



*REDAKTOR DZIAŁU
prof. dr hab. n. med.
Edyta Płońska-
-Gościński
Pracownia
Echokardiografii
Kliniki Kardiologii
PAM
w Szczecinie*

Kardiologia po Dyplomie
2010; 9 (6): 38

Szanowne Koleżanki, Szanowni Koledzy!

W tym numerze przedstawiono podstawowy problem echokardiograficzny – ocenę funkcji lewej komory serca. Kolejnym cyklicznym artykułem jest elementarz echokardiograficzny standardów ESC w ujęciu echokardiografisty – tym razem zajmujemy się oceną ryzyka okołoperacyjnego. Ponadto jak zawsze dydaktyczna zagadka echokardiograficzna.

Odbyły się niedawno dwa ważne dla Czytelników naszego działu szkolenia echokardiograficzne. Pierwsze to kwietniowy III Kongres Akademii po Dyplomie – Kardiologia w Warszawie, gdzie przedstawiliśmy podsumowanie elementarza echokardiograficznego wad serca ilustrowane przykładami klinicznymi, zagadką i pytaniami egzaminacyjnymi. Drugie ważne szkolenie to majowa Konferencja Sekcji Echokardiografii w Lublinie, gdzie przedstawiliśmy echokardiografię w ujęciu klinicznym, warsztat stenozy aortalnej z udziałem prof. Catheriny Otto i nowości technik echokardiograficznych. Oba szkolenia miały niebywałą frekwencję, a to najbardziej motywuje wszystkich autorów działu i wykładowców do dalszej aktywnej pracy.

Na końcu chciałam w imieniu swoim i wszystkich autorów piszących w dziale *Echokardiografia od podstaw* serdecznie podziękować Czytelnikom za uznanie naszego działu za najlepszy w roku. Otrzymanie tej najważniejszej nagrody dla autorów, i to kolejny raz, sprawia, że aktywność redakcyjną spełniamy z przyjemnością i najlepszą motywacją, jaką można otrzymać.

Edyta Płońska-Gościński

Elementarz echokardiograficzny: ocena czynności skurczowej lewej komory

Bohdan Firek

II Klinika Choroby Wieńcowej, Instytut Kardiologii w Warszawie

Adres do korespondencji

II Klinika Choroby Wieńcowej, Instytut Kardiologii w Warszawie
ul. Alpejska 42, 04-628 Warszawa

Kardiologia po Dyplomie 2010; 9 (6): 39-47

Ocena funkcji skurczowej i rozkurczowej lewej komory (LK) to jedno z najczęstszych zastosowań echokardiografii klinicznej. Ma zasadnicze znaczenie w diagnostyce, wyborze sposobu leczenia i ocenie rokowania u pacjentów z chorobą wieńcową, kardiomiopatiami, wadami serca i niewydolnością serca będącą ich następstwem.

Niniejsze opracowanie stanowi przegląd metod oceny funkcji skurczowej LK, stworzono go na podstawie aktualnych zaleceń i praktyki klinicznej. Funkcję skurczową LK ocenia się w oparciu o takie parametry, jak: wymiary jam serca, grubość ścian, objętość, kurczliwość ogólna i odcinkowa, wybrane parametry dopplerowskie. Zalecenia dotyczące sposobu ilościowej oceny tych parametrów zostały ujęte w raporcie wspólnej grupy roboczej American College of Cardiology (ACC), American Heart Association (AHA), American Society of Echocardiography (ASE) i European Association of Echocardiography (EAE) [1].

Ocena wymiarów lewej komory i grubości jej mięśnia

Wielkość lewej komory i grubość jej ścian można zmierzyć w obrazowaniu jednowymiarowym (M-mode) lub dwuwymiarowym (2D). Podczas mierzenia techniką M-mode prawidłową kontrolę położenia znacznika (prostopadle do długiej osi LK) umożliwia jednoczesna rejestracja projekcji poprzecznej (SAX) w badaniu dwuwymiarowym (ryc. 1). Oś przekroju LK powinna odpowiadać najmniejszemu wymiarowi poprzecznemu, co można uzyskać, umieszczając znacznik pomiarowy na poziomie wierzchołków płatków zastawki mitralnej. W ba-

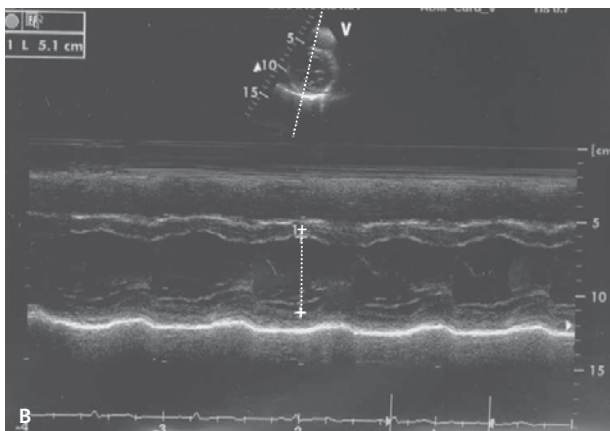
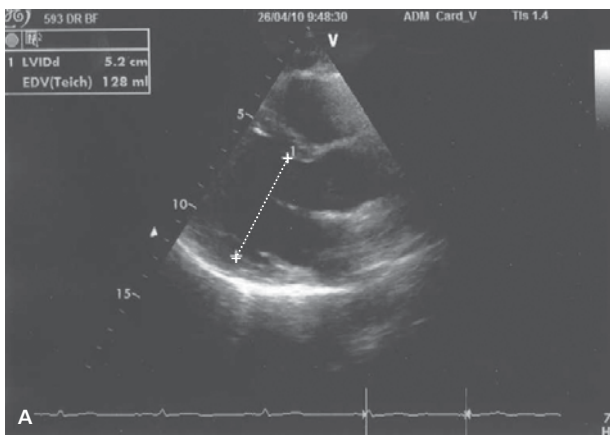
daniu 2D LK należy zmierzyć w projekcji przymostkowej długiej (LAX).

Zaletami badania metodą M-mode są dobra rozdzielczość czasowa i możliwość dokładnego różnicowania granicy mięśnia LK i struktur, np. nici ścięgnistych. Głównym ograniczeniem jest możliwość pomyłek wynikających ze skośnego położenia znacznika, szczególnie u osób z powiększeniem jam serca lub zniekształconą klatką piersiową. Zaletą techniki 2D jest właściwa orientacja osi przekroju lewej komory, co pozwala uniknąć zawyżenia pomiarów LK typowych dla badania jednowymiarowego.

Pomiarów dokonuje się w fazach końcoworozkurczowej i końcowoskurczowej. Pierwszą fazę definiuje się jako początek zespołu QRS elektrokardiogramu, czyli moment po zamknięciu zastawki mitralnej lub część cyklu serca, w którym oceniona wizualnie wielkość LK jest największa. Fazę drugą natomiast definiuje się jako moment poprzedzający otwarcie zastawki mitralnej lub część cyklu serca, w którym wielkość LK jest najmniejsza. Prawidłowa wielkość LK w rozkurczu wynosi u kobiet 3,9-5,3 cm, a u mężczyzn 4,2-5,9 cm [1]. W skurczu wartości te wynoszą średnio 2,0-3,4 cm.

Grubość przegrody międzykomorowej i tylnej ściany LK ocenia się w fazach końcoworozkurczowej i końcowoskurczowej techniką jedno- lub dwuwymiarową. Prawidłowa grubość mięśnia LK w rozkurczu wynosi 0,6-1,0 cm. Przerost mięśnia rozpoznaje się przy wartościach $\geq 1,1$ cm, natomiast przerost istotny przy wartościach $\geq 1,6$ cm.

Jakość obrazu w obecnie dostępnych nowoczesnych aparatach echokardiograficznych pozwala na pomiary na podstawie identyfikacji rzeczywistej granicy wsierdza i krwi w jamie serca, a nie – jak poprzednio zalecano –



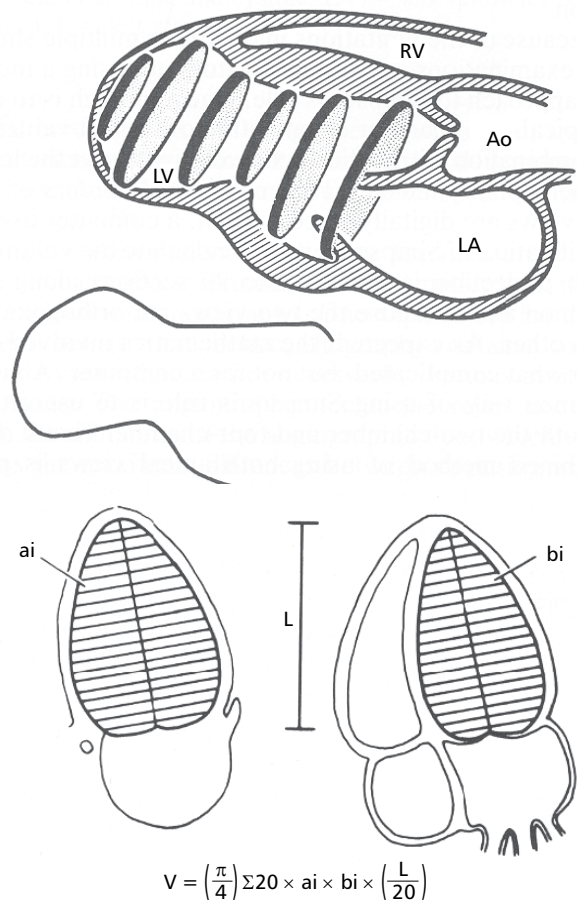
RYCINA 1

Sposób oznaczania wymiarów lewej komory w badaniu (A) dwuwymiarowym i (B) jednowymiarowym (przedstawiono pomiar wielkości lewej komory w rozkurczu).

z wykorzystaniem identyfikacji najsilniejszego echa. Obrazowanie w częstotliwościach harmonicznich, stanowiące standard w nowoczesnych echokardiografach, również ułatwia rozpoznanie granicy wsierdzia. Doniesienia z piśmiennictwa, wskazujące na możliwość zawyżenia pomiarów grubości mięśnia LK i zaniżania wymiarów wewnętrznych jamy LK, prawdopodobnie nie mają znaczenia praktycznego.

Ocena objętości lewej komory

Podstawą wyznaczenia objętości rozkurczowej (LVEDV) i skurczowej (LVESV) LK jest wykonanie obrysu linii wsierdzia w wybranych projekcjach. W tym celu wykorzystuje się projekcje koniuszkowe cztero- i dwujamową. Zaleca się mierzenie LK w obu tych projekcjach (metoda dwupłaszczyznowa), co zwiększa precyzję wyników. Obrysów dokonuje się w fazach końcoworozkurczowej i końcowoskurczowej zdefiniowanych jak wyżej. Linia obrysu pomija mięśnie brodawkowate, przebiega u ich podstawy. Podstawę LK wyznacza linia połączenia podstawy płatków zastawki mitralnej z pierścieniem mitralnym w odpowiednich projekcjach.



RYCINA 2

Sposób obliczania frakcji wyrzutowej lewej komory metodą Simpsona.

Zalecaną metodą obliczania objętości LK jest dwupłaszczyznowe sumowanie dysków według zmodyfikowanej formuły Simpsona (ryc. 2) [1,2]. Obliczeń dokonuje program komputerowy echokardiografu według zdefiniowanego wzoru. Gdy jakość obrazu uniemożliwia precyzyjny obrys wsierdzia, można zastosować metodę powierzchnia-długość. Konieczne jest wówczas wyznaczenie powierzchni przekroju LK w projekcji poprzecznej na poziomie mięśni brodawkowatych oraz długiej osi LK w projekcji koniuszkowej czterojamowej w skurczu i rozkurczu. Objętość LK wyznaczana jest według wzoru: $(5 \times \text{powierzchnia} \times \text{długość osi})/6$ [1,2]. W celu zobiektywizowania objętości LK u poszczególnych osób zaleca się indeksowanie jej wartości w stosunku do powierzchni ciała (tab. 1).

Ocena globalnej funkcji lewej komory

Ocena globalnej funkcji skurczowej LK jest jednym z większych wyzwań echokardiografii i jednocześnie przedmiotem wielu nieporozumień. Według większości lekarzy sprowadza się do wyznaczenia frakcji wyrzutowej LK. Powszechna znajomość tego wskaźnika wywodzącego się

TABELA 1 Wartości referencyjne objętości końcoworozkurczowej (LVEDV) i końcowoskurczowej (LVESV) oraz ich indeksacji w stosunku do powierzchni ciała (BSA) dla kobiet i mężczyzn

	Płeć	Norma	Nieznacznie zwiększona	Umiarkowanie zwiększona	Znacznie zwiększona
LVEDV (ml)	K	56-104	105-117	118-130	≥131
	M	67-155	156-178	179-200	≥201
LVEDV/BSA (ml/m ²)	K i M	35-75	76-86	87-96	≥97
LVESV (ml)	K	19-49	50-59	60-69	≥70
	M	22-58	59-70	71-82	≥83
LVESV/BSA (ml/m ²)	K i M	12-30	31-36	37-42	≥43

TABELA 2 Wartości frakcji skracania i frakcji wyrzutowej w odniesieniu do stopnia uszkodzenia lewej komory

Płeć	Norma	Nieznacznie obniżona	Umiarkowanie obniżona	Znacznie obniżona
Frakcja skracania lewej komory (%)				
K	27-45	22-26	17-21	16
M	25-43	20-24	15-19	14
Frakcja wyrzutowa lewej komory (%)				
K i M	≥55	45-54	30-44	30

z badania hemodynamicznego i utrwalenie jego roli dzięki udokumentowanej w wielu badaniach (V-HeVT, GISSI 2, SAVE) wysokiej wartości prognostycznej jest zrozumiałe.

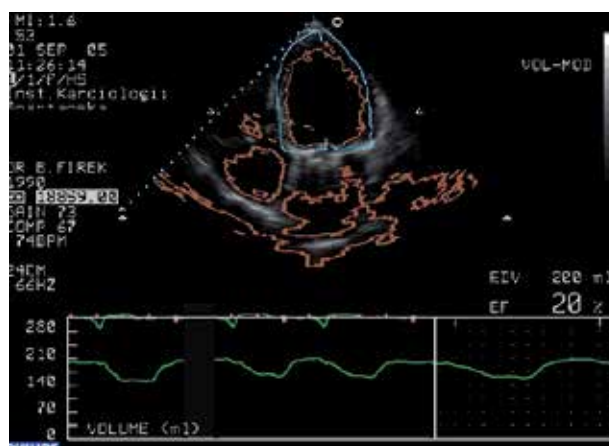
Frakcja wyrzutowa lewej komory (left ventricle ejection fraction, LVEF) jest obliczana według wzoru:

$$LVEF = (LVEDV - LVESV) / LVEDV \times 100\%$$

EF obliczana jest automatycznie przez program komputerowy echokardiografu na podstawie pomiarów objętości LK. Prawidłową EF oraz wartości odpowiadające różnym stopniom dysfunkcji LK przedstawia tabela 2.

Jednak echokardiograficzna ocena LVEF napotyka wiele trudności. Podstawą wyznaczenia objętości rozkurczowej i skurczowej LK jest precyzyjny obrys linii wsierdzia w badaniu 2D w wybranych projekcjach. Uzyskanie tej precyzji w nieselekcjonowanych grupach pacjentów kierowanych do pracowni echokardiograficznej jest często bardzo trudne. Dotyczy to przede wszystkim pacjentów z nadwagą, chorobami układu oddechowego (POChP, rozedma), a także pacjentów pozostających w przymusowej pozycji na wznak. Należy pamiętać, że uzyskane w badaniu 2D przekroje LK stanowią tylko przybliżony model jej rzeczywistego trójwymiarowego kształtu. Wszystkie pomiary są więc oparte na ekstrapolacji wybranych danych planimetrycznych na całą komorę. Ponieważ matematyczne wzory do obliczania objętości LK wymagają podniesienia uzyskanych wyjściowo wartości pomiarów do trzeciej potęgi, nawet niewielkie błędy pomiaru w ostatecznym wyniku się zwielokrotniają.

Te problemy są przyczyną różnic w wynikach pomiarów EF nie tylko między pracownikami i badającymi, lecz nawet w przypadku oznaczeń dokonywanych przez jedną osobę. Należy pamiętać, że LVEF nie jest obiektywną

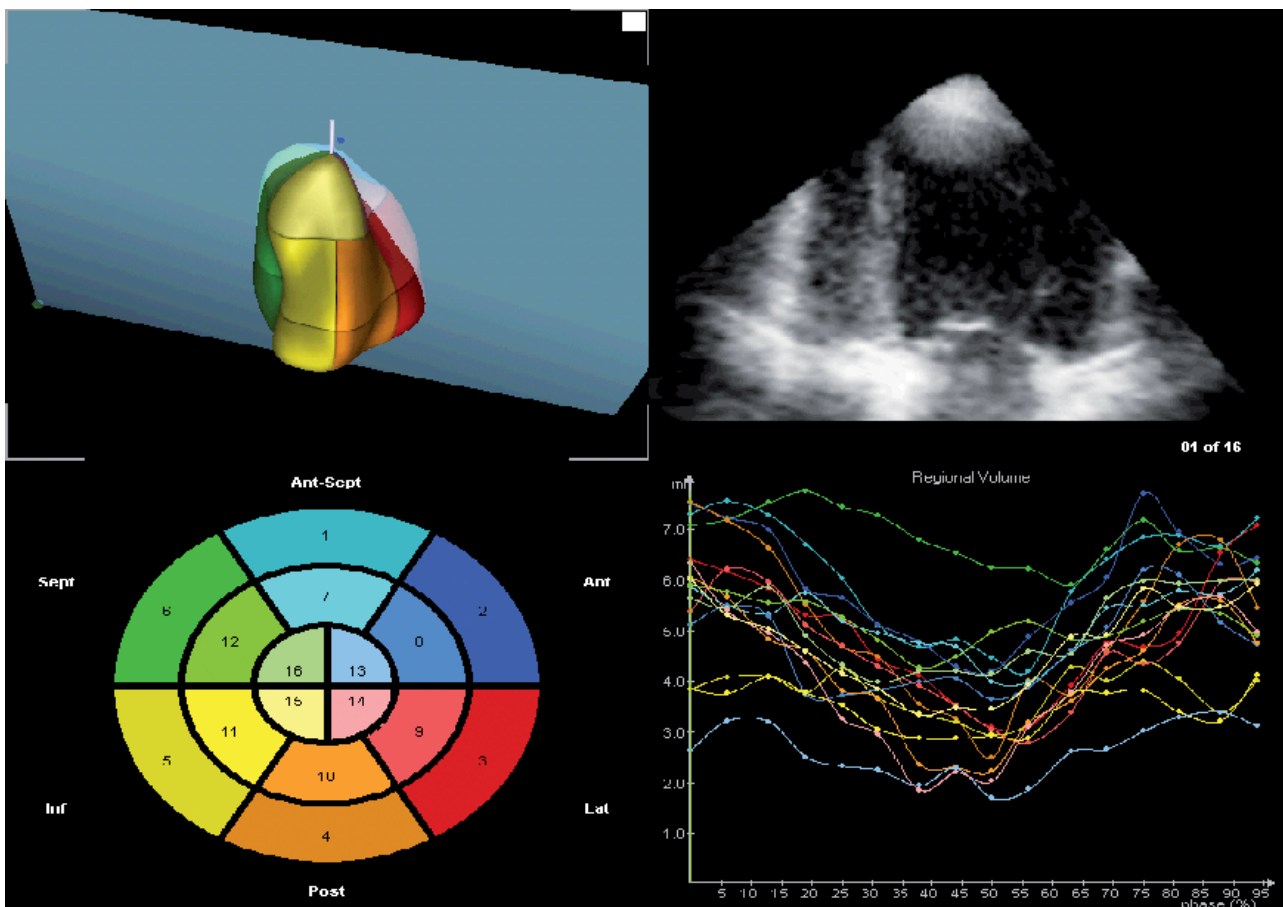


RYCINA 3

Ocena parametrów funkcji skurczowej lewej komory metodą automatycznej detekcji wsierdzia (AQ-EBD).

miarą czynności skurczowej LK, co wynika z zależności tego parametru od obciążenia wstępnego i następczego, stopnia wypełnienia łożyska naczyniowego, rodzaju i częstotliwości rytmu serca oraz określonych chorób zastawek. Frakcja wyrzutowa LK może być jednak zachowana w pewnym zakresie przy proporcjonalnym powiększeniu objętości rozkurczowej i skurczowej LK.

Mimo tych ograniczeń echokardiograficzna ocena LVEF ma istotne znaczenie. W codziennej praktyce często wystarcza podanie wartości orientacyjnych pozwalających zakwalifikować pacjenta do grup z prawidłową (LVEF ≥55%), łagodnie upośledzoną (LVEF 45-54%), umiarkowanie upośledzoną (EF 30-44%) lub ciężko upośledzoną funkcją skurczową (LVEF <30%) [3,4]. Udowod-



RYCINA 4

Ocena objętości lewej komory i frakcji wyrzutowej techniką echokardiografii trójwymiarowej w czasie rzeczywistym. Na podstawie zarejestrowanych w czasie rzeczywistym projekcji lewej komory (w tym przypadku akwizycji obrazu 3D z projekcji koniuszkowej 4-jamowej) możliwa jest przestrzenna rekonstrukcja kształtu komory oraz obliczenie wartości frakcji wyrzutowej dla całej komory oraz poszczególnych segmentów.

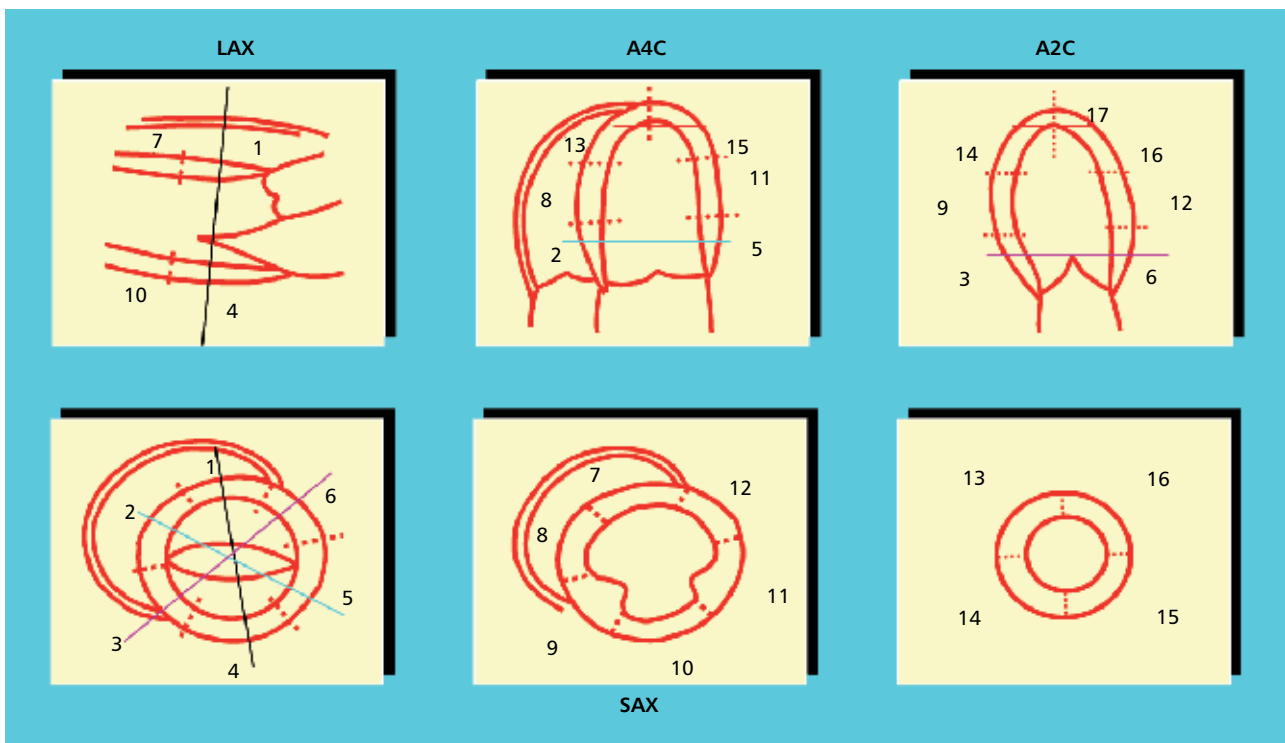
niono, że wiarygodne dane na ten temat doświadczony echokardiografista uzyskuje na podstawie jedynie wizualnej oceny kształtu i kurczliwości LK, bez dokonywania pomiarów planimetrycznych [5].

Znaczącą poprawę dokładności pomiarów objętości i frakcji wyrzutowej LK można uzyskać, stosując dożylnie echokardiograficzne środki kontrastowe, które ułatwiają identyfikację granicy wsierdzia. Jednak ze względu na koszt nie są one powszechnie dostępne. Ułatwieniem w ocenie EF jest także technika automatycznej detekcji wsierdzia (acoustic quantification-automated border detection, AQ-EBD) i stworzone na jej podstawie programy do automatycznej oceny objętości LK i EF. Jednak ta metoda sprawdza się jedynie u osób, u których w badaniu 2D dobrze widać wsierdzie (ryc. 3). Nie zaleca się obliczania EF z wykorzystaniem liniowych wymiarów LK w segmentach podstawnych (według wzoru Teichholza lub Quinonesa) ze względu na małą dokładność tych metod u chorych z odcinkowymi zaburzeniami kurczliwości LK.

Innym parametrem oceny globalnej funkcji skurczowej LK jest frakcja skracania (LVSF) wyznaczona według wzoru: $LVSF = (LVDD - LVSD/LVDD) \times 100\%$, w którym LVDD oznacza wymiar końcoworozkurczowy,

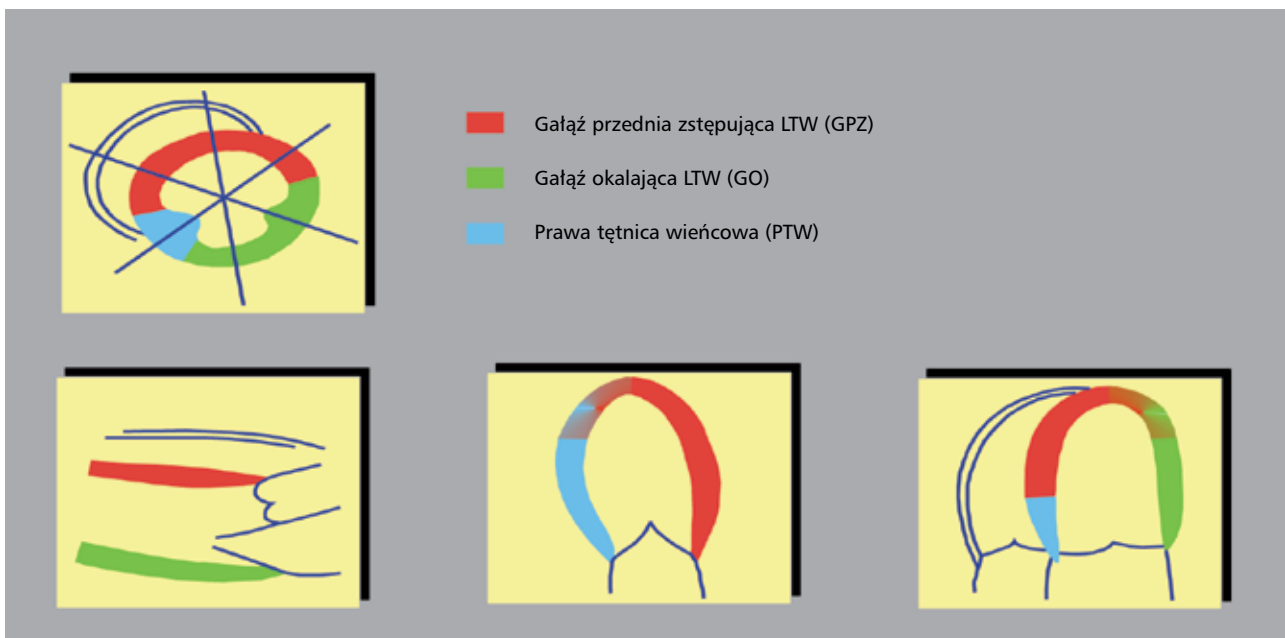
a LVDS – wymiar końcowoskurczowy LK. Wskaźnik ten, oparty na pomiarach liniowych uzyskanych techniką M-mode lub 2D w segmentach podstawnych LK, jest przydatny u chorych z nadciśnieniem tętniczym i przetojem mięśnia LK lub u pacjentów z wadami zastawek [1]. Natomiast u osób z odcinkowymi zaburzeniami kurczliwości po zawale serca nie powinien on być stosowany ze względu na nieuwzględnianie regionalnych zaburzeń geometrii LK. Odmianą tego parametru jest frakcja skracania włókien środkowych (mid-wall fractional shortening, MWFS), do wyznaczenia której służą odpowiednie wzory uwzględniające wymiary LK i grubość ścian [6]. Wskaźnik ten jest szczególnie przydatny u chorych z nadciśnieniem tętniczym.

Nowe możliwości oceny globalnej funkcji skurczowej stwarzają techniki echokardiografii trójwymiarowej (3DE), które w wersji pozwalającej na akwizycję wolumetrycznych obrazów w czasie rzeczywistym (real-time 3DE) są już dostępne w wielu echokardiografach średniej i wysokiej klasy (ryc. 4). W badaniach klinicznych wykazano ich dużą dokładność w ocenie objętości LK i frakcji wyrzutowej, porównywalną z tomografią komputerową i rezonansem magnetycznym [7,8]. Należy jednak pamiętać,



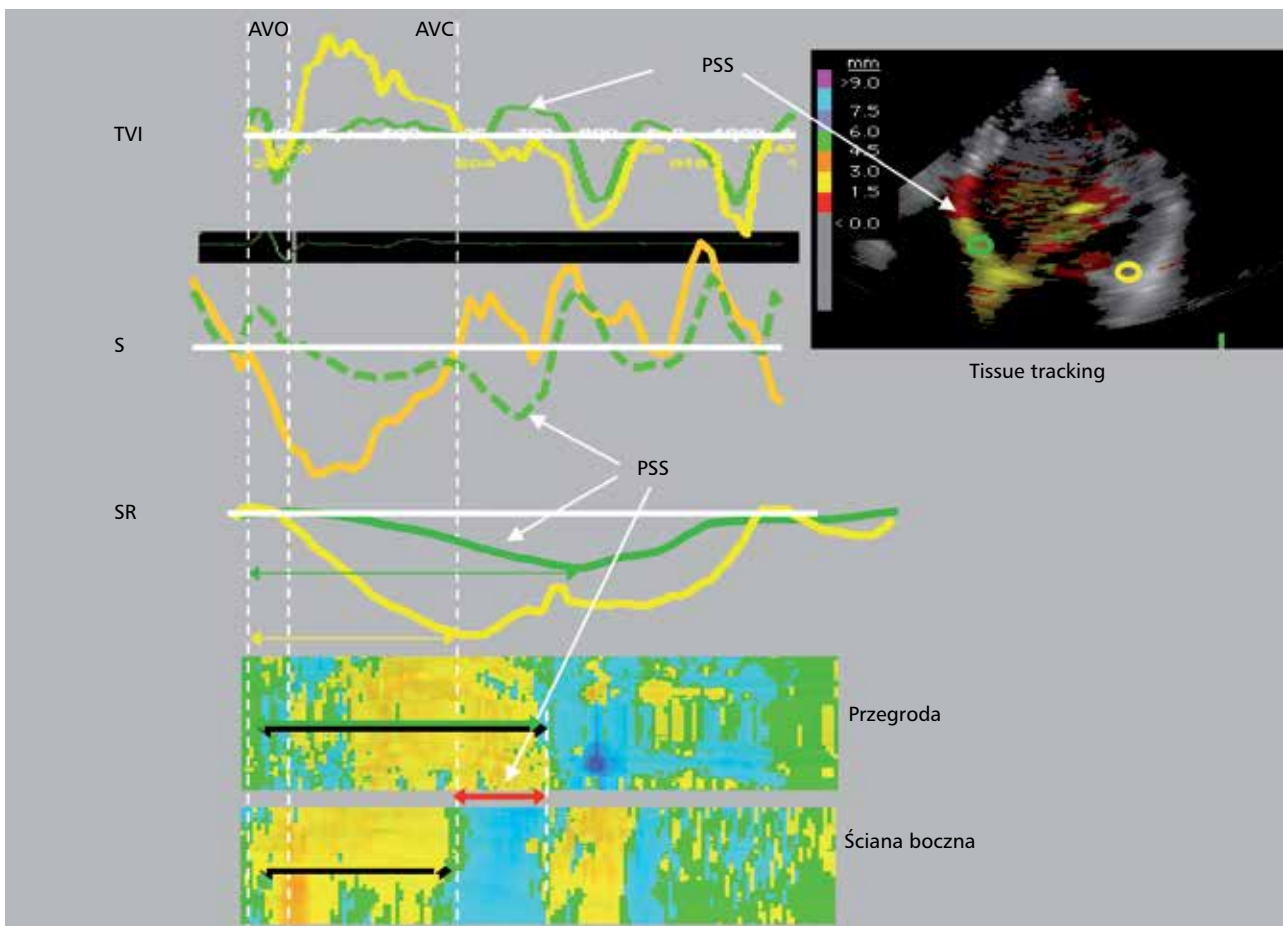
RYCINA 5

Podział lewej komory na segmenty: 1 – podstawny przednio-przegrodowy, 2 – podstawny dolno-przegrodowy, 3 – podstawny dolny, 4 – podstawny dolno-boczny, 5 – podstawny przednio-boczny, 6 – podstawny przedni, 7 – środkowy przednio-przegrodowy, 8 – środkowy dolno-przegrodowy, 9 – środkowy dolny, 10 – środkowy dolno-boczny, 11 – środkowy przednio-boczny, 12 – środkowy przedni, 13 – koniuszkowy przegrodowy, 14 – koniuszkowy dolny, 15 – koniuszkowy boczny, 16 – koniuszkowy przedni, 17 – dystalny fragment koniuszka (apical cap) bez jamy LK. LAX – projekcja przymostkowa długa, SAX – projekcja przymostkowa krótka, A4C – projekcja koniuszkowa 4-jamowa, A2C – projekcja koniuszkowa 2-jamowa.



RYCINA 6

Schemat zaopatrzenia lewej komory w krew przez poszczególne tętnice wieńcowe. Koniuszkowy segment ściany przednio-bocznej może być zaopatrywany przez GPZ, jak i GO, zaś koniuszkowy segment ściany dolnej przez PTW lub GPZ.



RYCINA 7

Zastosowanie doplera tkankowego do oceny funkcji lewej komory. Rejestracja w technice znakowanej kolorem (w tym przypadku metodą tissue tracking). Analiza podstawnych segmentów przegrody i ściany bocznej. Schemat górny: analiza prędkości ruchu tkanki (tissue velocity imaging, TVI), środkowy: odkształcenie (S-strain), dolny: tempo odkształcenia (strain rate, SR). Widoczne zjawisko skracania poskurczowego (post systolic shortening, PSS) w obrębie przegrody.

że dokładność RT3DE w znacznym stopniu zależy od jakości technicznej obrazów uzyskanych u danego pacjenta.

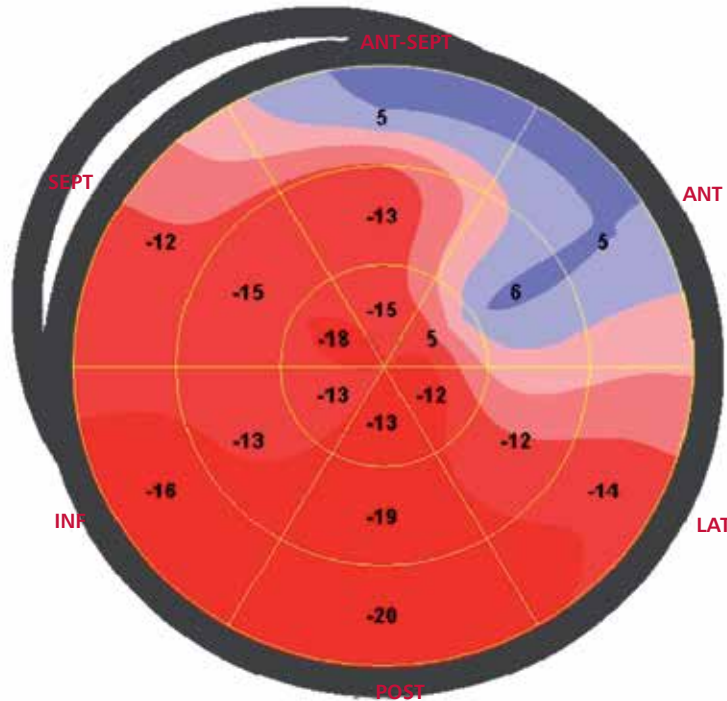
Parametry doplerowskie w ocenie funkcji LK

Objętość wyrzutową LK (stroke volume, SV), która może być miarą jej funkcji, można wyznaczyć jako iloczyn zmierzonej metodą doplera pulsacyjnego całki prędkości przepływu przez ujście tętnicze lewe w czasie skurczu (velocity time integral, VTI) i pola powierzchni ujścia ($A = \pi (d^2/2)$, gdzie d oznacza średnicę ujścia). Tak wyznaczona objętość wyrzutowa LK dobrze koreluje z pomiarami objętości dokonywanymi metodą planimetryczną i pozwala na wyznaczenie pojemności minutowej (cardiac output, CO) ze wzoru: $CO = SV \times HR$ i wskaźnika sercowego (cardiac index, CI) ze wzoru $CI = CO/BSA$ (w którym BSA oznacza pole powierzchni ciała).

Warto również ocenić prędkość przyrostu ciśnienia w LK (dP/dt) [9]. Jest to wskaźnik stosowany w badaniu hemody-

namicznym, którego główną zaletą jest niezależność od obciążenia wstępnego i następczego serca. Wyznacza się go, analizując spektrum doplera fali ciągłej niedomykalności mitralnej. Mierzy się czas (t), w jakim prędkość przepływu wzrasta z 1 m/s do 3 m/s, a więc ciśnienie (wg równania Bernoulliego) wzrasta z 4 mm Hg do 36 mm Hg (różnica = 32 mm Hg, a więc wskaźnik $dP/dt = 32/t \times 1000$ [mm Hg/s]). Wartości >1200 mm Hg/s uznaje się za prawidłowe, $dP/dt <1000$ mm Hg/s wskazuje na upośledzenie funkcji skurczowej LK, natomiast ≤ 500 mm Hg/s świadczy o ciężkim uszkodzeniu LK.

Obserwacje własne u pacjentów leczonych za pomocą stymulacji resynchronizującej (cardiac resynchronization therapy, CRT) wskazują, że dP/dt jest dobrym wyznacznikiem dysfunkcji LK wynikającej nie tylko ze stopnia ubytku kurczącego się miokardium, ale także z obecności dyssynchronii zależnej od zaburzeń przewodnictwa śródkomorowego. Wskaźnik ten jest także czułą miarą zmian w funkcji LK pod wpływem CRT. Zmiany dP/dt w odróżnieniu od LVEF obserwuje się bardzo szybko po zastosowaniu stymulacji dwukomorowej.



RYCINA 8

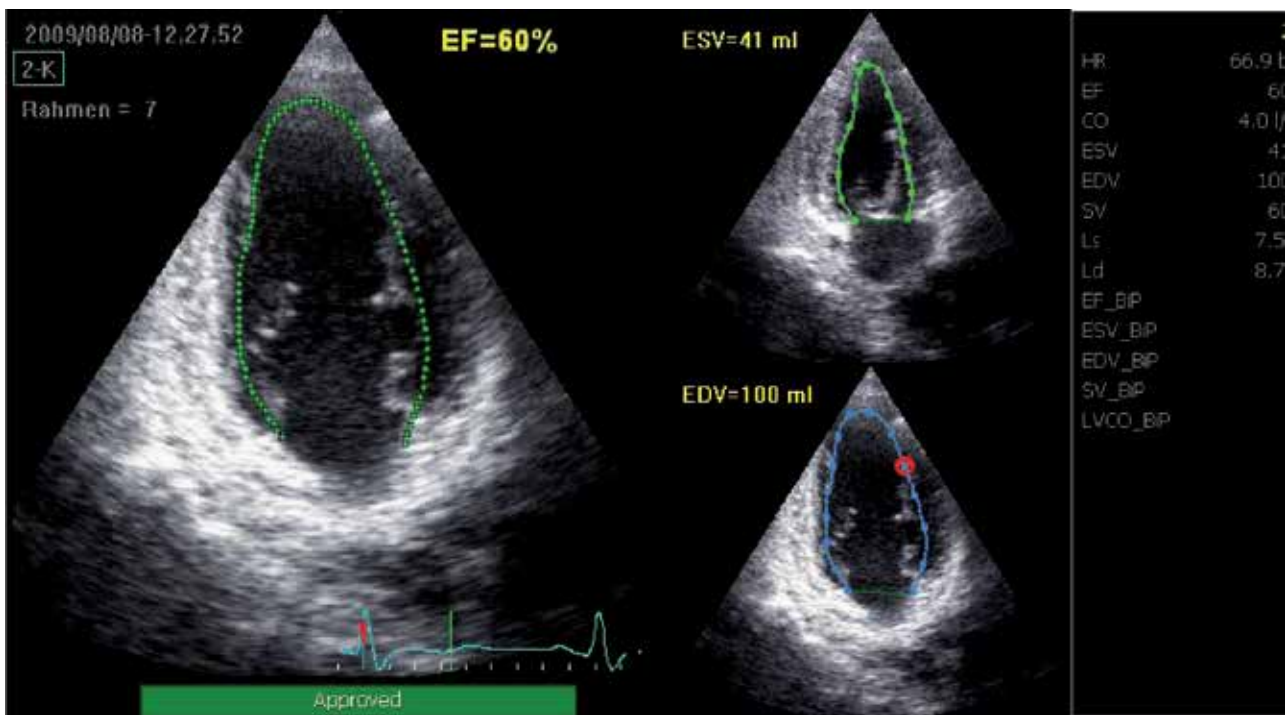
Ocena kurczliwości odcinkowej (automated function imaging, AFI) na podstawie analizy oceny odkształcenia podłużnego (longitudinal strain) mięśnia lewej komory metodą speckle tracking (śledzenia markerów akustycznych). Na górze rejestracja odkształcenia w projekcjach koniuszkowych 3-, 2- i 4-jamowych, na dole mapa polarna przedstawiająca rozkład regionalnych odkształceń komory w ocenie ilościowej i z zastosowaniem kodowania kolorem. Segmenty nieprawidłowo się kurczące nie wykazują ujemnych wartości odkształcenia, dodatkowo są kodowane jaśniejszymi kolorami.

Odcinkowa kurczliwość LK

Na podstawie typowych projekcji badania 2D opracowano schemat podziału LK na 16 segmentów, przydatny w ocenie regionalnej funkcji skurczowej [2]. Ostatnio zaproponowano podział na 17 segmentów (ryc. 5) uwzględniający dodatkowo segment koniuszkowy, nieobejmujący jamy LK [1]. Jest to próba ujednocnienia sposobu opisu segmentów LK w badaniu echokardiograficznym, badaniach radioizotopowych oraz metodą tomografii komputerowej i rezonansu magnetycznego. Zaleca się stosowanie tego podziału w badaniach perfuzji mięśnia sercowego oraz gdy trzeba porównać poszczególne techniki obrazowe. Podział na 16 segmentów jest właściwy dla badań oceniających przede wszystkim kurczliwość LK, co umożliwia stworzenie systemu półilościowej oceny funkcji LK, wyznaczając wskaźniki jej kurczliwości. Kurczliwość każdego segmentu ocenia

się następująco: normokineza (1 pkt), hipokineza (2 pkt), akineza (3 pkt), dyskineza – paradoksalny ruch skurczowy (4 pkt). Niektórzy uwzględniają także segmenty tętniakowate z bliźną pozawałową (5 pkt). Wskaźnik zaburzeń kurczliwości (wall motion score index, WMSI) to iloraz sumy punktów poszczególnych segmentów i liczby ocenionych segmentów. Warunkiem obliczenia tego wskaźnika jest możliwość uwidocznienia wszystkich lub prawie wszystkich segmentów przynajmniej w jednej projekcji. Przy prawidłowej kurczliwości wskaźnik ten wynosi 1, im większe są zaburzenia kurczliwości LK, tym większy jest WMSI. Pochodną WMSI jest odsetek segmentów z zaburzeniami kurczliwości.

Możliwa jest także szacunkowa ocena masy lewej komory objętej zaburzeniami kurczliwości. Przyjmuje się, że w modelu 16-segmentowym część podstawna, podobnie jak środkowa LK, stanowią odpowiednio po 37,5% jej masy, a koniuszek 25%.



RYCINA 9

Ocena objętości i frakcji wyrzutowej lewej komory techniką speckle tracking (śledzenia markerów akustycznych). Po stronie lewej: granice wsierdzia oznaczone automatycznie po zdefiniowaniu punktów granicznych w koniuszku i podstawie ściany dolnej i przedniej (projekcja koniuszkowa 2-jamowa). Po prawej: obliczone parametry hemodynamiczne.

Podział LK na segmenty pozwala skorelować określone segmenty z obszarami zaopatrywanymi w krew przez poszczególne tętnice wieńcowe, co umożliwi identyfikację tętnicy odpowiedzialnej za niedokrwienie lub zawał (ryc. 6).

Należy pamiętać, że ocena echokardiograficzna może zawyżać wielkość obszaru, w którym kurczliwość jest zaburzona, w wyniku zjawiska pociągania segmentu o prawidłowej kurczliwości przez przylegające segmenty o zaburzonej kurczliwości lub też w związku z występowaniem zjawiska ogłuszenia mięśnia sercowego. Dla dokładnej oceny kurczliwości niezbędna jest analiza zarówno ruchu określonego segmentu, jak i przyrostu jego grubości (o co najmniej 30% od fazy rozkurczowej).

Nowe techniki echokardiograficzne w ocenie funkcji LK

Techniki tkankowej echokardiografii dopplerowskiej (tissue doppler imaging, TDI) są obecnie powszechnie wykorzystywane w ocenie czynności skurczowej i rozkurczowej LK. Najprostszą z nich jest pomiar prędkości ruchu tkanki metodą pulsacyjnego doplera spektralnego. Oznaczenie maksymalnych prędkości ruchu w osi długiej poszczególnych segmentów LK w skurczu (S') i odniesienie ich do standardowych wartości prawidłowych pozwala na ocenę kurczliwości odcinkowej [10]. Ocena S' jest jednak obciążona licznymi trudnościami technicznymi – wynik pomiarów w znacznym stopniu zależy od obciążenia komory, częstości rytmu serca, ruchu sąsiadujących segmentów, a przede wszystkim kąta pomiędzy

wiązką dopplerowską a długą osią badanego fragmentu tkanki. Parametrami wolnymi od niektórych z tych ograniczeń są odkształcenie (strain, ϵ) oraz tempo odkształcenia (strain rate, SR). Uzyskuje się je w analizie obrazów doplera tkankowego znakowanego kolorem, a ich wartości w poszczególnych analizowanych segmentach można przedstawić jako krzywe ich przebiegu w czasie cyklu serca (ryc. 7). Odkształcenie definiuje się jako zmianę długości badanego fragmentu tkanki w stosunku do wartości wyjściowej: $\epsilon = \Delta l = l - l_0$ i wyraża w procentach. Skurczowi odpowiadają wartości ujemne, za zakres prawidłowy dla osi długiej LK przyjmuje się -17 do -20%, zaś w osi krótkiej (radialnie) około 55% [11]. SR jest iloczynem różnicy prędkości dwóch badanych punktów tkanki i odległości pomiędzy nimi i wyrażony jest odwrotnością sekundy (s^{-1}), a za wartości prawidłowe uznaje się ok. $1,9 s^{-1}$ w osi długiej. Główną zaletą odkształcenia i jego tempa jest to, że nie zależą one od ruchów sąsiadujących segmentów, a więc odzwierciedlają rzeczywistą czynność skurczową i rozkurczową mięśnia sercowego. Analiza tych parametrów w osi krótkiej (w kierunku radialnym [radial strain]) daje nowe możliwości oceny mechaniki LK. Śledzenie zmian odkształcenia i SR w poszczególnych segmentach LK podczas cyklu serca pozwala także na analizę dyssynchronii śródkomorowej. Skracanie analizowanego fragmentu mięśnia serca w okresie rozkurczu izowolumetrycznego (po zamknięciu zastawki aortalnej [post systolic shortening, PSS]) przemawia za uszkodzeniem czynności skurczowej LK związanym z zaburzonym przewodzeniem śródkomorowym, ale może również wynikać z niedokrwienia.

Należy zaznaczyć, że również ocena odkształcenia i SR techniką dopлера tkankowego ma pewne istotne ograniczenia techniczne, do których należy przede wszystkim zależność wyników od kąta między wiązką doplerowską, co umożliwia analizę jedynie wybranych segmentów LK równoległych do wiązki.

Nowoczesną metodą, która umożliwia ocenę funkcji LK, jest technika śledzenia markerów akustycznych (speckle tracking echocardiography, STE), wykorzystująca odpowiednie algorytmy matematyczne do różnicowania parametrów mięśnia LK w skali szarości. Technika nie zależy od danych uzyskiwanych metodą dopлера tkankowego i pozwala na ocenę odkształcenia i jego tempa jednocześnie w 2 kierunkach dla każdego segmentu (2D strain/SR). Oprócz analizy odkształcenia i jego tempa w poszczególnych segmentach LK w celu oceny kurczliwości (ryc. 8) możliwe jest również wyznaczenie wskaźników, takich jak całkowite podłużne odkształcenie LK (global longitudinal peak systolic strain, GLPSS) czy wskaźniki rotacji LK. Znaczenie praktyczne tych parametrów zostało wstępnie wykazane w badaniach klinicznych [12], ale wymaga dalszej oceny. Wtórna analiza danych uzyskanych metodą ST pozwala także na wyznaczenie klasycznych parametrów hemodynamicznych, np. objętości LK i frakcji wyrzutowej (ryc. 9).

Ryciny 8 i 9 dzięki uprzejmości Pani Katarzyny Olszewskiej-Pawluczuk, GE Medical System Polska.

Piśmiennictwo

1. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, et al. Recommendations for chamber quantification. A report from the American Society of Echocardiography's Nomenclature and Standards Committee and Task Force on Chamber Quantification developed in conjunction with the American College of Cardiology Echocardiography Committee, American Heart

- Association and the European Association of Echocardiography, a branch of European Society of Cardiology. *Eur J Echocardiography* 2006, 7: 79-108.
2. Schiller NB, Shah PM, Crawford M, et al. Recommendations for quantitation of the left ventricle by two-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 1989, 2: 358.
3. Remme W, Swedberg K, et al: Guidelines for the diagnosis and treatment of chronic heart failure. *Eur Heart J* 2001, 22: 1527-1560.
4. Dickstein K (Chairperson), Cohen-Solal A, Filippatos G, et al. ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2008. The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure 2008 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association of the ESC (HFA) and endorsed by the European Society of Intensive Care Medicine (ESICM). *Eur Heart J* 2008, 29: 2388-2442.
5. Willenheimer RB, Israelsson BA, Cline, CM, et al. Simplified echocardiography in the diagnosis of heart failure. *Scand Cardiovasc J* 1997, 31: 9-16.
6. Simone D, Devereux R, Koren M, et al. Midwall left ventricular mechanics. An independent predictor of cardiovascular risk in arterial hypertension. *Circulation* 1996, 93: 259.
7. Kisslo J, Firek B, Ota T, et al. Real-Time volumetric echocardiography: the technology and the possibilities. *Echocardiography* 2000, 17: 773-779.
8. Johri AM, Passeri JJ, Picard MHT: Three dimensional echocardiography: approaches and clinical utility. *Heart* 2010, 96 (5): 390-397.
9. Chen C, Rodriguez Guerrero J, et al. Noninvasive determination of the instantaneous first derivative of left ventricular pressure using continuous wave Doppler echocardiography. *Circulation* 1991, 83: 2101.
10. Szyszka A, Siniawski H (red.). *Dopler tkankowy, podstawy*. Medipage 2008.
11. Pellerin D, Sharma R, Elliot P, et al. Tissue Doppler, strain and strain rate echocardiography for the assessment of left and right systolic ventricular function. *Heart* 2003, 89 (3): 9-17.
12. Geyer H, Caracciolo G, Abe H, et al. Assessment of myocardial mechanics using speckle tracking echocardiography: fundamentals and clinical applications. *J Am Soc echocardiogr* 2010, 23 (4): 351-369.

Odpowiedź ze str. 52

Odpowiedź:

Niedomykalność mitralna może, w wyniku wzrostu ciśnienia w tętnicy płucnej, prowadzić do dużej niedomykalności zastawki trójdzielnej. W przedstawionym przypadku patomechanizm choroby wydaje się jednak inny. Nie ma dowodu, by powodem rozstrzeni prawej komory była fala zwrotna mitralna (umiarkowana), ponieważ tętnica płucna jest nieposzerzona (ryc. 1), a wartość ciśnienia w prawej komorze liczona z fali zwrotnej trójdzielnej jest niska (ryc. 2). Istotna niedomykalność trójdzielna może także pojawiać się w sytuacjach niezwiązanych ze wzrostem ciśnienia w jamie prawej komory, takich jak: anomalia Ebsteina, przebyte IZW, uraz, zwyrodnienie śluzakowate, rakowiak, choroba niedokrwienności serca. U chorego, chociaż nie potwierdzono żadnej z wymienionych patologii, ujście trójdzielne jest szerokie i „ziewające” (ryc. 3), a funkcja prawej komory upośledzona (TAPSE 12 mm [ryc. 4]). Jako czynnik etiologiczny niedomykalności trój-

dzielnej można przyjąć obecność utrwalonego migotania przedsionków, będącego niezależnym czynnikiem przebudowy przedsionka i rozciągnięcia pierścienia zastawki. Pierścień z siodełkowatego spłaszcza się i przyjmuje okrężny kształt, a napięcie między mięśniami brodawkowatymi a płatkami zastawki wzrasta. Długotrwale migotanie przedsionków może także upośledzać funkcję prawej komory. Panuje przekonanie, że leczenie niedomykalności trójdzielnej za pomocą anuloplastyki lub wszczepienia zastawki powinno towarzyszyć leczeniu chirurgicznemu wad zastawki serca lewego. W przedstawionej sytuacji nie ma takich wskazań. Niedomykalność trójdzielna z niskim ciśnieniem w tętnicy płucnej najczęściej nie wymaga postępowania chirurgicznego. Leczenie operacyjne izolowanej ciężkiej niedomykalności trójdzielnej budzi kontrowersje. U osób z objawami można je rozważyć, ale w tym przypadku, ze względu na zaawansowany wiek chorego i objawy dużej niewydolności mięśnia prawej komory serca, decyzja taka nie została podjęta.