak przetoki i ropnie. Przezprzełykowe badanie 3D jest szczególnie cenne w obrazo-

waniu przecieków okołozastawkowych. Należy podkreślić rolę echokardiografii w monitorowaniu terapii oraz przebiegu okresu pooperacyjnego.

Tomografia komputerowa

Tomografia komputerowa odgrywa ważną rolę w rozpoznaniu, monitorowaniu przebiegu oraz wspomaganiu decyzji klinicznych w IZW. Jest wykorzystywana do wykrywania ropni z dokładnością równą TEE, pozwala precyzyjnie określić rozległość i charakter zmian w okolicy zastawek, w tym tętniaków rzekomych, ropni i przetok. W IZW obejmującym aortę CT może być dodatkowo użyteczne w określaniu wielkości, anatomii oraz zwągnięć zastawki aortalnej, opuszki i aorty wstępującej, co może pomóc w planowaniu leczenia chirurgicznego. W IZW obejmującym prawe serce z powikłaniami płucnymi badanie może dostarczać informacji o objęciu płuc procesem chorobowym, w tym obecności ropni i zawałów. W ocenie dysfunkcji sztucznej zastawki CT może być równoważna echokardiografii w obrazowaniu wegetacji, ropni lub tętniaków rzekomych, jednak należy pamiętać, że badanie echokardiograficzne powinno być wykonywane zawsze w pierwszej kolejności. U chorych w stanie krytycznym CT stanowi alternatywę dla MRI w odniesieniu do OUN, umożliwiając obrazowanie naczyń wewnątrzczaszkowych. Ponadto CT pozwala na ocenę obwodowych powikłań naczyniowych choroby oraz ich obserwację. Badanie angio-CT tętnic wieńcowych uważa się obecnie za alternatywę dla badania inwazyjnego, szczególnie u chorych obciążonych ryzykiem embolizacji materiałem zatorowym.

Rezonans magnetyczny

Podstawowym zastosowaniem MRI jest diagnostyka mózgowych powikłań IZW. Na podstawie MRI stwierdzono, że zmiany w mózgu występują u 60–80% pacjentów. Badanie rezonansu magnetycznego serca nie powinno być wykonywane w celu wykluczenia wegetacji.

Badania z zakresu medycyny nuklearnej

Techniki medycyny nuklearnej są ważnymi uzupełniającymi metodami diagnostycznymi u pacjentów z podejrzeniem IZW. Stosuje się dwa badania. Jednym z nich jest badanie scyntygraficzne z zastosowaniem znakowanych leukocytów własnych pacjenta. Znakowane leukocyty zachowują zdolności chemotaktyczne i gromadzą się w ogniskach zapalnych. Drugim badaniem jest PET-CT po podaniu ^{18}F -FDG, która *in vivo* jest aktywnie wychwytywana przez aktywowane leukocyty, monocyty–makrofagi oraz limfocyty T CD4+ gromadzące się w miejscach zakażenia. Dużą zaletą tych badań jest zmniejszenie odsetka nierozpoznanych przypadków IZW, zaklasyfikowanych do kategorii „możliwe IZW” według kryteriów Duke, oraz uwidacznianie ognisk zatorowych i przerzutowych zmian zakaźnych. Ograniczeniem techniki ^{18}F -FDG PET-CT jest diagnostyka zatorów

septycznych w mózgu ze względu na wysoki fizjologiczny stopień wychwytu tego znacznika przez komórki kory mózgowej. Zarówno znakowane leukocyty, jak i ^{18}F -FDG gromadzą się w miejscach gojenia. Dlatego u chorych po operacjach badanie należy wykonać co najmniej 3 miesiące później. Badanie SPECT-CT z zastosowaniem znakowanych radioaktywnie krwinek białych jest bardziej swoiste w diagnostyce IZW i ognisk zapalnych niż PET-CT. Badania te znajdują szczególnie zastosowanie w rozpoznaniu infekcji wokół sztucznych zastawek lub elektrod wewnątrzsercowych i urządzeń wspomagających pracę LV. Trwają prace nad zastosowaniem nowych radiofarmaceutyków, m.in. znakowanych antybiotyków i drobnoustrojów.

Należy podkreślić, że według zaleceń ESC rozpoznanie opiera się na kryteriach Duke. Jeśli rozpoznanie pozostaje tylko „możliwe” lub nawet „wykluczone”, ale wciąż istnieje podejrzenie kliniczne, to należy szukać potwierdzenia zapalenia wsierdza innymi metodami obrazowymi (CT serca, PET-CT z zastosowaniem ^{18}F -FDG lub SPECT-CT z użyciem znakowanych radioaktywnie leukocytów) czy też dokumentując incydenty zatorowe (MRI mózgu i PET-CT).

Do dużych kryteriów Duke, oprócz dodatniego wyniku badań mikrobiologicznych, należy stwierdzenie w badaniu echokardiograficznym wegetacji, ropni, przetok. Na podstawie tych kryteriów ocenia się prawdopodobieństwo rozpoznania IZW. Jeżeli jest ono pośrednie, to zaleca się powtórzenie posiewów i/lub badania TEE po kilku dniach, ewentualnie wykorzystanie badań radioizotopowych PET-CT z FDG lub SPECT ze znakowanymi leukocytami. Badania te umożliwiają wykrycie ogniska zapalnego, które wymaga leczenia. Tomografia komputerowa pozwala także ocenić obecność zatorów sercopolodnych (głównie w mózgu). Schemat wykorzystania tych badań przedstawiono na rycinie 8.

4.1.4. Podejrzenie dysfunkcji sztucznej zastawki

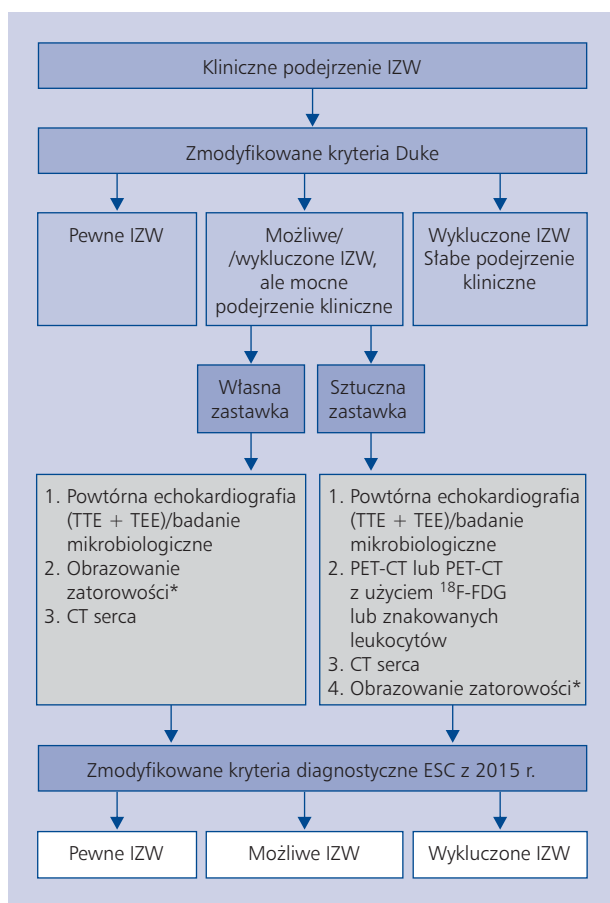
Marcin Fijałkowski, Mariusz Kruk, Magdalena Kostkiewicz

Badania podmiotowe i przedmiotowe

Dysfunkcja sztucznej zastawki może się manifestować objawami niewydolności serca, które występują nagle lub rozwijają się stopniowo. Stwierdza się również objawy zatorowości obwodowej. Stosunkowo często uszkodzenie protez zastawkowych przebiega w wyniku IZW, dlatego u pacjenta można obserwować objawy procesu zapalnego. Należy zwrócić uwagę na objawy hemolizy, spowodowanej np. przeciekiem okołozastawkowym. Osłuchowo zwracają uwagę nowo pojawiające się szmery oraz ściszenie tonów zastawki.

Elektrokardiografia

Zmiany w zapisie EKG mogą być typowe dla wad zastawkowych, które doprowadziły do operacji wszczęcia protezy, np. utrzymujące się cechy przerostu mięśnia lewej komory w przebiegu zwężenia zastawki aortalnej lub cechy

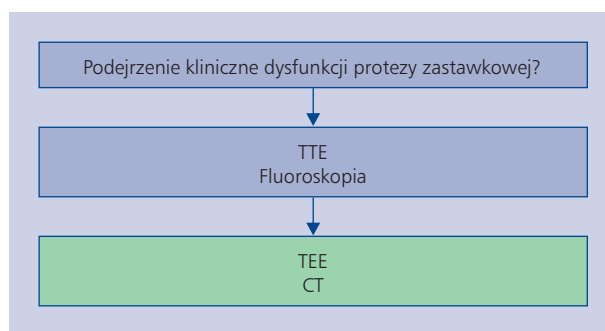


Rycina 8. Algorytm rozpoznawania infekcyjnego zapalenia wsierdza (IZW) — wg *European Society of Cardiology* (ESC) 2015; *do rozważenia rezonans magnetyczny mózgowia, CT lub PET-CT całego ciała; CT — tomografia komputerowa; FDG — fluorodeoksyglukoza; PET — pozytonowa tomografia emisyjna; TEE — echokardiografia przezprzełykowa; TTE — echokardiografia przezklatkowa

poszerzenia lewego przedsionka w przebiegu zwężenia zastawki dwudzielnej. Należy zwrócić uwagę na zaburzenia rytmu serca.

Echokardiografia przezklatkowa

Badanie TTE jest obrazowaniem pierwszego rzutu (ryc. 9). Niezbędna jest znajomość rodzaju wszczepionej zastawki, jej rozmiaru oraz typu procedury. Istnieją odrębności w ocenie protez zastawkowych, takie jak: zwiększona echogeniczność sztucznych materiałów (w trakcie badania pomocna jest redukcja wzmocnienia), liczne artefakty (rewerberacje, cienie), konstrukcyjne fale zwrotne, inna dynamika przepływu przez protezy czy kawitacje. W TTE utrudniona jest ocena niedomykalności lub przecieków wokół protezy w pozycji mitralnej oraz wizualizacja tylnej części protezy w pozycji aortalnej w przypadku protez mechanicznych. Jeżeli to możliwe, to należy zarejestrować ruchomości dysków mechanicznych



Rycina 9. Uproszczony algorytm oceny obrazowej dysfunkcji protez zastawkowych; zielony kolor — obrazowanie wskazane, jeśli istotne dla decyzji terapeutycznej; CT — tomografia komputerowa; TEE — echokardiografia przezprzełykowa; TTE — echokardiografia przezklatkowa

protez i ocenić ich amplitudę i symetrię otwarcia, a dodatkowo ocenić stabilność pierścienia oraz echogeniczność przylegających tkanek. W badaniu techniką kolorowego doplera należy próbować uwidocznnić fale konstrukcyjne, ewentualne niedomykalności protez oraz przecieki okołozastawkowe. Należy podjąć próbę oceny przepływów w tętniakach rzekomych lub przez przetoki powstałe w wyniku procesu infekcyjnego. Konieczne są ocena wielkości oraz funkcji LV i RV, a także oszacowanie ciśnienia skurczowego w prawej komorze.

Echokardiografia przezprzełykowa

Do całościowej oceny protez zastawkowych często niezbędna jest TEE, która stanowi dopełnienie TTE w przypadku podejrzenia dysfunkcji, szczególnie protezy mechanicznej w pozycji mitralnej, oraz tylnej części protezy w pozycji aortalnej. Jest badaniem z wyboru w przypadku podejrzenia IZW. Tak jak w TTE, celem jest ukazanie ruchomości dysków, jakości tkanek wokół protez oraz próba rejestracji wyżej wymienionych parametrów doplerowskich. Badanie wykazuje większą czułość w detekcji niewielkich zmian na powierzchni protez oraz fal konstrukcyjnych czy przecieków okołozastawkowych. Szczególnie przydatny jest tryb obrazowania 3D.

Echokardiografia wysiłkowa lub farmakologiczna

W sytuacjach braku zgodności między objawami pacjenta a obrazem echokardiografii spoczynkowej można rozważyć echokardiografię wysiłkową lub dobutaminową z zastosowaniem małych dawek (do 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ mc./min).

Fluoroskopia

Fluoroskopia to nieinwazyjne i stosunkowo łatwe do wykonania badanie, szczególnie przydatne do oceny mechanicznych protez, w odniesieniu do których stwierdzono ponadprzeciętnie wysokie prędkości przepływów. Dzięki odpowiednim projekcjom można precyzyjnie ocenić rucho-

mości dysków z pomiarem kątowym, ocenić symetryczność i amplitudę oraz stabilność pierścienia. W tym celu zaleca się nagranie ok. 10 cykli pracy serca i dokonanie pomiarów w momentach maksymalnego otwarcia i zamknięcia dysków protezy.

Tomografia komputerowa

Tomografia komputerowa dokładnie obrazuje budowę sztucznej zastawki, jej ruchomość, obecność skrzeplin oraz dostarcza szczegółowych przestrzennych informacji o anatomii serca. Ze względu na dodatkowe obciążenie kontrastem, promieniowaniem oraz brak możliwości oceny prędkości przepływu CT stanowi badanie dodatkowe, które można wykonać w przypadku wątpliwości w obrazie echokardiograficznym. Typowym wskazaniem, w przypadku chorego kwalifikowanego do reoperacji, jest także wykluczenie obecności istotnych zwężeń tętnic wieńcowych, co przy okazji może również pozwolić na dokładniejszą ocenę dysfunkcyjnej zastawki.

Rezonans magnetyczny

Badanie odgrywa rolę pomocniczą w przypadku dysfunkcji sztucznej zastawki. Może być użyteczne u pacjentów, u których uzyskano niezadowalające jakościowo obrazowanie echokardiograficzne lub sprzeczne wyniki oceny ciężkości zmian w obrębie zastawek, zwłaszcza w przypadku niedomykalności. Rezonans magnetyczny jest badaniem referencyjnym w ocenie objętości oraz funkcji skurczowej LV i RV. Charakteryzuje się większą powtarzalnością oceny powyższych parametrów niż echokardiografia. Ponadto MRI można wykorzystać do oceny aorty w przypadku stwierdzenia jej powiększenia w badaniu echokardiograficznym.

Badania z zakresu medycyny nuklearnej

W przypadku podejrzenia dysfunkcji sztucznej zastawki w mechanizmie zapalnym — infekcji wokół sztucznych zastawek lub elektrod wewnątrzsercowych i urządzeń wspomagających pracę LV — szczególne zastosowanie mają metody radioizotopowe.

Obrazowanie SPECT-CT polega na zastosowaniu własnych oznaczonych radioaktywnie, przy użyciu exametazime znakowanego ^{99m}Tc , krwinek białych, które gromadzą się w miejscu istniejącego stanu zapalnego. Obrazowanie PET-CT wykonuje się po podaniu ^{18}F -FDG, która *in vivo* jest aktywnie wychwytywana przez aktywowane leukocyty, monocyty-makrofagi oraz limfocyty T CD4+ gromadzące się w miejscach zakażenia.

Ograniczeniem badania PET-CT w diagnostyce dysfunkcji sztucznej zastawki w mechanizmie IZW jest wczesny okres po operacji kardiologicznej (do 3 miesięcy). Odpowiedź zapalna we wczesnym okresie pooperacyjnym może skutkować niespecyficznym wychwytem ^{18}F -FDG.

4.1.5. Zatorowość sercowopochodna

Andrzej Gackowski, Karol Miszański-Jamka, Mirosław Dziuk

Materiał pochodzący z jam serca jest częstą przyczyną zatorowości systemowej, w tym groźnej dla życia zatorowości do OUN. Udar mózgu ma tło niedokrwienne w ok. 87% przypadków. Wynika z różnych przyczyn [m.in. miażdżyca i zakrzepica dużych tętnic domózgowych i proksymalnego odcinka aorty, okluzja małych naczyń (udar lakunarny), nadkrzepliwość krwi], ale 15–40% udarów niedokrwienych wynika z zatorowości sercowopochodnej, która może pozostać nierozpoznana. Przyczyna udaru niedokrwienego pozostaje nieustalona w 30–40% przypadków (udar kryptogeny). Z jednej strony, poszukiwanie materiału zatorowego w sercu ma duże znaczenie i powinno być rozważone u wszystkich pacjentów z objawami zatorowości systemowej. Z drugiej strony, materiał grożący zatorem może być stwierdzony w sercu przypadkowo, w stadium bezobjawowym.

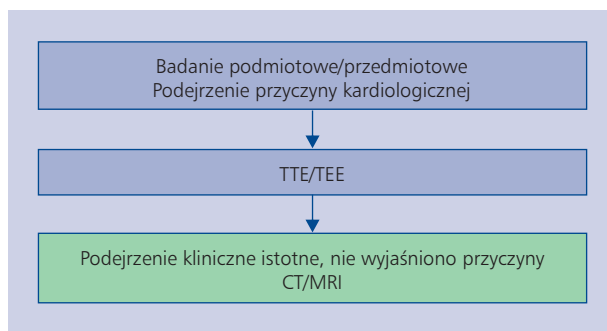
Badania podmiotowe i przedmiotowe

Objawy zatorowości, oprócz doraźnego leczenia mającego prowadzić do reperfuzji i ograniczenia niedokrwienia, są wskazaniem do poszukiwania etiologii choroby i w miarę możliwości wdrożenia metod prewencji wtórnej. Ważna jest obecność objawów poprzedzających wystąpienie epizodu niedokrwienego, zwłaszcza: nierówne bicie serca sugerujące AF, ból w klatce piersiowej, duszność, gorączka kierująca podejrzeniem na IZW. Szczególnie narażeni na powikłania zakrzepowe są pacjenci z implantowanymi protezami zastawkowymi, ciasną stenozą mitralną, tętniakiem i/lub ciężką dysfunkcją LV, stwierdzoną uprzednio skrzepliną wewnątrzsercową.

W badaniu przedmiotowym można wykryć arytmie (zwłaszcza AF), cechy osłuchowe wady zastawkowej (np. istotna stenoza mitralna oraz nieprawidłowości w osłuchiowaniu protez zastawkowych), cechy niewydolności serca, które wiążą się ze zwiększonym prawdopodobieństwem zatorowości.

Ultrasonografia i echokardiografia

W wymienionych przypadkach, zwłaszcza u osób młodych i u pacjentów z nawracającymi mózgowymi epizodami niedokrwienymi, konieczne jest wykonanie TTE, które może potwierdzić lub ujawnić źródło zatoru (ryc. 10). TEE jest wskazane jako uzupełniające, jeśli sercowej ani pozasercowej przyczyny nie wykryto w TTE. Badanie przezprzełykowe jest wskazane w szczególności u pacjentów z podejrzeniem IZW. Ponadto badanie zaleca się, gdy może wpłynąć na decyzję o włączeniu antykoagulacji, wykonaniu kardiowersji lub ablacji podłoża zaburzeń rytmu serca. Zastosowanie TTE pozostaje dyskusyjne, gdy jest znana pozasercowa przyczyna udaru.



Rycina 10. Uproszczony algorytm oceny obrazowej w zatorowości sercowopochodnej; zielony kolor — obrazowanie wskazane, jeśli istotne dla decyzji terapeutycznej; CT — tomografia komputerowa; MRI — rezonans magnetyczny; TEE — echokardiografia przezprzełykową; TTE — echokardiografia przezklatkowa

TEE nie jest uzasadniona, jeżeli na podstawie TTE ustalono sercową przyczynę zatorowości, a jej wynik nie wpłynie istotnie na terapię. Badanie nie jest wymagane u pacjentów z AF, gdy podjęto decyzję o przewlekłej antykoagulacji i definitywnym odstąpieniu od prób przywrócenia rytmu zatokowego.

Poszukiwanie materiału zatorowego wymaga oprócz standardowych projekcji także ujęć nietypowych, potwierdzenia obecności patologii w wielu uzupełniających się projekcjach w celu identyfikacji ewentualnych artefaktów. W wątpliwych przypadkach warto podać kontrast echokardiograficzny zwiększający czułość i swoistość wykrywania guzów i skrzeplin przyściennych. Badanie trójwymiarowe nie wyróżnia się lepszą dokładnością w wykrywaniu materiału zatorowego, ale umożliwia bardziej szczegółową analizę anatomiczną patologii wykrytych w badaniu płaszczynowym. Może także uwidoczniać struktury niewidoczne w standardowych projekcjach 2D. Badanie dopplerowskie dostarcza cennych danych w przypadku wad zastawkowych lub przeciekowych, a także dysfunkcji protez. Dopplerowskie badanie przezczaszkowe umożliwia wykrycie mikrozatorowości wewnątrzczaszkowej w wybranych obszarach naczyniowych. Po dożylnym podaniu kontrastu (wstrząśniętej soli fizjologicznej) można obserwować pojawianie się pęcherzyków gazu przepływających przez tętnicę środkową mózgu, które wskazuje na możliwość występowania zatorowości skrzyżowanej. Istotnym ograniczeniem badania jest brak skroniowego okna akustycznego (10% pacjentów, zwłaszcza w starszym wieku) oraz fakt, że nie wyklucza ono możliwości pozasercowego połączenia naczyniowego. Dlatego do udokumentowania komunikacji wewnątrzsercowej (w tym drożnego otworu owalnego) konieczne jest wykonanie TEE z kontrastem podanym podczas próby Valsalvy. W przypadku uwidocznienia przepływu pęcherzyków kontrastu przez drożny otwór owalny i dobrze uzasadnionych klinicznie przypadkach może być to wskazaniem do jego przeszskórnego

zamknięcia. Wykrycie materiału grożącego zatorowością lub innych wymienionych nieprawidłowości zwykle prowadzi do ustalenia sposobu leczenia.

Tomografia komputerowa

Tomografia komputerowa pozostaje ważną alternatywą w diagnostyce zatorowości sercowopochodnej, ponieważ obrazuje anatomię serca i naczyń — także patologiczne masy obecne w sercu i układzie naczyniowym (guzy, skrzepliny, wegetacje). Według kryteriów poprawności z 2010 r. CT pozostaje właściwą metodą obrazową do oceny mas wewnątrzsercowych jako uzupełnienie niepełnych informacji uzyskanych w badaniu echokardiograficznym. Masy wewnątrzsercowe mogą być rozpoznane przypadkowo podczas badania wykonywanego z innych powodów. Jest stosowane rutynowo do wykluczenia obecności skrzepliny w uszku lewego przedsionka u chorych przed planowanymi zabiegami elektrofizjologicznymi w obrębie lewego przedsionka.

CT pozwala na ocenę wielkości, liczby, ilości, lokalizacji (jama serca, zajęcie osierdzia, struktury pozasercowe), morfologii (przyleganie, wygląd obrzeża, naciekanie) i cech tkankowych (zwapnienia, tłuszcz, unaczynienie) oraz korelacji z dodatkowymi danymi klinicznymi (zmiany nowotworowe lub infekcyjne, obecność cewników). W porównaniu z innymi metodami obrazowania serca umożliwia optymalne definiowanie uwapnionych mas. Istotnymi niedogodnościami związanymi z badaniem są narażenie na promieniowanie, niewielkie ryzyko nefropatii indukowanej kontrastem i słabsza możliwość różnicowania tkanek miękkich w porównaniu z MRI.

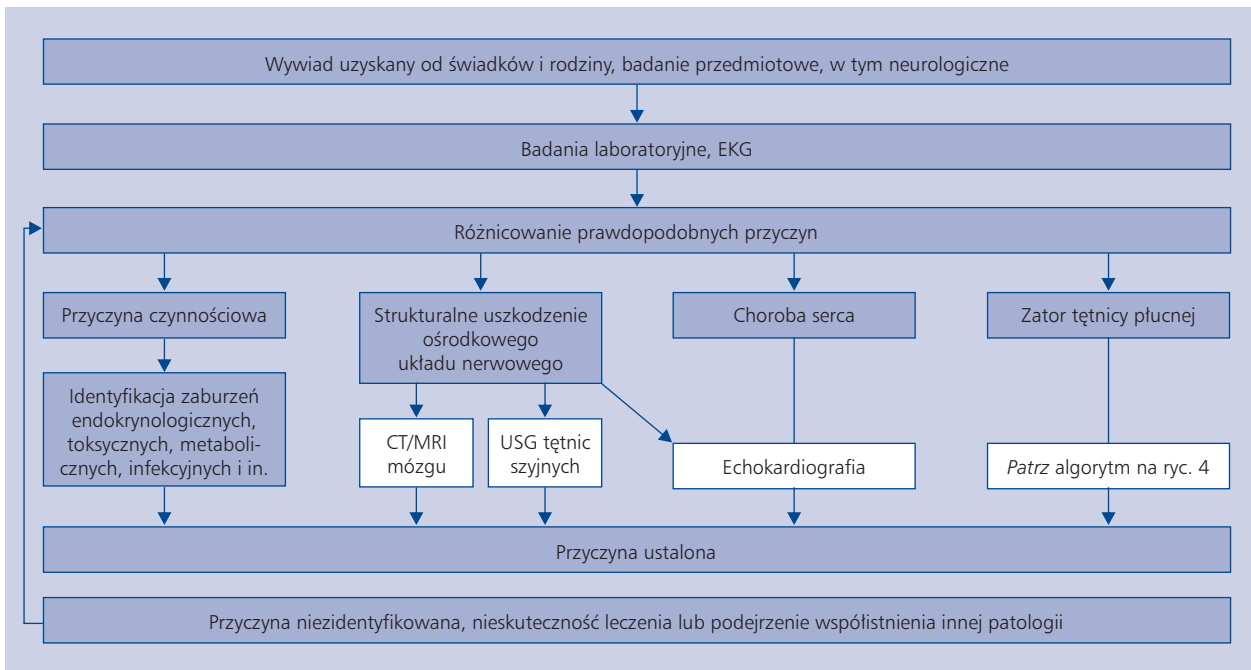
Rezonans magnetyczny

MRI umożliwia zobrazowanie skrzeplin w jamach serca. Spośród badań nieinwazyjnych oferuje ono największe możliwości diagnostyki różnicowej patologicznych mas wewnątrzsercowych. Badania MRI serca nie powinno się jednak wykonywać w celu wykluczenia obecności skrzepliny w uszku lewego przedsionka ani w celu wykluczenia wegetacji. Jest powszechnie wykorzystywane w diagnostyce powikłań mózgowych.

Badania z zakresu medycyny nuklearnej

Badanie ^{18}F -FDG PET-CT pozwala na lokalizację obszarów o zwiększonym metabolizmie i dlatego znalazło szerokie zastosowanie w diagnostyce chorób nowotworowych. Ostatnio udowodniono również jego znaczenie w rozpoznaniu i monitorowaniu stanów zapalnych i infekcji. Wykazano, że gdy pozytywny wynik PET jest traktowany jako kryterium duże Duke, czułość rozpoznania ulega istotnemu zwiększeniu — 70–97%.

Badanie ^{18}F -FDG PET-CT jest również bardzo przydatne w wykrywaniu zatorów obwodowych. Ze względu na jego



Rycina 11. Uproszczony algorytm oceny obrazowej pacjenta z utratą przytomności; CT — tomografia komputerowa; EKG — badanie elektrokardiograficzne; MRI — rezonans magnetyczny; USG — ultrasonografia

niewielką dostępność ma ono przede wszystkim znaczenie w potwierdzeniu lub ostatecznym wykluczeniu rozpoznania w przypadku wątpliwości diagnostycznych; to bardzo cenna metoda, szczególnie u pacjentów z bakteriami Gram-dodatnią i innymi czynnikami ryzyka IZW. Badania izotopowe znalazły zatem zastosowanie w sytuacji, gdy obrazy TTE lub TEE są prawidłowe lub wątpliwe, a istnieją inne dane wskazujące na zatorowość.

Ujemna wartość predykcyjna badania jest bardzo wysoka zarówno w rozpoznaniu zapalenia wsierdza, jak i zatorów obwodowych. W przypadku potwierdzonego zapalenia wsierdza PET-CT pozwala na wykrycie klinicznie bezobjawowych zatorów obwodowych w ok. 1/3 badanych przypadków. Najważniejszą wartością wynikającą z zastosowania badania izotopowego jest zmniejszenie liczby nierozpoznanych przypadków IZW klasyfikowanych dotychczas jako „możliwe IZW” na podstawie klasycznych kryteriów Duke oraz wykrywanie obwodowych powikłań zatorowych i przerzutowych ognisk zakaźnych.

4.1.6. Utrata przytomności

Andrzej Gackowski, Mariusz Kruk, Magdalena Kostkiewicz

Utrata przytomności może mieć tło neurologiczne, kardiologiczne, infekcyjne lub związane z zaburzeniami biochemicznymi, w tym metabolicznymi lub toksycznymi. Możliwe są też inne rzadsze przyczyny. Przejściowe, krótkotrwałe utraty przytomności to omdlenia, których diagnostykę

(głównie o charakterze ambulatoryjnym) opisano w rozdziale 4.2.6. W niniejszym rozdziale skupiono się na diagnostyce u chorych z dłuższej utrzymującym się stanem nieprzytomności oraz u chorych, którzy bezpośrednio po utracie przytomności trafiają na szpitalną izbę przyjęć czy oddział ratunkowy.

Elektrokardiografia

Badanie EKG służy do określania rytmu serca (szczególnie istotne są tachyarytmie i bradyarytmie mogące być przyczyną wstrząsu oraz AF jako potencjalna przyczyna zatorowości systemowej). W połączeniu z oceną markerów martwicy miokardium EKG jest przydatne w diagnostyce ACS. Badania obrazowe są ważnym uzupełnieniem powyższej oceny. Powinno się je wykonywać na podstawie prawdopodobieństwa poszczególnych mechanizmów utraty przytomności (ryc. 11).

Echokardiografia

Echokardiografia jest szczególnie przydatna u pacjentów niestabilnych hemodynamicznie. Powinna być wykorzystana niezwłocznie w ramach algorytmu CHAMP (patrz rozdz. 4.1.7). Służy wykryciu patologii odpowiedzialnych za zmniejszenie rzutu serca (ciężkie zaburzenia kurczliwości, w tym odcinkowe, mogące wynikać z ACS, powikłania mechaniczne zawału serca, tamponada serca, ostra niedomykalność zastawek). Badanie może wykazać obecność materiału zatorowego (skrzepliny, wegetacje, guzy), które zwiększają prawdopodobieństwo sercowopochodnej zatorowości mózgu. Cechy prze-

ciężenia prawego serca mogą być elementem rozpoznania masywnej PE, w badaniu można także wykryć cechy ciężkiej hipowolemii, ostre rozwarstwienie lub pęknięcie aorty itd. W ocenie ostrej niewydolności krążeniowo-oddechowej istotną rolę odgrywa poszerzenie badania echokardiograficznego o USG opłucnych i płuc (m.in. wykrywanie płynu, odmy), a także USG brzucha (obecność płynu w jamie otrzewnej, uszkodzenia narządów). W ocenie pacjentów z cechami zawału mózgu konieczne jest badanie USG tętnic szyjnych w poszukiwaniu ich zwężeń lub niedrożności oraz obecności niestabilnych blaszek miażdżycowych.

Tomografia komputerowa

Tomografia komputerowa ma duże znaczenie w różnicowaniu patologii OUN, wykrywaniu krwawień śródczaszkowych i guzów. Badanie to jest przydatne w przypadku podejrzenia PE, rozwarstwienia aorty, uszkodzenia mechanicznego głowy, narządów klatki piersiowej i jamy brzusznej.

4.1.7. Wstrząs

Marcin Fijałkowski, Cezary Kępka,
Anna Kaźmierczak-Dziuk

Badania podmiotowe i przedmiotowe

Istnieje wiele stanów klinicznych, które mogą prowadzić do wstrząsu, czyli klinicznego stanu zagrożenia życia, w którym dochodzi do dysproporcji między zapotrzebowaniem a dostarczeniem odpowiedniej ilości tlenu do komórek organizmu. Na podstawie badań podmiotowego i przedmiotowego wyróżnia się wstrząs hipowolemiczny, kardiogeny, septyczny, anafilaktyczny i neurogeny. Zgodnie z najnowszymi wytycznymi pacjenta ocenia się pod kątem parametrów hipoperfuzji oraz hipotonii i określa jako „suchego”, „mokrego”, „ciepłego”, „zimnego”. Wstrząs kardiogeny może wynikać z upośledzenia czynności skurczowej lub utrudnionego napełniania komór. W najnowszych wytycznych ESC dotyczących ostrej niewydolności serca wprowadzono algorytm poszukiwania przyczyny pogorszenia stanu klinicznego prowadzącego do ostrej niewydolności serca — CHAMP (ACS, krytyczne nadciśnienie, ostre mechaniczne uszkodzenie mięśnia sercowego czy PE).

Elektrokardiografia

U pacjentów we wstrząsie, szczególnie kardiogenym, zapis EKG wyjątkowo rzadko jest prawidłowy. Można w nim dostrzec cechy ACS czy groźne zaburzenia rytmu serca.

Badanie radiologiczne klatki piersiowej

Badanie RTG jest podstawowym badaniem u chorych w ciężkim stanie, jeżeli można je wykonać przyłóżkowo. Przydatna jest ocena zastojów w krążeniu płucnym, obecności i ilości płynu w jamach opłucnowych oraz stanów zapalnych płuc. Można stwierdzić powiększoną sylwetkę serca. Wyko-

nuje się je kontrolnie po założeniu cenników czy wkłuc do żył głębokich.

Ultrasonografia płuc

Badanie USG płuc jest przydatne do oceny zastojów w krążeniu płucnym oraz ilości płynu w jamach opłucnowych.

Echokardiografia przezklatkowa

U pacjentów we wstrząsie TTE jest badaniem podstawowym; powinno być wykonane tak szybko, jak to tylko możliwe. Bardzo przydatne są mobilne aparaty przyłóżkowe i urządzenia kieszonkowe (ryc. 12). W trakcie badania należy się skupić na poszukiwaniu bezpośrednich przyczyn ciężkiego stanu pacjenta: istotnej dysfunkcji skurczowej mięśnia LV, ostrej wady zastawkowej, mechanicznych powikłania zawału serca, dysfunkcji protez zastawkowych, tamponady serca czy cech PE. W badaniu można ocenić pośrednie cechy hipowolemii, m.in. obrazując żyłę główną dolną. Zwykle badanie wykonuje się u pacjenta leżącego na wznak, w trakcie respiratoroterapii czy bezpośrednio po operacji kardiochirurgicznej, co utrudnia uzyskanie czytelnych projekcji. Mimo trudności technicznych i często pobieżnej przyłóżkowej akwizycji danych, warto dokonać podstawowych pomiarów, szczególnie wielkości RV i LV. Należy również pamiętać o ograniczonej przydatności frakcji wyrzutowej lewej komory — ostra niedomykalność mitralna lub aorta nie musi prowadzić do jej obniżenia.

Echokardiografia przezprzełykowa

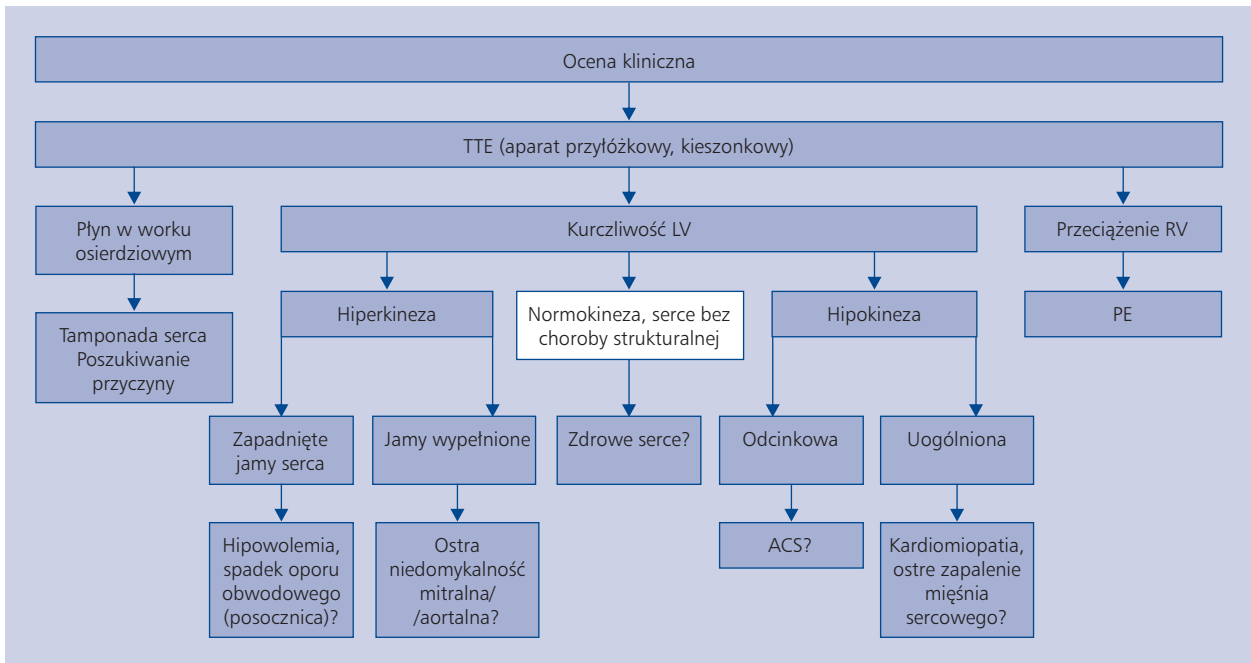
U pacjentów z podejrzeniem wstrząsu kardiogenego, u których TTE, często z powodu złych jakościowo obrazów, nie dało odpowiedzi diagnostycznej, można rozważyć TEE. Ma ono szczególne zastosowanie u pacjentów z ostrymi wadami zastawkowymi, np. ostrą niedomykalnością mitralną lub aortalną oraz z ostrymi dysfunkcjami protez zastawkowych. Badanie zawsze w pierwszej kolejności musi dostarczyć informacji o przyczynie wstrząsu.

Tomografia komputerowa

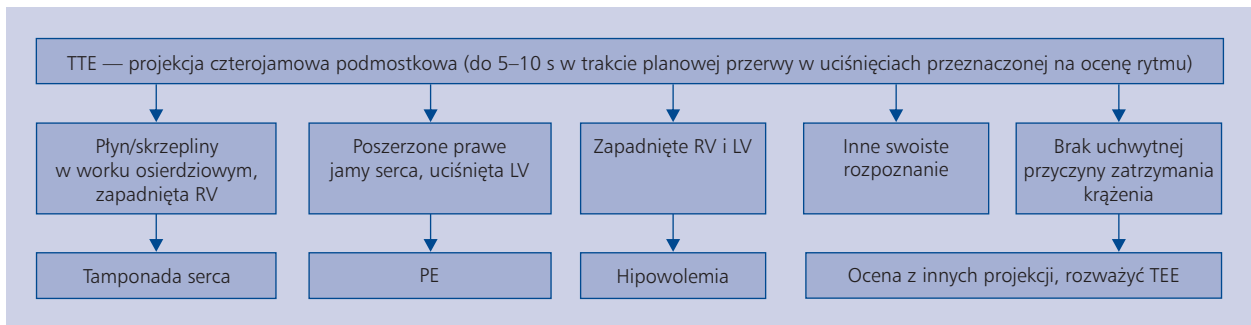
Rola CT we wstrząsie kardiogenym jest ograniczona. W przypadku podejrzenia pęknięcia serca (wolnej ściany, przegrody międzykomorowej, mięśnia brodawkowatego), urazu klatki piersiowej, ostrej wady zastawkowej lub rozwarstwienia aorty CT może pełnić rolę pomocniczą po niediagnostycznym badaniu echokardiograficznym.

Rezonans magnetyczny

Trudności monitorowania pacjentów podczas badania oraz długi czas akwizycji obrazów praktycznie uniemożliwiają zastosowanie MRI u pacjentów we wstrząsie kardiogenym. Po ustabilizowaniu stanu klinicznego badanie może być przydatne w diagnostyce przyczyn lewo- lub/i prawokomorowej niewydolności serca, m.in. w przebiegu zawału i zapalenia mięśnia sercowego.



Rycina 12. Algorytm diagnostyki echokardiograficznej u pacjenta we wstrząsie; ACS — ostry zespół wieńcowy; PE — zatorowość płucna; LV — lewa komora; TTE — echokardiografia przezklatkowa; RV — prawa komora



Rycina 13. Rola badania echokardiograficznego w trakcie zabiegów resuscytacyjnych; LV — lewa komora; PE — zatorowość płucna; RV — prawa komora; TEE — echokardiografia przezprzełykową; TTE — echokardiografia przezklatkowa

Badania z zakresu medycyny nuklearnej

Metody radioizotopowe nie znajdują zastosowania w ocenie pacjentów we wstrząsie. W dalszej diagnostyce, po opanowaniu stanu ostrego, metody medycyny nuklearnej mogą być przydatne w określeniu przyczyny choroby będącej substratem wstrząsu kardiogenego (pozawałowe uszkodzenie mięśnia sercowego, zator płucny, IZW).

4.1.8. Zatrzymanie krążenia i resuscytacja krążeniowo-oddechowa

Marcin Fijałkowski, Karol Miszański-Jamka, Anna Kaźmierczak-Dziuk

Resuscytacja krążeniowo-oddechowa może się odbywać na oddziałach intensywnej opieki, ale również na innych

oddziałach szpitalnych, izbie przyjęć czy poza szpitalem. Przy zabiegach resuscytacyjnych można wykorzystać dobrej klasy przyłóżkowy aparat mobilny, ale przydatne są przenośne aparaty kieszonkowe. Wykonywanie badania echokardiograficznego w trakcie reanimacji wymaga dużego doświadczenia, szybkiego uzyskiwania diagnostycznych obrazów w krótkim czasie i ich natychmiastowej interpretacji (ryc. 13).

Echokardiografia przezklatkowa

Głównymi celami badania TTE w czasie resuscytacji są ustalenie przyczyny (odwracalnej lub nie) nagłego zatrzymania krążenia oraz ocena skuteczności resuscytacji. Wykorzystuje się projekcję podmostkową czterojamową i uwidocznią obie komory i przedsionki, zastawki przedsionkowo-komorowe oraz osierdzie. Dostęp podmostkowy może być utrudniony,

Tabela 4. Kliniczne prawdopodobieństwo choroby wieńcowej na podstawie badania podmiotowego; białe pola — niskie prawdopodobieństwo (< 15%); szare i niebieskie pola — pośrednie prawdopodobieństwo (15–85%); w tym niebieskie pola — pośrednie wyższe prawdopodobieństwo (66–85%); czarne pola — wysokie prawdopodobieństwo (> 85%)

Wiek (lata)	Typowa dławica		Nietypowa dławica		Ból niedławicowy	
	Mężczyźni	Kobiety	Mężczyźni	Kobiety	Mężczyźni	Kobiety
30–39	59	28	29	10	18	5
40–49	69	37	38	14	25	8
50–59	77	47	49	20	34	12
60–69	84	58	59	28	44	17
70–79	89	68	69	37	54	24
> 80	93	76	78	47	65	32

np. z powodu drenów po zabiegach kardiologicznych. W trakcie krótkiego, ≤ 5–10 s, skanu serca (FEER, *Focused Echocardiographic Evaluation in Resuscitation Management*), w przerwie masażu zewnętrznego serca, przeznaczonego na ocenę rytmu należy ocenić: tamponadę serca, PE, hipowolemię, ostrą dysfunkcję skurczową mięśnia lewej i/lub prawej komory, rozwarstwienie aorty, mechaniczne powikłania zawału, ostrą dysfunkcję natywnych lub sztucznych zastawek. W celu oceny skuteczności reanimacji na podstawie uzyskanych obrazów należy informować lekarza przeprowadzającego zabiegi resuscytacyjne o powrocie lub braku czynności skurczowej LV czy narastaniu płynu w worku osierdziowym. Ocena funkcji skurczowej za pomocą echokardiografii jest bardzo przydatna podczas rozkojarzenia elektromechanicznego lub obecności stymulacji. W badaniu echokardiograficznym można zobrazować wykrzepniętą krew w jamach serca w nieskutecznych zabiegach resuscytacyjnych.

Echokardiografia przezprzełykowa

Badanie TEE powinno się rozważyć, jeżeli w TTE nie wykazano przyczyny zatrzymania krążenia, a obraz kliniczny wskazuje na jego przyczynę kardiologiczną.

Tomografia komputerowa

Rola CT w przypadku nagłego zatrzymania krążenia może polegać na wykluczeniu istotnych zwężeń w tętnicach wieńcowych u chorych cechujących się niskim/umiarkowanym prawdopodobieństwem choroby wieńcowej. Tomografia komputerowa może być także badaniem pomocniczym w stosunku do badania echokardiograficznego serca w precyzyjnym obrazowaniu stwierdzonych pozawieńcowych nieprawidłowości, które mogą odpowiadać za stan kliniczny chorego, także w obrazowaniu PE i rozwarstwienia aorty.

Rezonans magnetyczny

MRI nie stosuje się u chorych z zatrzymaniem krążenia poddawanych resuscytacji. Znaczenie diagnostyczne oraz prognostyczne po skutecznej resuscytacji ma wykrycie nieme-

go niedokrwienia powodującego groźne arytmie komorowe, ostrego zapalenia mięśnia sercowego, włóknienia miokardium jako substratu arytmicznego. Opóźnione wzmocnienie ma udowodnione niekorzystne znacznie prognostyczne np. u pacjentów z kardiomiopatią rozstrzeniową o etiologii innej niż niedokrwienność oraz po przebyciu ostrego zapalenia mięśnia sercowego. U pacjentów z podejrzeniem arytmogennej kardiomiopatii prawej komory badanie jest przydatne w dokładnej ocenie objętości, globalnej i regionalnej kurczliwości RV oraz umożliwia wykrycie zajęcia LV. Badanie można wykorzystać do wykrycia strukturalnej choroby serca u sportowców oraz u krewnych osób z dziedzicznymi chorobami związanymi z wystąpieniem nagłego zgonu sercowego.

Badania z zakresu medycyny nuklearnej

Metody radioizotopowe nie znajdują zastosowania diagnostycznego u chorych z zatrzymaniem krążenia.

4.2. STANY PRZEWLEKŁE

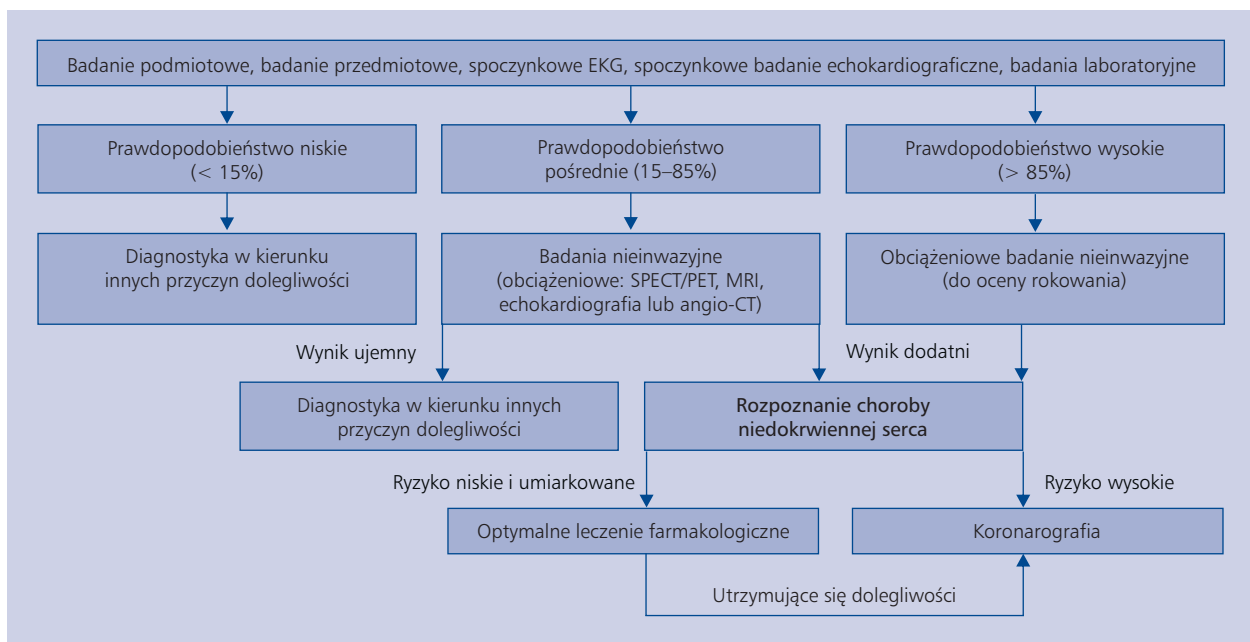
4.2.1. Ból w klatce piersiowej

Piotr Lipiec, Mariusz Kruk, Mirosław Dziuk

Badania podmiotowe i przedmiotowe

Rozdział ten poświęcono pacjentom z bólem dławicowym. Ból ten, zwykle zlokalizowany w klatce piersiowej, wywołany przez wysiłek/emocje, zmusza do zatrzymania się i ustępuje po odpoczynku lub przyjęciu nitrogliceryny. Wymaga różnicowania z innymi przyczynami bólu, gdy ma inny charakter. Badanie podmiotowe jest podstawowym elementem oceny wyjściowego prawdopodobieństwa stabilnej choroby wieńcowej, które, zgodnie z teorią Bayesa, determinuje dalsze postępowanie diagnostyczne (tab. 4).

Badanie przedmiotowe ma małe znaczenie, gdyż jego wynik może być prawidłowy. Możliwe jest stwierdzenie czynników ryzyka choroby wieńcowej lub objawów innych chorób mogących wywoływać dławicę piersiową, np. szmerów nad sercem w wadach zastawkowych lub kardiomiopatii przerostowej.



Rycina 14. Algorytm zastosowania nieinwazyjnej diagnostyki obrazowej u pacjenta ze stabilną dławicą piersiową; angio-CT — angiografia tomografii komputerowej; EKG — badanie elektrokardiograficzne; MRI — rezonans magnetyczny; PET — pozytonowa tomografia emisyjna; SPECT — tomografia emisyjna pojedynczego fotonu

Elektrokardiografia

Spoczynkowe 12-odprowadzeniowe EKG należy wykonać u każdego pacjenta z podejrzeniem choroby niedokrwiennej serca. Jest ono prawidłowe u > 50% takich badanych. Cechy świeżego niedokrwienia, przebytego zawału serca lub przerostu mięśnia lewej komory mają istotne znaczenie dla diagnozy i rokowania. Cennych informacji dostarcza zapis wykonany w trakcie bólu w klatce piersiowej — u ponad połowy pacjentów z prawidłowym spoczynkowym zapisem EKG pojawiają się zmiany odcinka ST-T lub pseudonormalizacja w razie ich przetrwałego obniżenia lub uniesienia. Pojawienie się w trakcie bólu zaburzeń przewodzenia może wskazywać na tło niedokrwienne zgłaszanych dolegliwości.

Echokardiografia

U każdego pacjenta z dławicą piersiową zaleca się wykonanie spoczynkowego badania echokardiograficznego w celu wykrycia odcinkowych zaburzeń kurczliwości, oceny frakcji wyrzutowej i czynności rozkurczowej lewej komory oraz wykluczenia innych przyczyn dławicy. Badanie u pacjentów ze stabilną dławicą piersiową ma ograniczoną wartość diagnostyczną — wynik prawidłowy nie wyklucza przewlekłej dławicy, ale ma istotne znaczenie rokownicze. Duże znaczenie diagnostyczne ma badanie echokardiograficzne wykonane w trakcie bólu (ujawnienie odcinkowych zaburzeń kurczliwości), co rzadko jest możliwe.

Elektrokardiograficzna próba wysiłkowa

Elektrokardiograficzna próba wysiłkowa na bieżni ruchomej lub ergometrze rowerowym jest wciąż najczęściej

wykonywanym badaniem obciążeniowym u pacjentów z podejrzeniem choroby niedokrwiennej serca. Jest przeprowadzana zarówno w celach diagnostycznych, jak i rokowniczych. Jej czułość i swoistość w diagnostyce choroby wieńcowej szacuje się, odpowiednio, na 45–50% i 85–90%. Próba nie jest przydatna u pacjentów z zespołem preekscytacji (zespołem Wolffa-Parkinsona-White'a), rytmem ze sztucznego stymulatora i całkowitym LBBB.

Nieinwazyjna diagnostyka obrazowa i badania obciążeniowe

Nieinwazyjne badania obrazowe u pacjenta z dławicą piersiową wykonuje się w celu:

- uwidocznienia zmian miażdżycowych lub niedokrwienia mięśnia sercowego;
- stratyfikacji oceny ryzyka zdarzeń CV.

Badania obciążeniowe oraz angio-CT tętnic wieńcowych mają zastosowanie u osób cechujących się wyjściowym pośrednim prawdopodobieństwem tego schorzenia (15–85%). Można zakładać, że u pacjentów obciążonych wysokim wyjściowym prawdopodobieństwem (> 85%) występuje stabilna choroba wieńcowa i badania obciążeniowe są wykorzystywane w celu stratyfikacji ryzyka, gdyż dostarczają rokowniczo istotnych informacji o tolerancji wysiłku, prognozie i obszarze indukowanego niedokrwienia (ryc. 14). Dokonując wyboru badania nieinwazyjnego, należy wziąć pod uwagę głównie jego dostępność, doświadczenie w interpretacji, narażenie na promieniowanie rentgenowskie, możliwość powikłań, np. pokontrastowych. W porównaniu z wysiłkowym

EKG obciążeniowe badania obrazowe charakteryzują się większą dokładnością diagnostyczną oraz dostarczają znacznej ilości istotnych, dodatkowych informacji, takich jak lokalizacja i obszar indukowanego niedokrwienia (patrz rozdz. 3.1–3.6). Są one więc preferowane, szczególnie w grupie pacjentów cechujących się wyjściowym prawdopodobieństwem choroby wieńcowej ocenianym na 66–85% oraz u osób ze spoczynkową frakcją wyrzutową < 50%.

Natomiast wysoka negatywna wartość predykcyjna angio-CT powoduje, że jest ona szczególnie polecana w grupie pacjentów cechujących się niskim pośrednim prawdopodobieństwem choroby (15–50%) oraz u osób obciążonych wyższym prawdopodobieństwem choroby, ale z niejednoznacznym wynikiem testu obciążeniowego. W przypadku niediagnostycznego wyniku badania obciążeniowego lub angio-CT należy rozważyć wykonanie kolejnego nieinwazyjnego testu zgodnie z kryteriami prawdopodobieństwa choroby wieńcowej przedstawionymi w tabeli 4.

U pacjentów z nawrotem dławicy po rewaskularyzacji preferuje się wykonanie obrazowego badania obciążeniowego. Warto podkreślić, że SPECT jest szczególnie przydatna u chorych z spoczynkowymi zmianami w EKG. Dodatkowo, u pacjentów niezdolnych do wykonania odpowiedniego wysiłku fizycznego, wskazane jest zastosowanie obciążenia farmakologicznego (adenozyna, dipirydamol, regadenoson).

4.2.2. Duszność

Andrzej Gackowski, Karol Miszański-Jamka,
Magdalena Kostkiewicz

Duszność przewlekła to podobne do opisanego w rozdziale 4.1.2 wrażenie braku powietrza, ale występujące bez istotnego nasilania się od dłuższego czasu (tygodnie, miesiące, lata). Przyczyną mogą być choroby układu oddechowego, układu CV, znaczna otyłość, wady budowy klatki piersiowej, choroby nerwowo-mięśniowe. Zwykle ma charakter wysiłkowy i wynika ze zmniejszenia ciśnienia parcjalnego tlenu w tkankach i krwi tętniczej jako wyraz dysproporcji między zaopatrzeniem a zapotrzebowaniem tlenowym. Wrażenie duszności może być subiektywne i nie mieć podłoża w chorobach organicznych, a jedynie tło psychogenne. Istotne znaczenie mają rozróżnienie typu duszności i czynników ją prowokujących oraz obecność nadciśnienia tętniczego, chorób serca, płuc, nowotworów, krwawień, chorób układu nerwowego i mięśniowego w przeszłości itd. W badaniu przedmiotowym konieczne są: dokładne osłuchiwanie serca i płuc, ocena obecności obrzęków i wypełnienia żył szyjnych, palpacja wątroby, ocena częstotliwości i miarowości rytmu serca, pomiar ciśnienia tętniczego.

Elektrokardiografia

Prawidłowy zapis EKG nie wyklucza, ale znacznie zmniejsza prawdopodobieństwo istotnej, powodującej dusz-

ność, choroby serca. Częste nieprawidłowości u pacjentów z kardiologiczną przyczyną duszności to zaburzenia rytmu (zwłaszcza AF), przerost komór lub przedsionków, obecność patologicznych załamków Q, zmian ST-T, zaburzeń przewodzenia. Elektrokardiografia jest badaniem pomocniczym i nie różnicuje przyczyny duszności, ale jej nieprawidłowy wynik, wskazujący na patologię serca i/lub chorobę naczyń, powinien być powodem przeprowadzenia dalszej diagnostyki.

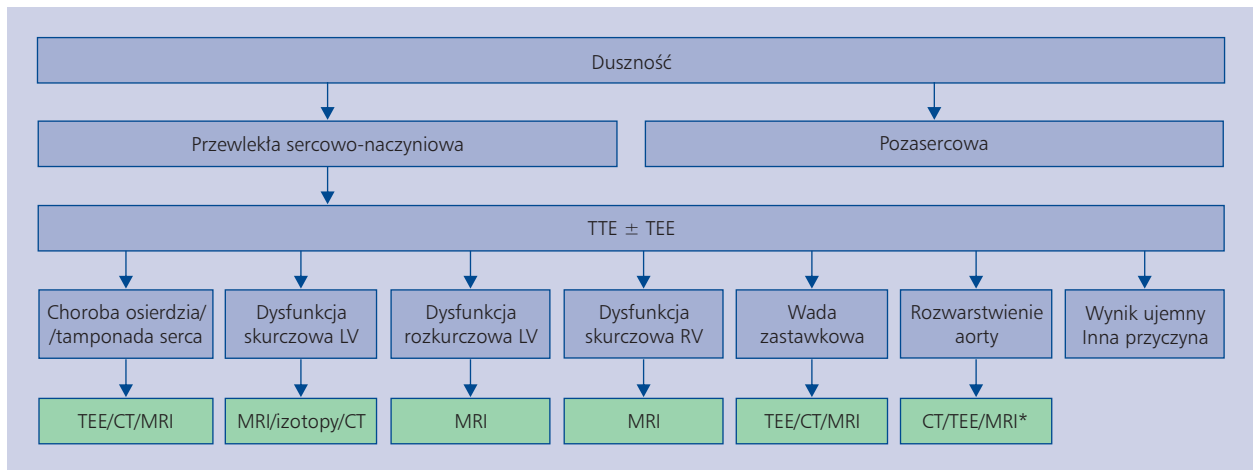
Echokardiografia

Echokardiografia przezklatkowa jest badaniem obrazowym pierwszego wyboru pozwalającym wykryć większość kardiologicznych przyczyn duszności: dysfunkcję zastawek, odcinkowe lub globalne zaburzenia kurczliwości oraz asynchronię czynności mięśnia sercowego, tamponadę serca, wady wrodzone itp. (ryc. 15). Daje możliwość oszacowania niektórych ciśnień wewnątrzsercowych, wielkości i czynności oraz grubości mięśnia komór serca. Badanie pozwala na wykluczenie niewydolności serca (podobnie jak prawidłowe stężenie peptydów natriuretycznych). Wykrycie kardiologicznej przyczyny duszności potwierdza kliniczne rozpoznanie niewydolności serca. Zakres badania echokardiograficznego musi uwzględniać wszystkie przyczyny duszności pochodzenia sercowego i zwykle jest bardzo szeroki. Jego omówienie przekracza zakres niniejszego opracowania (szczegóły w podręczniku Sekcji Echokardiografii PTK pt. „Echokardiografia kliniczna”, 2017).

Przydatność badania w PE opisano w rozdziale 4.1.1.4. Przewlekłe formy nadciśnienia płucnego prowadzą do przerostu mięśnia prawej komory, któremu towarzyszy wysokie ciśnienie w prawej komorze.

Tomografia komputerowa

Zaletą CT jest możliwość różnicowania wielu przyczyn przewlekłej duszności, tzn. chorób płuc lub chorób układu CV. Podejrzenie najbardziej prawdopodobnej przyczyny przewlekłej duszności wysuwa się na podstawie badania przedmiotowego, echokardiogramu oraz ewentualnych oznaczeń peptydów natriuretycznych. W przypadku podejrzenia duszności pochodzenia płucnego CT bez kontrastu stanowi metodę referencyjną diagnostyki i pozwala dokładnie różnicować liczne choroby płuc, m.in. bronchiectazje, sarkoidozę, rozedmę, zapalenie płuc, zwłóknienie płuc, histiocytozę, chorobę nowotworową. Tomografia komputerowa może ujawniać nieprawidłowości nawet w przypadku prawidłowego obrazu klatki piersiowej w badaniu RTG. W przypadku wysunięcia podejrzenia niewydolności serca głównym celem CT jest wykluczenie jej wieńcowego pochodzenia w sytuacji, gdy istnieje umiarkowane prawdopodobieństwo rozpoznania choroby wieńcowej. W przypadku podejrzenia PE metodą z wyboru stanowi angiografia tętnic płucnych, która pozwala na zobrazowanie tętnic płucnych co najmniej do poziomu naczyń segmentalnych. Badania wskazują, że ujemny wynik



Rycina 15. Algorytm diagnostyczny u pacjenta z przewlekłą dusznością; zielony kolor — obrazowanie wskazane, jeśli istotne dla decyzji terapeutycznej; *ograniczenia zastosowania MRI w rozwarstwieniu aorty opisano w rozdziale 4.1.1.3; CT — tomografia komputerowa; LV — lewa komora; MRI — rezonans magnetyczny; RV — prawa komora; TEE — echokardiografia przezprzetykowa; TTE — echokardiografia przezklatkowa

CT wystarczy do wykluczenia PE u chorych cechujących się niskim lub umiarkowanym prawdopodobieństwem. Z kolei wynik ujawniający obecność materiału zatorowego na poziomie segmentalnym lub wyższym pozwala rozpoznać PE u osób cechujących się pośrednim lub wysokim prawdopodobieństwem.

Rezonans magnetyczny

Rezonans magnetyczny ma szerokie zastosowanie w diagnostyce sercowych przyczyn duszności. Jest badaniem referencyjnym w ocenie objętości, masy oraz funkcji skurczowej LV i RV. Pozostaje szczególnie przydatny w przypadku lewokomorowej lub/i prawokomorowej niewydolności serca i jest najlepszym alternatywnym badaniem do oceny budowy i funkcji mięśnia sercowego (również prawej komory) w przypadku niezadowalającej jakościowo echokardiografii. Badanie to jest preferowaną metodą obrazową do oceny włóknienia miokardium. Wykonanie MRI z oceną opóźnionego wzmocnienia należy rozważyć w przypadku niewydolności serca w celu diagnostyki różnicowej nieniedokrwiennej i niedokrwiennej przyczyny uszkodzenia miokardium. U pacjentów z niewydolnością serca oraz chorobą wieńcową można rozważyć wykonanie MRI w celu oceny niedokrwienia i żywotności miokardium.

Rezonans magnetyczny zaleca się do oceny miokardium w przypadku podejrzenia zapalenia mięśnia sercowego, niescalenia mięśnia lewej komory i sarkoidozy. Jest również przydatny w różnicowaniu przerostu lewej komory w przebiegu kardiomiopatii przerostowej, amyloidozy lub choroby Fabry'ego. Badanie jest zalecane u pacjentów ze złożonymi wrodzonymi wadami serca. Ponadto MRI może być użyteczny

w przypadku sprzecznych wyników oceny ciężkości zmian w obrębie zastawek, zwłaszcza niedomykalności. Wreszcie, badanie MRI umożliwia ocenę osierdzia i płynu w worku osierdziowym. Może być przydatne w diagnostyce różnicowej między zaciskającym zapaleniem osierdzia a kardiomiopatią restrykcyjną.

Badania z zakresu medycyny nuklearnej

Subiektywne uczucie braku powietrza w wielu przypadkach klinicznych może stanowić ekwiwalent bólu dławicowego, szczególnie w populacji chorych na cukrzycę, a także u kobiet. Niezbędna jest wtedy diagnostyka niedokrwienia. Obciążeniowe badanie scyntygrafii perfuzyjnej SPECT umożliwia dokładną ocenę jakościową, a w przypadku techniki PET również ilościową niedokrwienia mięśnia sercowego. Ocena zaburzeń perfuzji w SPECT i PET pozwala także na określenie ich lokalizacji, co jest szczególnie ważne w przypadku choroby wielonaczyniowej, a także w sytuacji nawrotu dławicy po rewaskularyzacji.

Metody izotopowe są również wykorzystywane u chorych z już rozpoznaną pozawałową niewydolnością serca, podczas kwalifikacji do dalszych etapów leczenia. Stwierdzenie w metabolicznym badaniu PET-CT żywotnego mięśnia sercowego (patrz rozdz. 3.5) wskazuje na zasadność rewaskularyzacji wieńcowej.

W przypadku podejrzenia PE jako przyczyny duszności wykonuje się badanie scyntygrafii V/Q płuc (patrz rozdz. 4.1.2). Jeśli przyczyną duszności jest nadciśnienie płucne, to scyntygrafia V/Q jest metodą z wyboru w rozpoznawaniu przewlekłego zakrzepowo-zatorowego nadciśnienia płucnego.

4.2.3. Sinica

Mirosław Kowalski, Karol Miszański-Jamka,
Magdalena Kostkiewicz

Badania podmiotowe i przedmiotowe

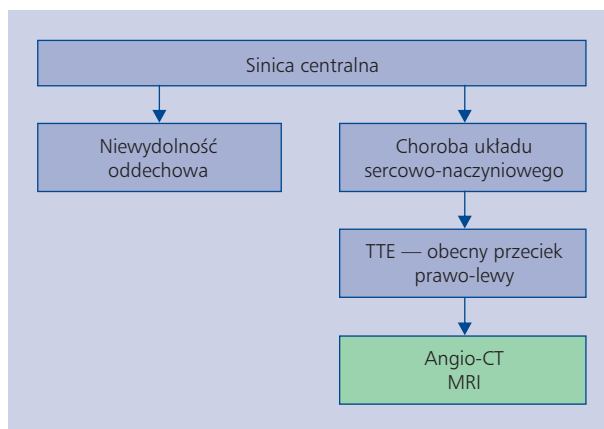
Podwyższone stężenie hemoglobiny odtlenowanej (> 5 g/100 ml krwi) powoduje sine zabarwienie skóry i śluzówek. Czas pojawienia się sinicy u chorego jest ważny dla poznania jej etiologii. Występowanie w wieku niemowlęcym wskazuje na wadę serca powodującą niedostateczne utlenowanie krwi w płucach lub jej mieszanie się w efekcie desaturację krwi tętnicznej. Pojawienie się sinicy wiele lat później wskazuje na narastanie płucnego oporu naczyniowego i odwrócenie pierwotnie lewo-prawego przecieku (zespół Eisenmengera). U chorych z dużym stopniem odtlenowania krwi i ciężką sinicą centralną pojawiają się senność, zaburzenia czucia, duszność, drżenie kończyn. W badaniu przedmiotowym zwracają uwagę zniekształcenie palców rąk i nóg w kształt pałeczek dobosza oraz paznokci przypominających szkiełka od zegarka. Sinicę mogą powodować nie tylko wady serca. Może ona towarzyszyć ciężkim zaburzeniom hemodynamicznym, obrzękowi płuc, niezależnie od przyczyny, a także zaawansowanym chorobom płuc. Inny charakter ma sinica obwodowa, której podstawowym czynnikiem jest nadmierne odtlenowanie hemoglobiny w krążeniu włośniczkowym. Sinica obwodowa, zwykle mniej nasilona niż centralna, występuje w obwodowych częściach kończyn, na małżowinach usznych i zewnętrznych częściach ciała.

Elektrokardiografia

Badanie EKG należy wykonać u każdego chorego z sinicą. Zapis może być prawidłowy w sinicy obwodowej, jeśli jej przyczyną nie jest choroba serca. W sinicy centralnej, wtórnej do wad wrodzonych serca oraz wtórnej do ciężkich zaburzeń oddychania, rejestruje się nieprawidłowości o typie przeciążenia jam prawego serca — blok prawej odnogi pęczka Hisa, przerost mięśnia prawej komory. Elektrokardiografia nie umożliwia różnicowania wad ze zmniejszonym przepływem płucnym i wad z wysokim oporem płucnym. Sinica występująca w patologii lewej części serca charakteryzuje się obrazem przerostu i przeciążenia lewej komory, cechami przebytego zawału, przeciążeniem lewego przedsionka. Elektrokardiogram wymaga interpretacji łącznie z danymi obrazowymi.

Elektrokardiograficzna próba wysiłkowa

Badanie wysiłkowe EKG pozwala na obiektywną ocenę wydolności fizycznej. Szczególnie wartościowy jest test ergospirometryczny, mający również znaczenie prognostyczne. Spośród kilku wykorzystywanych parametrów jednym z najważniejszych jest szczytowe pochłanianie tlenu (*peak VO₂*). Najniższe wartości *peak VO₂* obserwuje się u chorych z sinicą, zwłaszcza u pacjentów z zespołem Eisenmengera.



Rycina 16. Algorytm zastosowania diagnostyki obrazowej u pacjenta z sinicą centralną; zielony kolor — obrazowanie wskazane, jeśli istotne dla decyzji terapeutycznej; angio-CT — angiografia tomografii komputerowej; MRI — rezonans magnetyczny; TTE — echokardiografia przezklatkowa

Echokardiografia

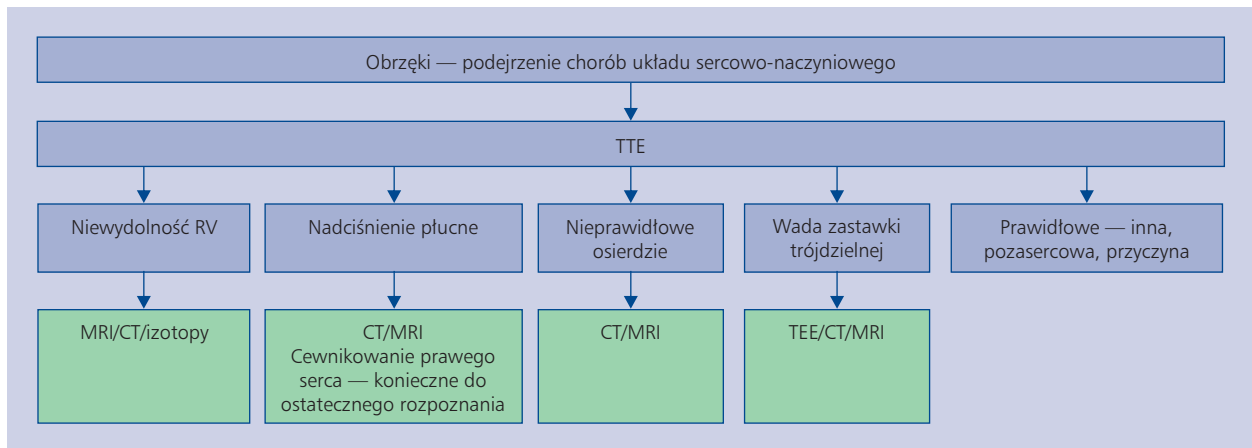
Zazwyczaj badanie echokardiograficzne pozwala ustalić przyczynę sinicy centralnej, zwykle związanej z przeciekiem wewnątrzsercowym, a w niektórych przypadkach — zewnątrzsercowym (ryc. 16). Przydatne może być badanie kontrastowe. Szczególnie ważne jest obrazowanie prawej komory, która często ulega przebudowie u tych chorych, a także odróżnienie przeciążenia ciśnieniowego od objętościowego. Metodami dopplerowskimi szacuje się ciśnienia w jamie prawej komory oraz w krążeniu płucnym. Obrazowanie echokardiograficzne zwykle nie wystarcza do określenia kalibru tętnic płucnych widocznych jedynie w proksymalnych odcinkach. Badanie przezprzełykowe zazwyczaj nie wnosi dodatkowych danych w tej grupie chorych.

Tomografia komputerowa

Tomografia komputerowa służy ocenie morfologii badanych struktur, nie jest natomiast możliwa ilościowa charakterystyka przecieków. Wysoka rozdzielczość przestrzenna i szybka akwizycja ułatwiają dodatkowo obrazowanie krążenia obocznego, szczególnie ważnego w ocenie niektórych wad wrodzonych, oraz mięszu płucnego. U chorych z tetralogią Fallota z wszczepionymi urządzeniami może stanowić alternatywę dla MRI serca, podobnie jak u pacjentów po operacji sposobem Fontana, w zależności od kluczowego pytania klinicznego.

Rezonans magnetyczny

U pacjentów z sinicą MRI ma szerokie zastosowanie, szczególnie w obrazowaniu wrodzonych wad serca. Badanie umożliwia dokładną ocenę anatomii serca, dużych naczyń i conduitów. W przypadku niezadowalającej jakościowo echokardiografii MRI jest badaniem alternatywnym, a w za-



Rycina 17. Algorytm zastosowania diagnostyki obrazowej u pacjenta z obrzękami; zielony kolor — obrazowanie wskazane, jeśli istotne dla decyzji terapeutycznej; CT — tomografia komputerowa; MRI — rezonans magnetyczny; RV — prawa komora; TEE — echokardiografia przezprzełykową; TTE — echokardiografia przezklatkową

kresie wielu wskazań uważane jest za metodę referencyjną. Należy do nich ocena morfologii, objętości, funkcji skurczowej i masy prawej komory, ocena ilościowa niedomykalności zastawki pnia płucnego, morfologii drogi odpływu prawej komory, tętnic płucnych, aorty, żył płucnych i systemowych, konduktów, krążenia obocznego, malformacji tętniczo-żylnych oraz anomalii tętnic wieńcowych. Ponadto MRI umożliwia ocenę ilościową przecieków (Qp:Qs) oraz charakterystykę tkanek, w tym ocenę włóknienia miokardium. Jest metodą z wyboru w ocenie anatomii zewnątrzsercowej, istotnej np. po operacji serca jednokomorowego.

Badania z zakresu medycyny nuklearnej

Badania radioizotopowe uzupełniają diagnostykę u chorych z sinicą w szczególnych przypadkach. U pacjentów z nadciśnieniem płucnym scyntygrafia V/Q płuc jest metodą przesiewową z wyboru w rozpoznawaniu przewlekłego zakrzepowo-zatorowego nadciśnienia płucnego. Scyntygrafia techniką pierwszego przejścia znajduje zastosowanie w przypadku jakościowej i ilościowej oceny przecieku u dzieci z sinicznymi wadami serca.

4.2.4. Obrzęki

Mirosław Kowalski, Karol Miszański-Jamka,
Anna Kaźmierczak-Dziuk

Badania podmiotowe i przedmiotowe

Do obrzęku prowadzi nadmierne gromadzenie się płynu w przestrzeni pozakomórkowej. Na przyczynę obrzęku wskazują jego lokalizacja, tryb życia pacjenta, współistnienie innych dolegliwości i dane w badaniu przedmiotowym. Jeśli przyczyną obrzęku jest niewydolność

serca, to w badaniu przedmiotowym należy zwrócić uwagę na ich rozległość.

Elektrokardiografia

Wykonanie spoczynkowego badania EKG jest wskazane, gdyż obrzęki lub przesięki do jam ciała mogą wynikać z przyczyn kardiologicznych.

Echokardiografia

Echokardiografia zwykle pozwala określić, czy przyczyną obrzęku jest choroba serca. W różnicowaniu należy wziąć pod uwagę szczegóły morfologiczne, czynność mięśnia, wartość ciśnienia w jamie prawej komory szacowaną z prędkości fali zwrotnej trójdzielnej. Istotnymi elementami badania są: średnica żył wątrobowych, szerokość żyły głównej dolnej oraz ich podatność oddechową, a także zwiększona objętość przedsionków (ryc. 17).

Tomografia komputerowa

Tomografia komputerowa może być przydatna w diagnostyce przyczyn obrzęków obwodowych w przypadkach podejrzenia niewydolności prawokomorowej w przebiegu PE, chorób osierdzia lub płuc, a także do wykluczenia choroby niedokrwiennej serca jako przyczyny niewydolności lewokomorowej.

Rezonans magnetyczny

W diagnostyce sercowych przyczyn obrzęków MRI jest szczególnie przydatny w przypadku niewydolności serca z zaburzeniem czynności RV oraz wysiękowego i zaciskającego zapalenia osierdzia. W porównaniu z echokardiografią MRI pozwala na dokładniejszą ocenę morfologii i czynności RV.

Badanie może być również przydatne do oceny zastawki trójdzielnej.

Badania z zakresu medycyny nuklearnej

Badania z zakresu medycyny nuklearnej są przydatne w określeniu, czy przyczyną obrzęków jest niewydolność serca w przebiegu choroby niedokrwiennej serca i jej powikłań. Dodatkowo techniki medycyny nuklearnej — scyntygrafia V/Q płuc — pozwalają wykluczyć PE jako mechanizm upośledzania funkcji prawej komory. Scyntygrafia V/Q jest metodą przesiewową z wyboru w rozpoznaniu przewlekłego zakrzepowo-zatorowego nadciśnienia płucnego ze względu na większą czułość niż angio-CT.

4.2.5. Upośledzenie tolerancji wysiłku

Marcin Fijałkowski, Cezary Kępką, Mirosław Dziuk

Badania podmiotowe i przedmiotowe

Upośledzona tolerancja wysiłku jest subiektywnym objawem zgłaszanym przez pacjentów jako duszność lub/i łatwe męczenie się powodowane aktywnością fizyczną wcześniej dobrze tolerowaną. Ważne są dane z wywiadu dotyczące wcześniejszych chorób układu CV lub oddechowego, występowania obrzęków kończyn dolnych, napadowej duszności występującej w nocy czy złej tolerancji leżącej pozycji ciała. W badaniu przedmiotowym należy zwrócić uwagę na objawy niewydolności serca. Na podstawie badań podmiotowego i przedmiotowego można z dużym prawdopodobieństwem potwierdzić lub wykluczyć przyczynę kardiologiczną obniżonej tolerancji wysiłku. Do pełnej diagnostyki kardiologicznej potrzebne są wyniki badań laboratoryjnych oraz obrazowania.

Elektrokardiografia

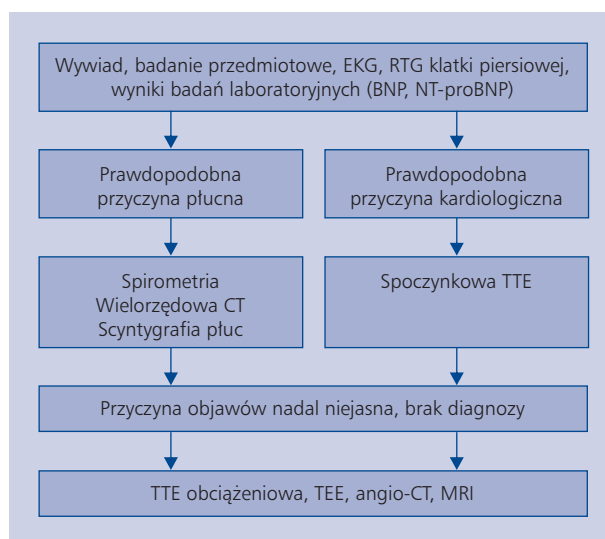
Podstawowe badanie, zwłaszcza w przypadkach nagłego pojawienia się objawów, to EKG. Jednoznacznie prawidłowy zapis znacznie obniża prawdopodobieństwo przyczyny kardiologicznej złej tolerancji wysiłku. Zastosowanie może mieć monitorowanie EKG metodą Holtera.

Echokardiografia przezklatkowa

Jedną z głównych przyczyn ograniczonej tolerancji wysiłku może być niewydolność serca, w diagnostyce której kluczową rolę pełni echokardiograficzna ocena pod kątem funkcji serca i/lub chorób strukturalnych (ryc. 18). Badania echokardiograficzne nie zaleca się jako elementu podstawowej strategii diagnostycznej u stabilnych hemodynamicznie chorych z prawidłowym ciśnieniem tętniczym, u których podejrzewa się PE — w tych przypadkach metodą z wyboru jest wielorzędowa CT.

Echokardiografia przezprzełykową

Badanie TEE może mieć zastosowanie w przypadkach wad zastawkowych serca, dysfunkcji protez zastawkowych,



Rycina 18. Algorytm diagnostyki obrazowej upośledzonej tolerancji wysiłku; angio-CT — angiografia tomografii komputerowej; CT — tomografia komputerowa; EKG — badanie elektrokardiograficzne; RTG — badanie rentgenowskie; BNP — peptyd natriuretyczny typu B; MRI — rezonans magnetyczny; NT-proBNP — N-końcowy fragment propeptydu natriuretycznego typu B; TEE — echokardiografia przezprzełykową; TTE — echokardiografia przezklatkowa

IZW czy wrodzonych wad serca, o ile TTE nie dostarczyła informacji niezbędnych do ustalenia przyczyny.

Echokardiografia obciążeniowa

Echokardiografia obciążeniowa może mieć zastosowanie w diagnostyce przyczyn obniżonej tolerancji wysiłku u osób z chorobą wieńcową, w wybranych scenariuszach klinicznych wad zastawkowych serca, takich jak niedomykalność mitralna czy zwężenie zastawki aortalnej. Szczególnie przydatna może być w ocenie dysfunkcji rozkurczowej mięśnia lewej komory i u chorych z obniżoną tolerancją wysiłku, zachowaną frakcją wyrzutową lewej komory i niejednoznaczną spoczynkową oceną rozkurczu lewej komory.

Tomografia komputerowa

Rola badania CT w diagnostyce upośledzonej tolerancji wysiłku jest analogiczna jak w przypadku przewlekłej duszności. Dodatkowo, w przypadku podejrzenia etiologii wieńcowej, u chorych cechujących się niskim-pośrednim (15–50%) prawdopodobieństwem CT może być badaniem pierwszego rzutu wykonanym w celu wykluczenia istotnych zwężeń w tętnicach wieńcowych.

Rezonans magnetyczny

Rola MRI w diagnostyce sercowych przyczyn upośledzenia tolerancji wysiłku jest podobna jak w przypadku duszności (patrz rozdz. 4.2.2).

Badania z zakresu medycyny nuklearnej

Dynamiczne próby radioizotopowe odgrywają dużą rolę w diagnostyce obniżonej tolerancji wysiłku. Pozwalają one na ocenę ukrwienia mięśnia sercowego, jego metabolizmu, unerwienia współczulnego, ogniska świeżej martwicy, funkcji komór — zarówno w spoczynku, jak i po wysiłku fizycznym. Następowe porównanie badań wysiłkowego i spoczynkowego pozwala potwierdzić bądź wykluczyć tło niedokrwienne. Leki rozszerzające naczynia (adenozyna, dipirydamol) mogą służyć do oceny perfuzji wieńcowej i mają znaczenie w diagnostyce obniżonej tolerancji wysiłku w przypadku LBBB. Dodatkowo wprowadzenie badania bramkowanego EKG oraz, w ostatnich latach, kamer hybrydowych (gammakamera SPECT lub PET w połączeniu z CT) zwiększyło możliwości diagnostyczne obrazowania ukrwienia miokardium o dane dotyczące kurczliwości mięśnia sercowego w wysiłku i w spoczynku, a także — dzięki CT — dokładną lokalizację ewentualnych zmian w tętnicach wieńcowych.

4.2.6. Omdlenie

Mirosław Kowalski, Karol Miszański-Jamka

Badania podmiotowe i przedmiotowe

Omdlenie jest wynikiem nagłego ograniczenia przepływu mózgowego z różnych powodów — sercowych (arytmie nadkomorowe i komorowe, zaburzenia przewodzenia), neurokardiogennych (omdlenie wazowagalne), neurologicznych, internistycznych. Różnicowanie przyczyn omdleń jest możliwe dzięki dobrze zebranemu wywiadowi i wnikliwemu badaniu przedmiotowemu. Omdlenia pochodzenia sercowego (incydenty Morgagniego-Adamsa-Stokesa) występują niezależnie od pozycji ciała i przebiegają najczęściej nagle, bez poprzedzającej aury; nie występują w ich przebiegu drgawki, bezwiedne oddanie moczu, stan splątania po epizodzie. W niektórych omdleniach pochodzenia sercowego czynnikiem wyzwalającym incydent jest wysiłek fizyczny (ciasne zwężenie zastawki aortalnej). Jeśli omdlenia lub utraty przytomności występują rodzinie, to ich przyczyny mogą mieć podłoże genetyczne (np. kardiomiopatia przerostowa, komorowe zaburzenia rytmu towarzyszące zespołowi wydłużonego QT). W omdleniach wazowagalnych elementami prowokacji są: zmiana pozycji ciała, mikcja, ból, widok krwi, bodziec psychiczny połączony z hiperwentylacją. Omdlenia towarzyszące ciężkiemu nadciśnieniu płucnemu mogą być poprzedzone kaszlem, a w zespole chorej zatoki — nagłym ruchem głowy. U osób starszych wśród czynników prowadzących do omdlenia wymienia się upośledzenie drożności tętnic mózgowych, odwodnienie, przyjmowanie środków naczyniorozszerzających: azotanów, antagonistów wapnia. Incydenty omdleń nie wymagają resuscytacji krążeniowo-oddechowej i nie pozostawiają ubytków neurologicznych.

Elektrokardiografia

Wynik spoczynkowego EKG często jest prawidłowy. W diagnostyce omdleń wykorzystuje się monitorowanie EKG metodą Holtera, nawet przedłużone do wielu dni. Zapis EKG rejestruje się także w czasie pionizacji, stresu, hiperwentylacji. Nieprawidłowości zapisu mogą wskazywać na kardiomiopatię przerostową, ciasne zwężenie zastawki aortalnej, zespół wydłużonego QT. Prowokacja omdlenia w czasie hiperwentylacji, wysiłku czy pionizacji jest wartościowym sposobem poznania ich przyczyny. W czasie prowadzenia wspomnianych prób monitoruje się zarówno rytm serca, jak i wartości ciśnienia tętniczego.

Elektrokardiograficzna próba wysiłkowa

Zastosowanie testu wysiłkowego w diagnostyce omdleń wiąże się z poszukiwaniem wysiłkowej arytmii, prowokowanej przez wzrost napięcia układu współczulnego. U pacjentów bez organicznej choroby serca rejestrowana w czasie testu arytmia ma łagodny charakter i nie wywołuje objawów klinicznych (np. zawroty głowy, omdlenia). Test wysiłkowy prowokuje jednak powysiłkową reakcję wagalną, obserwowaną w początkowej fazie odpoczynku. Stan ten charakteryzuje się błądzą, potliwością, nudnościami, a w najbardziej nasilonej formie — omdleniem. Rejestruje się wtedy gwałtowny spadek ciśnienia tętniczego i bradykardię.

Echokardiografia

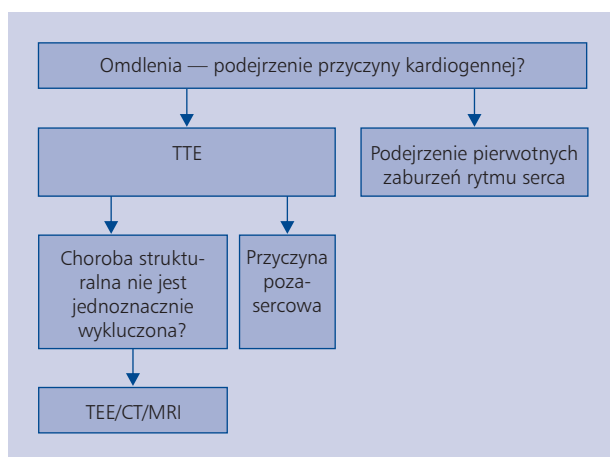
Wynik badania echokardiograficznego może być nieprawidłowy w przebiegu ciężkich chorób serca z zawężaniem wypływu krwi z jamy lewej komory (zastawkowe zwężenie aorty, kardiomiopatia przerostowa). Rzadką przyczyną omdlenia może być śluzak lewego przedsionka utrudniający przepływ przez zastawkę mitralną. Należy poszukiwać cech tętniczego nadciśnienia płucnego. Często w badaniu nie stwierdza się nieprawidłowości anatomicznych. W zdecydowanej większości przypadków diagnostyki omdleń obrazowanie echokardiograficzne jest wystarczające (ryc. 19).

Tomografia komputerowa

Rola CT serca i klatki piersiowej w diagnostyce omdleń polega przede wszystkim na wykluczeniu ich potencjalnych przyczyn spowodowanych chorobą niedokrwienną serca lub anomaliami tętnic wieńcowych. Metoda ta może być również pomocna w diagnostyce innych chorób mogących się objawiać omdleniem, np. PE, zespołu podkradania w zakresie tętnicy podobojczykowej, diagnostyce tętnic szyjnych i kręgowych.

Rezonans magnetyczny

Badanie MRI stosuje się w diagnostyce organicznych chorób serca, m.in. pozawałowego uszkodzenia serca, kardiomiopatii (np. przerostowej), chorób osierdzia oraz guzów



Rycina 19. Algorytm zastosowania diagnostyki obrazowej w rozpoznawaniu omdleń; CT — tomografia komputerowa; MRI — rezonans magnetyczny; TEE — echokardiografia przezprzełykową; TTE — echokardiografia przezklatkowa

serca (np. śluzaka). Można je również wykorzystać w przypadku podejrzenia anomalii tętnic wieńcowych, ale przydatność diagnostyczna CT w tym wskazaniu jest większa. Ponadto MRI ma zastosowanie szczególnie w obrazowaniu OUN.

4.2.7. Kołatanie serca

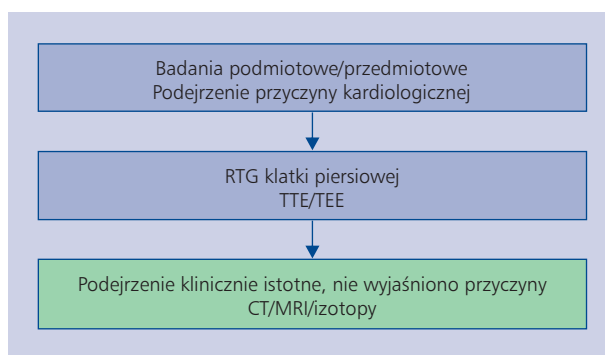
Mirosław Kowalski, Karol Miszański-Jamka

Badania podmiotowe i przedmiotowe

Subiektywne odczucie kołatania serca odnosi się do tachykardii, w tym zatokowej, pobudzeń dodatkowych i następujących po nich przerw wyrównawczych. Kołatanie pojawia się nagle. Może towarzyszyć licznym chorobom serca i dużych naczyń, może także być obecne przy prawidłowej anatomii układu CV, jako objaw towarzyszący napięciu emocjonalnemu, wysiłkowi. Kołatanie może wystąpić w zespołach hiperkinetycznych. Dobrze zebrany wywiad pozwala zawęzić rozpoznanie różnicowe. W ramach badania podmiotowego warto także się przyjrzeć stanowi emocjonalnemu pacjenta. Badanie przedmiotowe może ujawnić nieprawidłowości, jeśli kołatanie jest objawem wady wrodzonej, zastawkowej, choroby niedokrwiennej, niewydolności serca, a także wybranych chorób pozasercowych. Objawu nie należy bagatelizować, gdyż kołatania mogą wynikać z groźnych arytmii prowadzących do dekomensacji układu CV, utraty przytomności, a nawet nagłego zatrzymania krążenia.

Elektrokardiografia

Trudno jest zarejestrować kołatanie serca w momencie wykonywania spoczynkowego badania EKG, może jednak ujawnić nieprawidłowości wtórne do organicznej choroby



Rycina 20. Algorytm zastosowania diagnostyki obrazowej u pacjentów z kołataniem serca; zielony kolor — obrazowanie wskazane, jeśli istotne dla decyzji terapeutycznej; CT — tomografia komputerowa; MRI — rezonans magnetyczny; RTG — badanie rentgenowskie; TEE — echokardiografia przezprzełykową; TTE — echokardiografia przezklatkowa

serca. Diagnostykę kołatań i identyfikację arytmii poprawia wielogodzinne monitorowanie holterowskie.

Elektrokardiograficzna próba wysiłkowa

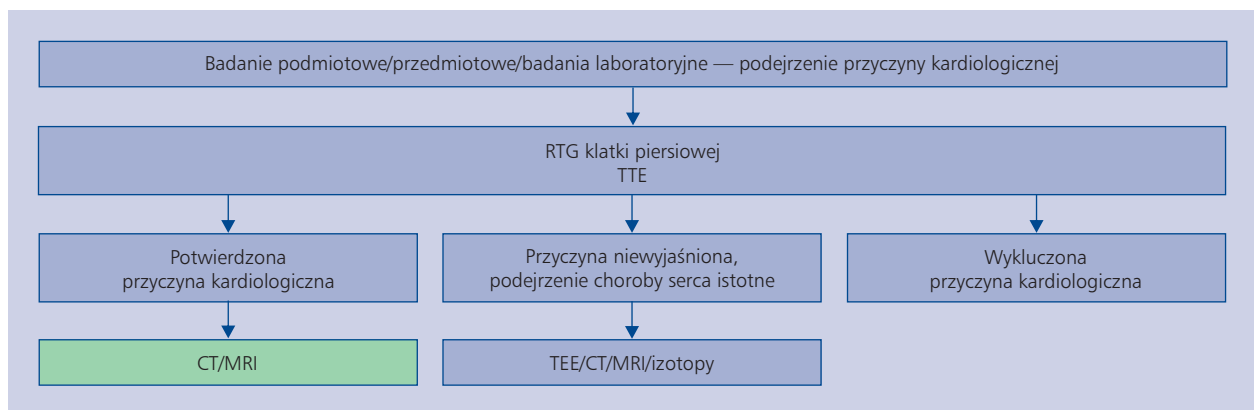
Test wysiłkowy jest wskazany u pacjentów z kołataniem serca. Jeśli pojedyncze przedwczesne skurcze nadkomorowe i komorowe ustępują w czasie wysiłku, to dowodzi łagodnego charakteru arytmii i nie wymaga dalszego postępowania. Jeśli arytmia nasila się w czasie wysiłku, zmienia swój charakter z pobudzeń pojedynczych na gromadne, to wskazuje na patologię układu CV i potrzebę poszerzenia diagnostyki.

Echokardiografia

Badanie echokardiograficzne jest niezbędne u pacjenta skarżącego się na kołatanie serca (ryc. 20). U dużej części chorych można na tym obrazowaniu poprzestać, zwłaszcza wtedy, gdy wykluczy się nieprawidłowości. U pacjentów, u których kołatanie są objawem choroby organicznej, echokardiografia ujawnia nieprawidłowości w zakresie budowy i wielkości komór, przedsionków, morfologii i czynności zastawek, funkcji mięśnia sercowego.

Tomografia komputerowa

Przydatność CT w ocenie arytmii polega na możliwości wykluczenia jej niektórych przyczyn, zwłaszcza choroby niedokrwiennej serca lub anomalii tętnic wieńcowych. Może być pomocna w diagnostyce wad wrodzonych serca, kardiomiopatii lub chorób zastawkowych w przypadkach, w których inne metody są przeciwwskazane (MRI serca w przypadku obecności urządzeń wszczepialnych) lub nie dostarczają optymalnych danych (np. złe warunki do oceny echokardiograficznej). Nasilone arytmie komorowe lub nadkomorowe



Rycina 21. Algorytm zastosowania diagnostyki obrazowej u pacjentów z kaszlem i krwiopłuciem; zielony kolor — obrazowanie wskazane, jeśli istotne dla decyzji terapeutycznej; CT — tomografia komputerowa; MRI — rezonans magnetyczny; RTG — badanie rentgenowskie; TEE — echokardiografia przezprzetykowa; TTE — echokardiografia przezklatkowa

(zwłaszcza AF) stanowią przeciwwskazanie do badania CT serca wykonywanego za pomocą urządzeń starszych generacji (64 warstwy). W przypadku wymienionych arytmii satysfakcjonujące wyniki diagnostyki serca można uzyskać, stosując aparaty o szerokim detektorze (≥ 256 rzędów) lub aparaty dwuźródłowe z detektorami > 64 warstw.

Rezonans magnetyczny

U pacjentów z kołataniem serca MRI wykorzystuje się w diagnostyce organicznych chorób serca, m.in. choroby niedokrwiennej, niewydolności serca, zapalenia mięśnia sercowego, kardiomiopatii, wad wrodzonych serca i wad zastawkowych. Nasilone arytmie, zwłaszcza liczna ekstrasystolia oraz bigeminia komorowa, zmniejszają wartość diagnostyczną MRI, ale nie stanowią przeciwwskazania do jego wykonania.

Badania z zakresu medycyny nuklearnej

Badanie radioizotopowe znajduje zastosowanie jako narzędzie diagnostyki choroby niedokrwiennej serca u pacjentów cechujących się jej umiarkowanym ryzykiem.

4.2.8. Kaszel, krwiopłucie

Mirosław Kowalski, Cezary Kępka,
Anna Kaźmierczak-Dziuk

Badania podmiotowe i przedmiotowe

Kaszel jest jednym z najczęstszych objawów, nie tylko chorób układu CV. Może być spowodowany zastojem krwi w łożysku żył płucnych i kapilar, ale również czynnikami infekcyjnymi, nowotworowymi, alergicznymi. Kaszlowi może sporadycznie towarzyszyć krwiopłucie. Dobrze zebrany wywiad dostarcza wiele informacji na temat etiologii kaszlu i krwiopłucia. Kaszel suchy, występujący w nocy wiąże się ze zwężeniem zastawki mitralnej. Jeśli kaszel pojawia się po wysiłku fizycz-

nym, to czynnikiem etiologicznym może być niewydolność serca, COPD. Kaszel połączony z wykrztuszaniem wydzieliny może być cechą przewlekłego zapalenia oskrzeli, choroby oskrzelowo-płucnej. Kaszel produktywny, pozostawiający jasne pasemka śluzu w wydzielinie, wskazuje na gruźlicę, rozstrzenie oskrzeli, nowotwór, zawał płuca. W rozpoznaniu przyczyny kaszlu ważne są objawy współwystępujące. Jeśli kaszlowi towarzyszy chrypka, może to świadczyć o ucisku na nerw kraniowy wsteczny przez powiększony lewy przedsionek lub tętnicę płucną. Krwiopłucie jest wynikiem przedostawania się krwinek do światła pęcherzyków płucnych. Do takiego stanu dochodzi w zawałe płuca, obrzęku płuc, pozapalnym uszkodzeniu i owrzodzeniu śluzówki oskrzeli. Często przyczyną krwiopłucia jest nadciśnienie płucne, w tym wady przeciekowe z odwróconym przeciekiem (zespół Eisenmenger), w przebiegu których dochodzi także do zaburzeń krzepnięcia. Jeśli krwiopłuciu towarzyszy spadek masy ciała w różnicowaniu należy wziąć pod uwagę nowotwór. W każdym przypadku trzeba spytać pacjenta o przyjmowane leki przeciwkrzepliwe. Nasilenie krwiopłucia może być bardzo różne — od różowego podbarwienia płwociny do masywnego krwotoku. Badanie przedmiotowe pozwala na dokończenie diagnostyki i wysunięcie podejrzenia, czy przyczyną kaszlu i krwiopłucia są choroby serca i dużych naczyń czy choroby układu oddechowego.

Elektrokardiografia

Badanie EKG jest konieczne u każdego pacjenta z kaszlem i krwiopłuciem. Uważa się je za uzupełniające, niekiedy potwierdza nieprawidłowości stwierdzone w badaniu przedmiotowym. Różne cechy elektrokardiograficzne obserwowane w chorobach układu oddechowego (obciążenie prawej komory i prawego przedsionka) i różne w przypadku zajęcia procesem chorobowym lewych jam serca wskazują

na potrzebę poszukiwania odpowiednich patologii metodami obrazowymi.

Echokardiografia

Nawet jeśli przyczyną kaszlu i krwiopłucia nie są choroby układu CV, a choroby układu oddechowego, to echokardiografia ujawnia nieprawidłowości w postaci poszerzenia tętnicy płucnej, powiększenia jamy prawej komory i/lub pogrubienia jej wolnej ściany, niedomykalności zastawki trójdzielnej. Echokardiografia jest podstawową metodą obrazowania w niewydolności serca, wadach zastawkowych i wadach wrodzonych. Jej celem jest ustalenie możliwej przyczyny wymienionych objawów (ryc. 21).

Tomografia komputerowa

Zaletami CT w diagnostyce krwiopłucia jest możliwość jednoczesnej diagnostyki zarówno chorób serca, jak i układu oddechowego, które mogą odpowiadać za obserwowane objawy. Tomografia komputerowa jest podstawowym badaniem w diagnostyce chorób płuc oraz oskrzeli i rekomenduje się ją do oceny krwiopłucia u chorych z masywnym krwiopłuciem oraz u pacjentów z grupy wysokiego ryzyka rozwoju

choroby nowotworowej (> 40 rż. i > 40 paczkolet), oraz u osób z nieprawidłowym obrazem RTG klatki piersiowej. W zakresie chorób serca i naczyń mogących odpowiadać za krwiopłucie CT pełni ważną rolę w diagnostyce PE, wad wrodzonych serca oraz anomalii naczyniowych w klatce piersiowej.

Rezonans magnetyczny

Rezonans magnetyczny serca odgrywa pomocniczą rolę w diagnostyce przyczyn kaszlu i krwiopłucia. Badanie może być użyteczne zwłaszcza w diagnostyce niewydolności serca oraz wad zastawkowych.

Badania z zakresu medycyny nuklearnej

Diagnostyka radioizotopowa nie jest metodą pierwszego wyboru w diagnostyce kaszlu i krwiopłucia. W ściśle określonych przypadkach badanie radioizotopowe można wykorzystać w diagnostyce różnicowej objawów. Badanie radioizotopowe stosuje się w rozpoznaniu PE (scyntygrafia V/Q). Badania PET są uznaną metodą w diagnostyce schorzeń nowotworowych i zapalnych płuc, a w szczególności schorzeń nowotworowych krtani.

Konflikt interesów: nie zgłoszono