



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

Szanowne Koleżanki, Szanowni Koledzy!

W kwietniowym numerze kolejne artykuły z cyklu Nowe techniki w kardiologii, w tym w echokardiografii. Pierwszy artykuł stanowi praktyczne podsumowanie całego cyklu opisującego nowe techniki echokardiograficzne. Drugi omawia rolę echokardiografii w kolejnej nowoczesnej metodzie przeszskórnego leczenia wady serca, tym razem niedomykalności mitralnej. Trzecia publikacja dotyczy problemów związanych ze wszczepieniem pacjentowi urządzenia w praktyce klinicznej, co było także przedstawiane w ostatnich dwóch numerach działu Echokardiografia od podstaw. Dział tworzy także edukacyjna zagadka echokardiograficzna.

Zaczął się sezon wiosennych szkoleń, a więc do miłego zobaczenia na Kongresie *Kardiologii po Dyplomie* w Warszawie!

Edyta Płońska-Gościński

Nowe techniki w kardiologii: naukowy gadżet czy przydatne narzędzie?

Piotr Lipiec, Jarosław D. Kasprzak

II Katedra Kardiologii
Uniwersytetu Medycznego w Łodzi

Adres do korespondencji
dr hab. n. med. Piotr Lipiec
II Katedra Kardiologii
Uniwersytetu Medycznego w Łodzi
ul. Kniaziewiczza 1/5, 91-347 Łódź
e-mail: lipiec@ptkardio.pl

Kardiologia po Dyplomie 2011; 10 (4): 34-42

Wprowadzenie

Nowe techniki w echokardiografii to jeden z najbardziej dyskusyjnych tematów współczesnej ultrasonografii. Kontrowersje budzi już sama nazwa, ponieważ w większości są to metody o długiej historii: echokardiografia kontrastowa liczy sobie 40 lat, echokardiografia trójwymiarowa – 35 lat, we współczesnej formie – 20 lat, zaś tkankowa echokardiografia doplerowska – ok. 20 lat; mniej niż dekadę liczą tylko metody śledzenia markerów akustycznych i kieszonkowe echokardiografy. Wielu kardiologów sceptycznie podchodzi

do możliwości zastosowania ich w praktyce, uważając klasyczną echokardiografię za najbardziej rozwiniętą i wystarczającą technikę obrazową. Dostrzegają miejsce dla nowych technik tylko w wyspecjalizowanych ośrodkach akademickich, w których mogą one posłużyć do przygotowywania opracowań naukowych lub rozszerzonej diagnostyki wybranych przypadków. Z drugiej strony usłyszeć można głosy entuzjastów, którzy zwracają uwagę na duże możliwości, jakie nowe techniki mogą wnieść do praktyki klinicznej, a ich niedoskonałości uważają za możliwe do usunięcia w miarę postępu technologicznego.

Zamiarem autorów artykułu nie jest przekonywanie do któregośkolwiek z wymienionych punktów widzenia, lecz obiektywne przedstawienie stanu wiedzy i własnych doświadczeń dotyczących nowych technik echokardiograficznych i ich możliwości zastosowania w praktyce. By nie zostać jednak posądzonym o ukrytą agitację, autorzy na wstępie szczerze przyznają, że można ich zaklasyfikować jako umiarkowanych entuzjastów nowych technik w echokardiografii.

Echokardiografia trójwymiarowa

TECHNIKA BADANIA

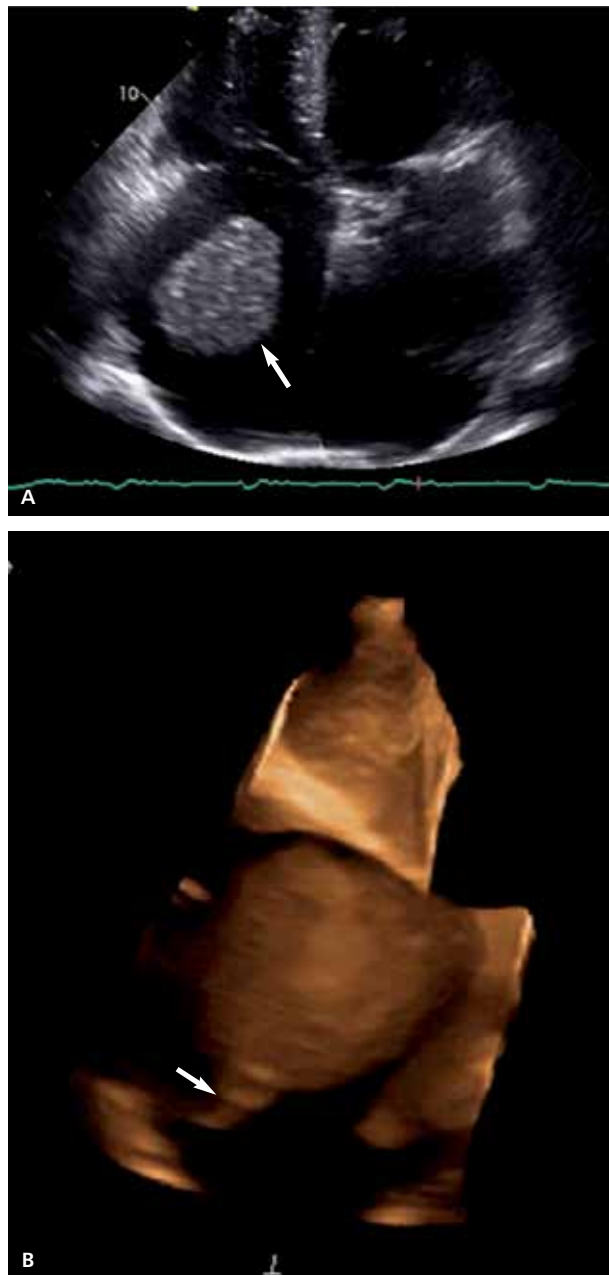
Najbardziej rozwiniętą i przydatną w codziennej praktyce nową techniką echokardiograficzną wydaje się echokardiografia trójwymiarowa (3-dimensional, 3D). Na początku badanie pozwalało rejestrować serie standardowych obrazów dwuwymiarowych z informacją o ich wzajemnym położeniu w przestrzeni, z których po zakończeniu badania tworzony był przestrzenny zbiór danych [1]. Wyniki badania wykonanego tą techniką zawierały informacje uśrednione z kilkudziesięciu cykli pracy serca i mogły być analizowane dopiero po cyfrowej obróbce danych. Mimo dodatkowych informacji uzyskanych na podstawie przestrzennych obrazów czas badania i liczne artefakty uniemożliwiały szersze stosowanie tej techniki. Dopiero wprowadzenie technologii badania 3D w czasie rzeczywistym (real-time/live 3D echocardiography), najpierw w badaniach przezklatkowych, a następnie przezprzełykowych, pozwoliło na jej wdrożenie do praktyki klinicznej [2]. W aparatach wyposażonych w tę technologię przetwornik umieszczony w głowicy generuje wiązkę ultradźwięków w kształcie piramidy, co pozwala zobrazować cały fragment objętości serca i umożliwia ocenę uzyskiwanych obrazów w czasie rzeczywistym [3]. Oczywiście możliwe jest też zapisanie danych przez komputer i późniejsza ich analiza. Gdy wielkość piramidy jest niewystarczająca do objęcia całej struktury, którą chcielibyśmy uwidocznić (np. poszerzoną lewą komorę), można automatycznie zarejestrować w kolejnych cyklach pracy serca sąsiadujące piramidy, które aparat połączy w jeden zbiór danych (full volume mode).

Prezentacja wyników badania 3D odbywa się na standardowym dwuwymiarowym ekranie, jednak dzięki zastosowanym technikom cieniowania obrazy te dają wrażenie anatomicznej perspektywy. W obrębie zarejestrowanego zbioru danych można wybrać dowolny obszar zainteresowania i płaszczyznę przekroju serca zbliżoną do uzyski-

wanego w trakcie operacji kardiologicznej. Możliwa jest również prezentacja zbioru danych w postaci równoległych lub współosiowych dwuwymiarowych przekrojów, np. w przypadku oceny lewej komory w postaci serii projekcji w osi krótkiej lub trzech projekcji koniuszkowych.

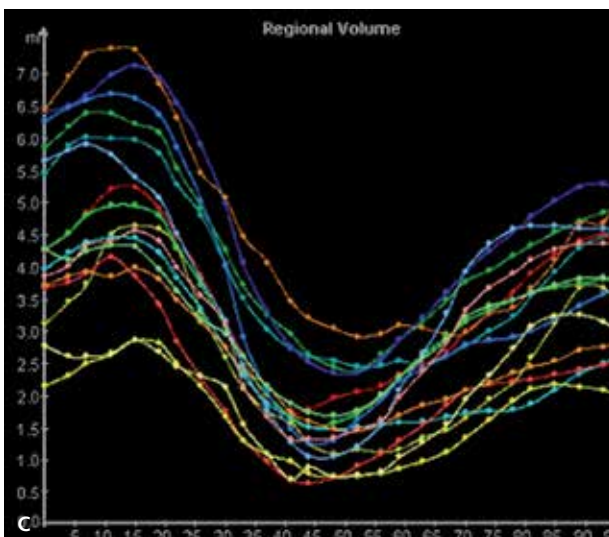
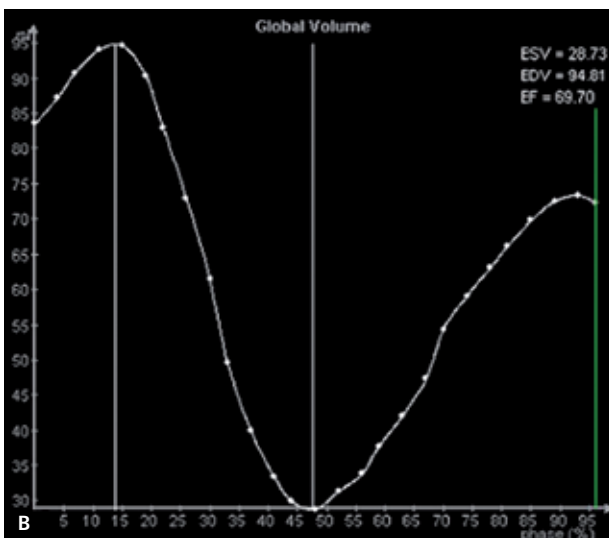
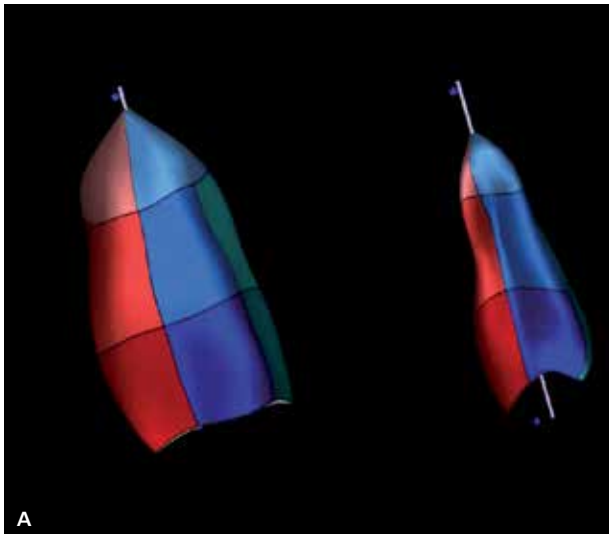
ZASTOSOWANIE

W porównaniu z technikami 2D echokardiografia 3D pozwala na szerszą i dokładniejszą ocenę jakościową i ilościową struktur serca. Łatwiejsza ocena jakościowa wynika z możliwości oglądania struktur w postaci zbliżonej



RYCINA 1

A. Projekcja koniuszkowa czterojamowa. Widoczna dodatkowa masa (strzałka) w prawym przedsionku (która na obrazach ruchomych wykazywała znaczną ruchomość). Mimo różnych zmodyfikowanych projekcji technikami 2D nie udało się uwidocznnić szypuły.
B. W obrazach 3D uwidoczniono długą cienką szypułę (strzałka).



RYCINA 2

Dynamiczny trójwymiarowy model lewej komory (A) pozwala na ocenę jej objętości i globalnej funkcji skurczowej (B). Uwzględnienie podziału mięśnia sercowego na segmenty pozwala na analizę regionalnej frakcji wyrzutu i synchronii skurczu mięśnia lewej komory (C).

do trójwymiarowego preparatu anatomicznego (ryc. 1). Interesującą nas strukturę możemy zatem oglądać i analizować z dowolnej strony i – co istotne – w całości na jednym obrazie. Na ubytek w przegrodzie międzyprzedsionkowej można na przykład spojrzeć en face oraz ocenić jego kształt i relacje przestrzenne, natomiast zastawkę mitralną można oglądać od strony lewego przedsionka, uwidaczniając na jednym obrazie całą powierzchnię płatków i spoidła. Taka szeroka ocena morfologiczna ma istotne znaczenie w kwalifikacji, planowaniu i monitorowaniu zabiegów przezskórnych i chirurgicznych, a zwłaszcza w złożonych wadach wrodzonych i nabytych [4,5].

Dokładniejsza analiza ilościowa obejmuje pomiary powierzchni i objętości. Echokardiografia 3D pozwala bowiem dokonywać pomiarów planimetrycznych (np. ujścia zastawek) w optymalnej płaszczyźnie lub bezpośrednio w obrazach przestrzennych. Dzięki temu możliwe jest uniknięcie błędu, który łatwo popełnić w echokardiografii 2D, czyli przeszacowania mierzonych pól powierzchni związanego z niewłaściwym wyborem płaszczyzny, w której dokonywany jest pomiar [4]. Pomiary objętości w technologii 3D, w przeciwieństwie do technik 2D, nie opierają się na założeniach sprowadzających kształt danej struktury do uproszczonej bryły geometrycznej, dzięki czemu możliwe jest zwiększenie dokładności pomiarów objętości, np. lewej komory, i oceny globalnej i regionalnej funkcji mięśnia sercowego (ryc. 2) [6,7]. Technologia 3D umożliwia również pomiary objętości innych, bardziej złożonych geometrycznie struktur lub jam (np. prawej komory), co nie było możliwe w echokardiografii 2D [8].

OGRANICZENIA

Podstawowymi ograniczeniami szerszego zastosowania echokardiografii 3D i innych nowych technik echokardiograficznych w praktyce klinicznej jest koszt aparatury, konieczność przeszkolenia operatorów i czas niezbędny dla poszerzonej analizy. Dlatego większość z tych technik (w tym echokardiografię 3D) należy traktować jako uzupełnienie standardowego badania echokardiograficznego. Z tego punktu widzenia ważnym krokiem naprzód są wprowadzane algorytmy zmierzające do częściowej automatyzacji (i skrócenia) analizy zbiorów 3D, np. półautomatyczna detekcja granic wsierdza [9]. Za każdym razem jednak lekarz wykonujący badanie musi samodzielnie podjąć decyzję, czy u danego pacjenta dane ze standardowego badania 2D są wystarczające lub czy potrzebne (i czasowo uzasadnione) jest poszerzenie badania o ocenę 3D.

Do innych ograniczeń echokardiografii 3D należy nieco zmniejszona (w porównaniu z technikami 2D) rozdzielczość przestrzenna i czasowa oraz duża zależność jakości uzyskiwanych obrazów od okna akustycznego. Należy podkreślić, że u pacjentów, u których nie udaje się uzyskać optymalnej jakości obrazów 2D, obrazy 3D będą również słabej jakości. Jednak w skrajnych przypadkach echokardiograficzną analizę objętości i funkcji skurczowej lewej komory u chorych, u których warunki obrazowania są nieoptymalne, można oprzeć na danych zarejestrowanych za pomocą technik kontrastowych, które lepiej uwidoczniają granicę wsierdza [10].

Echokardiografia kontrastowa

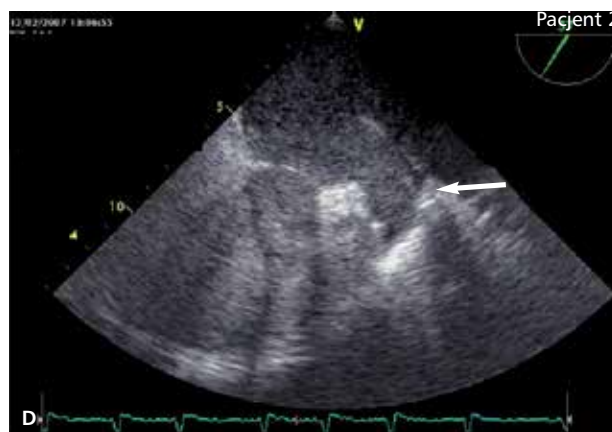
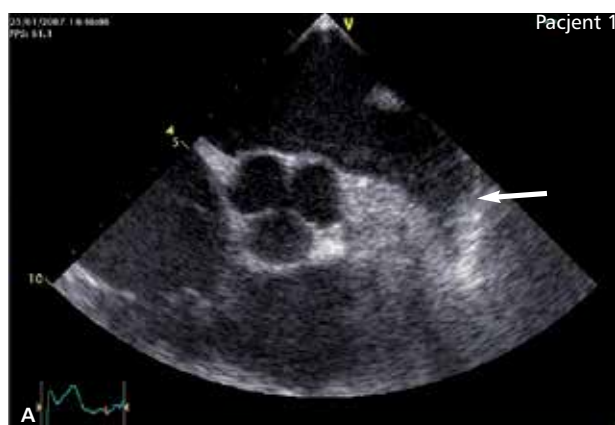
TECHNIKA BADANIA

Echokardiografia kontrastowa polega na wprowadzeniu do krążenia substancji o charakterystyce przepływu zbliżonej do erytrocytów, która rozpraszając fale dźwiękowe, wzmacnia sygnał powracający do głowicy ultrasonograficznej i dostarcza informacji o przepływie krwi w obszarze zainteresowania [1].

Pierwsze środki kontrastowe (nazywane kontrastami generacji 0), do których należały płyny infuzyjne energicznie mieszane z niewielką ilością powietrza i krwi pacjenta, zawierały zawiesinę wolnych pęcherzyków powietrza o niewielkiej stabilności, które po podaniu dożylnym, przechodząc przez krążenie płucne, ulegały rozpadowi, przez co efekt kontrastowy ograniczony był do jam prawego serca. Następnym etapem w rozwoju badań kontrastowych było wprowadzenie ultradźwiękowego mieszania cieczy pozwalającego na uzyskanie zawiesiny mikropęcherzyków gazu w otoczce białkowej. Dzięki większej stabilności takie mikropęcherzyki przechodzą przez krążenie płucne i kontrastują również jamy lewego serca. Trwałość mikropęcherzyków była jednak ograniczona dużą rozpuszczalnością i łatwością dyfuzji zawartego w nich gazu.

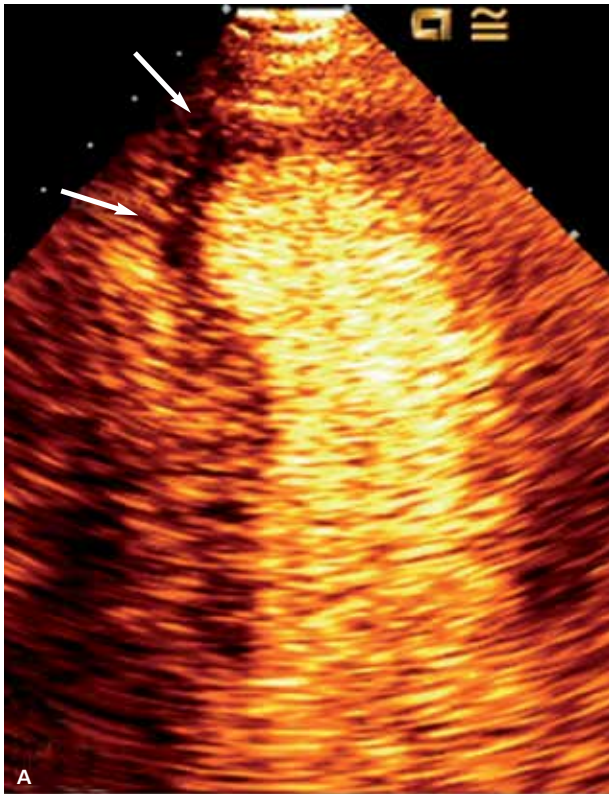
Tę grupę środków kontrastowych, obecnie praktycznie niestosowanych, określa się jako kontrasty I generacji. Poprawę trwałości pęcherzyków uzyskano dzięki użyciu gazów trudno dyfundujących, o małej rozpuszczalności w osoczu. Tak uzyskano dostępne obecnie na rynku środki kontrastowe generacji II (np. Sonovue, Optison i Definity). Środek kontrastowy może być podawany w postaci bolusów lub ciągłego dożylnego wlewu o stałej prędkości.

Technika obrazowania efektu kontrastowego ma kluczowe znaczenie dla uzyskiwanych wyników. Standardowe dwuwymiarowe obrazowanie echokardiograficzne uwidacznia efekt kontrastowy o stosunkowo niewielkiej intensywności. W związku z tym wprowadzono specjalistyczne techniki obrazowania, które można podzielić na dwie grupy: o wysokim i niskim indeksie mechanicznym. Techniki o wysokim indeksie mechanicznym ze względu na znaczną energię emitowanej wiązki ultradźwięków i niszczenie dużej liczby pęcherzyków podczas powstawania obrazu wymagają rejestracji bramkowanej zapisem elektrokardiograficznym, co pozwala napłynąć kolejnym pęcherzykom w miejsce wcześniej zniszczonych między rejestracjami kolejnych obrazów. Natomiast techniki obrazowania o niskim indeksie mechanicznym (mała energia wiązki ultradźwięków) nie powodują tak inten-



RYCINA 3

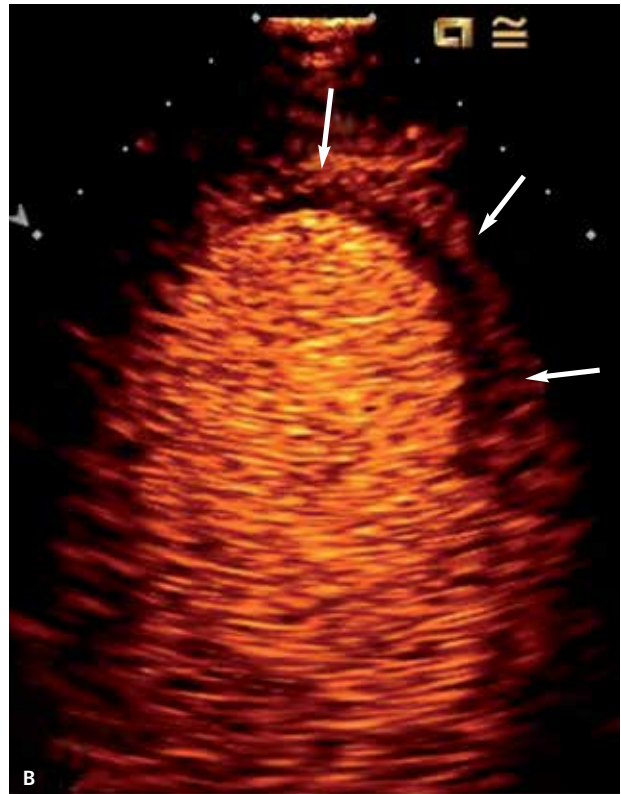
Badanie przezprzelykowe u dwóch pacjentów z napadowym migotaniem przedsionków. Ryciny A i C przedstawiają standardowe skany 2D, w których obrazu uszka lewego przedsionka budziły wątpliwości dotyczące możliwej obecności skrzepliny (strzałki). Ryciny B i D przedstawiają obrazy zarejestrowane po dożylnym podaniu kontrastu generacji II. U pacjenta 1 zwraca uwagę brak zakontrastowania uszka (strzałka) wskazujący na obecność skrzepliny, natomiast u pacjenta 2 występuje pełne zakontrastowanie uszka (strzałka) wykluczające obecność skrzepliny.



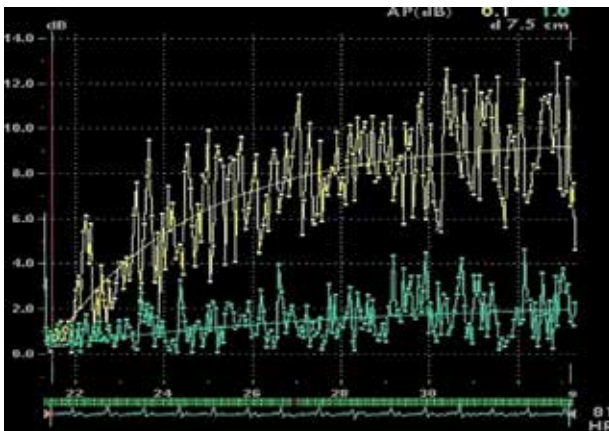
A

RYCINA 4

Spoczynkowe przezklatkowe perfuzyjne badania echokardiograficzne w trybie obrazowania o niskim indeksie mechanicznym wykonane podczas dożylnego wlewu kontrastu generacji II u dwóch pacjentów po zawale ściany przedniej. **A.** Projekcja koniuszkowa czterojamowa. Pełnościenny ubytek perfuzji (strzałki) w koniuszkowym segmencie przegrody świadczy o pełnościennym martwicy. **B.** Projekcja koniuszkowa dwujamowa ukierunkowana na uwidocznienie ściany przedniej (suboptimalna widoczność ściany dolnej wymagająca zarejestrowania oddzielnej projekcji dwujamowej ukierunkowanej na uwidocznienie ściany dolnej), widoczny podwosierdziowy ubytek perfuzji (strzałki) w koniuszku oraz koniuszkowym i środkowym segmencie ściany przedniej.



B



RYCINA 5

Spoczynkowe przezklatkowe perfuzyjne badanie echokardiograficzne w trybie obrazowania o niskim indeksie mechanicznym wykonane podczas dożylnego wlewu kontrastu generacji II u pacjenta po zawale ściany przedniej – analiza ilościowa wzmocnienia kontrastowego w środkowych segmentach ściany przedniej (zielona krzywa) i dolnej (żółta krzywa). Na linii pionowej zaznaczono wzmocnienie, na linii poziomej – czas (w sekundach) od zastosowania strumienia wysokiej mocy (flash), który spowodował zniszczenie mikropęcherzyków kontrastu w obrazowanym obszarze. W kolejnych cyklach pracy serca w prawidłowo perfundowanym segmencie widać stopniowe napływanie kontrastu i zwiększanie wzmocnienia kontrastowego aż do plateau (krzywa żółta). W segmencie bez zachowanej perfuzji natomiast nie obserwuje się napływania kontrastu (krzywa zielona).

sywnego niszczenia mikropęcherzyków kontrastów, co pozwala na obrazowanie w czasie rzeczywistym, bez konieczności bramkowania [11].

ZASTOSOWANIE

Początki stosowania środków kontrastowych generacji II sięgają lat 70. XX wieku. Trudno je klasyfikować zatem jako nową technikę echokardiograficzną, więc nie omówimy wskazań do ich użycia. Środki kontrastowe II generacji w badaniach echokardiograficznych stosowane są we dwóch wskazaniach: w celu wizualizacji granic tkanki-krew u pacjentów z nieoptymalnymi warunkami obrazowania, co uniemożliwia wiarygodną ocenę funkcji skurczowej lewej komory lub np. wykluczenie obecności skrzepliny, oraz w celu oceny perfuzji mięśnia sercowego (ryc. 3-5). Pierwsze z wymienionych zastosowań poparte jest wynikami wielu prac, znajduje się w oficjalnych dokumentach rejestracyjnych środków kontrastowych II generacji oraz zaleceniach większości towarzystw kardiologicznych i echokardiograficznych [11-13]. Poprawa wizualizacji granic wsierdza za pomocą środków kontrastowych ma szczególnie istotne znaczenie w echokardiografii obciążeniowej, ponieważ zwiększa liczbę segmentów możliwych do analizy oraz poprawia powtarzalność i dokładność diagnostyczną wyników badania.

Największe nadzieje na rozwój echokardiografii budzi jednak drugie z wymienionych zastosowań środków kontrastowych – ocena perfuzji mięśnia sercowego, co dotychczas nie było możliwe w echokardiografii. Podane dożylnie środki kontrastowe powodują zakontrastowanie mięśnia sercowego w stopniu zależnym od regionalnej perfuzji [11]. Wzmocnienie to można oceniać jakościowo i ilościowo [14]. Należy jednak podkreślić, że zastosowanie echokardiografii kontrastowej dla oceny perfuzji wciąż nie jest oficjalnie zarejestrowanym wskazaniem dla żadnego z dostępnych środków kontrastowych, a wytyczne towarzystw kardiologicznych i echokardiograficznych bardzo ostrożnie wypowiadają się o przydatności tej techniki obrazowania perfuzji [11].

OGRANICZENIA

W Polsce podstawowym ograniczeniem w praktycznym zastosowaniu środków kontrastowych jest ich koszt (około 400 zł za ampułkę). Ponadto jeśli chcielibyśmy podawać kontrast w postaci dożylnego wlewu o stałej prędkości, konieczny byłby zakup pompy infuzyjnej, która w trakcie podawania kontrastu nieustannie by go mieszała, obracając strzykawkę wokół jej osi, by nie doszło do rozwarstwienia rozpuszczalnika i zawieszonych w nim mikrocząstek gazu.

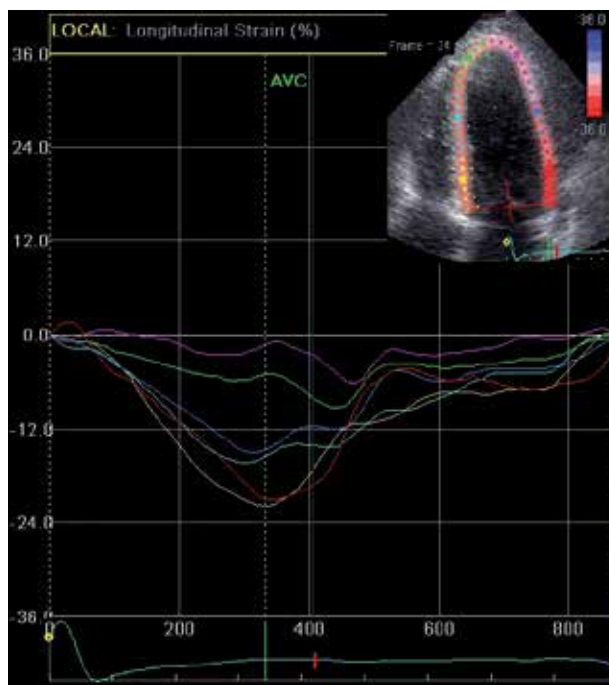
Stosowane obecnie środki kontrastowe uważane są za bezpieczne, a ich działania niepożądane są rzadkie i niegroźne. Najczęstsze to m.in. bóle głowy, nudności i wymioty, przemijające zaburzenia smaku i podrażnienia w miejscu dożylnego podania. Ponieważ jednak opisano przypadki ciężkiej hipotonii, bradykardii, zatrzymania krążenia, zawału mięśnia sercowego i zgonu, w których wykazano czasowy, ale nie przyczynowo-skutkowy związek z podaniem kontrastu, Europejska Agencja ds. Leków (European Medicines Agency, EMEA) i amerykańska FDA (US Food and Drug Administration) wprowadziły ograniczenia stosowania środków kontrastowych II generacji (Sonovue, Optison, Definity) u pacjentów w niestabilnym stanie klinicznym [15,16]. Przeciwwskazane jest stosowanie preparatu Sonovue u chorych z ostrym zespołem wieńcowym (do 7 dni) i klinicznie niestabilną chorobą wieńcową.

Wspomniano już, że analiza obrazów uzyskanych techniką perfuzyjnej echokardiografii kontrastowej może być jakościowa (wizualna) lub ilościowa. Zasadniczym ograniczeniem analizy jakościowej jest jej subiektywizm, zaś analizy ilościowej czas i konieczność podawania kontrastu w postaci wlewu dożylnego o stałej prędkości.

Analiza odkształcenia i tempa odkształcenia

TECHNIKA BADANIA

Odształcenie (strain) mięśnia sercowego jest wyrażane w procentach i opisuje zmianę odległości między dwoma punktami mięśnia sercowego w czasie cyklu pracy serca w porównaniu z wyjściową odległością tych punktów. Gdy odległość się zmniejsza (np. podczas skracania się



RYCINA 6

Ilościowa ocena regionalnej funkcji skurczowej (podłużnego odkształcenia [longitudinal strain]) mięśnia sercowego techniką śledzenia markerów akustycznych (speckle tracking) u pacjenta po zawale ściany przedniej leczonym skuteczną pierwotną angioplastyką gałęzi przedniej zstępującej. Projekcja koniuszkowa czterojamowa. Na osi poziomej wykresu zaznaczono czas w ms, na osi pionowej – odkształcenie poszczególnych segmentów (mierzone w procentach). Zwraca uwagę znacznie zmniejszone odkształcenie skurczowe segmentów koniuszkowych ściany bocznej i przegrody (krzywa fioletowa i zielona). AVC – czas zamknięcia zastawki aortalnej (aortic valve closure).

segmentu w osi długiej w czasie skurczu), odkształcenie przyjmuje wartość ujemną, gdy zwiększa (np. w przypadku skurczowego poprzecznego grubienia segmentu) – dodatnią. Tempo odkształcenia (strain rate) charakteryzuje szybkość zmiany odległości między dwoma punktami mięśnia sercowego i jest wyrażane w jednostkach s^{-1} . Początkowo obrazowano odkształcenie i tempo odkształcenia na podstawie techniki tkankowej echokardiografii dopplerowskiej [17]. Metoda ta wiązała się jednak z pewnymi ograniczeniami, przede wszystkim zależnością od kąta między ruchem mięśnia a kierunkiem wiązki ultradźwięków – prawidłowa analiza ruchu mogła być przeprowadzana jedynie w osi wiązki ultradźwięków. W projekcjach koniuszkowych możliwa była więc jedynie analiza odkształcenia i tempa odkształcenia podłużnego.

Istotnym postępowaniem, który pozwolił na wyeliminowanie części ograniczeń technik dopplerowskich, w tym zależności od kąta padania wiązki ultradźwięków, było wprowadzenie analizy odkształcenia za pomocą automatycznego śledzenia markerów akustycznych mięśnia sercowego w standardowych obrazach echokardiograficznych w skali szarości. W piśmiennictwie technika ta nazywana jest 2D strain (dwuwymiarowe odkształcenie) lub speckle tracking (śledzenie markerów akustycznych) [18]. Śledzenie markerów akustycznych pozwala na analizę odkształcenia



RYCINA 7

Zdjęcia dostępnych na rynku kieszonkowych echokardiografów i jednego z popularnych modeli telefonów komórkowych – określenie kieszonkowe jest całkowicie uzasadnione.

w różnych kierunkach w płaszczyźnie obrazowania. Na przykład w projekcji koniuszkowej możliwa jest analiza odkształcenia i tempa odkształcenia zarówno podłużnego, jak i poprzecznego (ryc. 6). Kolejnym krokiem rozwoju metody jest 3D strain – intensywnie obecnie rozwijana technologia śledzenia markerów akustycznych i analizy odkształcenia w zbiorach trójwymiarowych.

ZASTOSOWANIE

Nawet przy dobrej jakości obrazu wizualna ocena kurczliwości wymaga doświadczenia, zwłaszcza w badaniach obciążeniowych. Jej subiektywny charakter powoduje, że nawet między interpretacjami wyników testów obciążeniowych ekspertów występują znaczne różnice [19]. Analiza odkształcenia i jego tempa umożliwia obiektywizację oceny regionalnej funkcji skurczowej mięśnia sercowego i zwiększa wartość diagnostyczną badań obciążeniowych [20,21]. Należy przy tym zwrócić uwagę na przewagę tej metody nad standardową tkankową echokardiografią dopplerowską – prędkości mierzone w tej ostatniej zależą od funkcji danego segmentu oraz segmentów sąsiadujących, które pociągają analizowany segment. Odkształcenie i tempo odkształcenia wolne są od tych ograniczeń [22].

Potencjalne zastosowanie tej technologii nie ogranicza się jednak tylko do obiektywizacji oceny funkcji mię-

śnia sercowego. Dzięki bardzo precyzyjnej analizie technika wykrywa dyskretne zaburzenia lub różnice w funkcji (np. wczesne uszkodzenie mięśnia sercowego w przebiegu leczenia preparatami kardiotoksycznymi), często niemożliwe do zauważenia w klasycznym badaniu echokardiograficznym [23]. Możliwa jest również analiza bardziej zaawansowanych aspektów funkcji mięśnia sercowego, w tym synchronii skurczu i rotacji lewej komory. Podejmuje się też próby zastosowania pomiarów odkształcenia i tempa odkształcenia dla oceny regionalnej funkcji innych jam serca, np. prawej komory i lewego przedsionka.

OGRANICZENIA

Podobnie jak w przypadku opisanych wcześniej technik, istotnym ograniczeniem technologii oceny odkształcenia i tempa odkształcenia pozostaje cena oprogramowania i czas analizy. Jako bardzo cenne należy więc odbierać próby jego skrócenia dzięki wprowadzaniu półautomatycznych algorytmów przez producentów sprzętu. Innym, istotnym ograniczeniem jest duża zależność wiarygodności otrzymywanych wyników od jakości obrazów echokardiograficznych. Zwraca się uwagę, że w praktyce klinicznej wiarygodna analiza odkształcenia i tempa odkształcenia nie jest możliwa w stosunkowo znacznym odsetku segmentów, szczególnie w warunkach obciążenia [24].

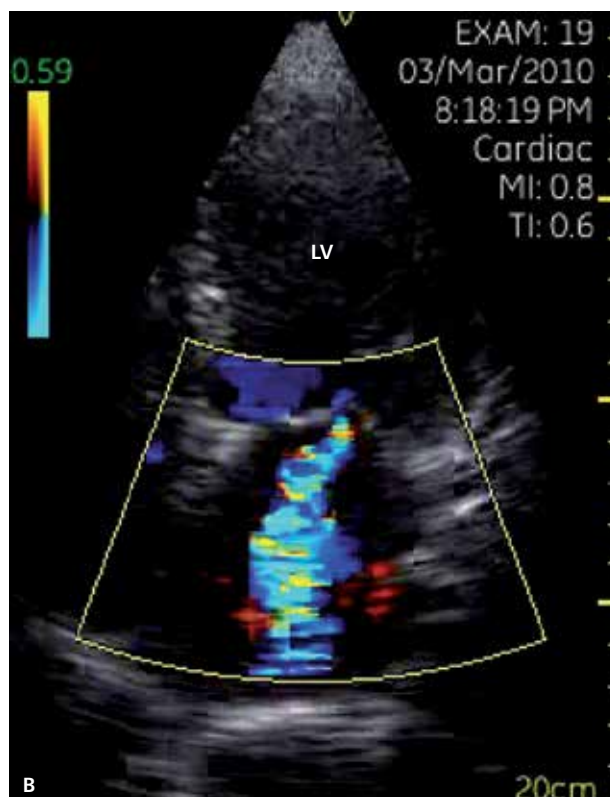
Kieszonkowe echokardiografy

TECHNIKA BADANIA

Miniaturyzacja sprzętu elektronicznego spowodowała, że kilka lat temu wprowadzono przenośne (hand-carried, hand-held) aparaty echokardiograficzne, wielkością zbliżone do przenośnych komputerów (laptopów), co pozwala na znaczną mobilność, zaś ich możliwości techniczne niejednokrotnie odpowiadają możliwościom standardowych echokardiografów [25]. Postęp technologiczny doprowadził do dalszej miniaturyzacji aparatów echokardiograficznych – wprowadzone niedawno kieszonkowe ultrasonografy są nie tylko małe (bez trudu mieszczą się w kieszeni fartucha), ale też proste w obsłudze (ryc. 7). Zakres dostępnych funkcji jest jednak ograniczony – obecnie możliwe jest obrazowanie 2D z pomiarami odległości i obrazowanie techniką kolorowego doplera (ryc. 8).

ZASTOSOWANIE

Aparaty kieszonkowe udostępniają techniki echokardiograficzne lekarzom wielu specjalności prowadzącym pacjentów z chorobami układu krążenia w różnych warunkach klinicznych. Dlatego niektórzy nazywają te urządzenia nowymi stetoskopami, ponieważ pozwalają rozszerzyć standardowe badanie fizykalne. Ilość dostępnych w piśmiennictwie danych na ten temat jest jednak obecnie ograniczona [26,27]. Zarówno te dane, jak i doświadczenia autorów wskazują na dużą przydatność kieszonkowych aparatów w potwierdzaniu lub wykluczeniu podstawowych patologii w warunkach izby przyjęć, przyłożkowych badań na oddziale i poza nim.



RYCINA 8

Obrazy zarejestrowane kieszkowym echokardiografem na sali intensywnej opieki kardiologicznej u pacjenta o umiarkowanie sprzyjających warunkach obrazowania. Pacjent był hospitalizowany z powodu zaostrzenia niewydolności serca. **A.** Projekcja przymostkowa w osi długiej. **B.** Projekcja koniurszkowa czterojamowa z zastosowaniem kolorowego doplera. W badaniu zwracało uwagę poszerzenie lewych jam serca, głęboka dysfunkcja skurczowa lewej komory (na obrazach ruchomych) i co najmniej umiarkowana niedomykalność mitralna. LV – lewa komora, LA – lewy przedsionek, RV – prawa komora.

OGRANICZENIA

Ceny kieszkowych echokardiografów niestety nie są proporcjonalne do ich rozmiarów. Można przypuszczać, że z czasem koszt aparatów będzie malał, jednak teraz wielokrotnie przekracza cenę nawet najbardziej zaawansowanego stetoskopu. Z dużym potencjałem tej techniki wiąże się też zagrożenie błędnych interpretacji badań, wynikających z ograniczeń technicznych kieszkowych aparatów (m.in. mały ekran, ograniczone możliwości obrazowania i pomiarów) oraz braku doświadczenia lekarzy, którzy będą z nich korzystać. Dlatego konieczne są odpowiednie szkolenia i opracowanie protokołów skróconego badania.

Podsumowanie

Z przedstawionych danych wyłania się złożony obraz możliwości praktycznego zastosowania nowych technik echokardiograficznych. Nie podejmujemy się jednoznacznej odpowiedzi na pytanie tytułowe, tym bardziej że codzienna praktyka każdego z Czytelników wygląda inaczej i co innego może być uważane za przydatne. Ku przestrodze tych, którzy jednoznacznie chcieliby uznać nowe techniki echokardiograficzne za całkowicie niepotrzebne, pozwala-

my sobie przytoczyć słowa Ferdinanda Focha (wówczas jeszcze nie marszałka), który na początku XX wieku stwierdził autorytatywnie: Samoloty to ciekawe zabawki, ale pozbawione jakiegokolwiek wartości militarnej.

Piśmiennictwo

1. Roelandt J, Salustri A, Mumm B, et al. Precordial three-dimensional echocardiography with a rotational imaging probe: methods and initial clinical experience. *Echocardiography* 1995; 12: 243.
2. Kasprzak JD, Lipiec P, Drożdż J, et al. Real-time three-dimensional echocardiography: still a research tool or an imaging technique ready for daily routine practice? A pilot feasibility study in a tertiary cardiology centre. *Kardiologia Pol* 2004; 61 (10): 303-308.
3. Wang XF, Deng YB, Nanda NC, et al. Live three-dimensional echocardiography: imaging principles and clinical application. *Echocardiography* 2003; 20: 593-604.
4. Hoole SP, Liew TV, Boyd J, et al. Transthoracic real-time three-dimensional echocardiography offers additional value in the assessment of mitral valve morphology and area following mitral valve repair. *Eur J Echocardiogr* 2008; 9 (5): 625-630.
5. Balzer J, van Hall S, Rassaf T, et al. Feasibility, safety, and efficacy of real-time three-dimensional transoesophageal echocardiography for guiding device closure of interatrial communications: initial clinical experience and impact on radiation exposure. *Eur J Echocardiogr* 2010; 11 (1): 1-8.

6. Mor-Avi V, Jenkins C, Kühl HP, et al. Real-time 3-dimensional echocardiographic quantification of left ventricular volumes: multicenter study for validation with magnetic resonance imaging and investigation of sources of error. *JACC Cardiovasc Imaging* 2008; 1 (4): 413-423.
7. Lipiec P, Wejner-Mik P, Krzemińska-Pakuła M, et al. Gated ^{99m}Tc-MIBI single-photon emission computed tomography for the evaluation of left ventricular ejection fraction: comparison with three-dimensional echocardiography. *Ann Nucl Med* 2008; 22 (8): 723-726.
8. Tamborini G, Brusoni D, Torres Molina JE, et al. Feasibility of a new generation three-dimensional echocardiography for right ventricular volumetric and functional measurements. *Am J Cardiol* 2008; 102 (4): 499-505.
9. Hansgård J, Urheim S, Lunde K, et al. Semi-automated quantification of left ventricular volumes and ejection fraction by real-time three-dimensional echocardiography. *Cardiovasc Ultrasound* 2009; 7: 18.
10. Nemes A, Geleijnse ML, Krenning BJ, et al. Usefulness of ultrasound contrast agent to improve image quality during real-time three-dimensional stress echocardiography. *Am J Cardiol* 2007; 99 (2): 275-278.
11. Senior R, Becher H, Monaghan M, et al. echocardiography: evidence-based recommendations by European Association of Echocardiography. *Eur J Echocardiogr* 2009; 10 (2): 194-212.
12. Echokardiografia w praktyce klinicznej. Rekomendacje 2007. Oficjalne materiały robocze Sekcji Echokardiografii Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego. *Folia Cardiologica Excerpta* 2007, tom 2, supl. B.
13. Hoffmann R, von Bardeleben S, ten Cate F, et al. Assessment of systolic left ventricular function: a multi-centre comparison of cineventriculography, cardiac magnetic resonance imaging, unenhanced and contrast-enhanced echocardiography. *Eur Heart J* 2005; 26 (6): 607-616.
14. Lipiec P, Wejner-Mik P, Krzemińska-Pakuła M, et al. Accelerated stress real-time myocardial contrast echocardiography for the detection of coronary artery disease: comparison with ^{99m}Tc single photon emission computed tomography. *Journal of the American Society of Echocardiography* 2008; 21 (8): 941-947.
15. Strona internetowa European Medicines Agency: www.emea.eu.int.
16. Strona internetowa US Food and Drug Administration: www.fda.gov.
17. Heimdal A, Støylen A, Torp H, et al. Real-time strain rate imaging of the left ventricle by ultrasound. *J Am Soc Echocardiogr* 1998; 11 (11): 1013-1019.
18. Perk G, Tunick PA, Kronzon I. Non-Doppler two-dimensional strain imaging by echocardiography—from technical considerations to clinical applications. *J Am Soc Echocardiogr* 2007; 20 (3): 234-243.
19. Hoffmann R, Lethen H, Marwick T, et al. Analysis of inter-institutional observer agreement in interpretation of dobutamine stress echocardiograms. *J Am Coll Cardiol* 1996; 27 (2): 330-336.
20. Govind SC, Gopal AS, Netyö A, et al. Quantification of low-dose dobutamine stress using speckle tracking echocardiography in coronary artery disease. *Eur J Echocardiogr* 2009; 10 (5): 607-612.
21. Hanekom L, Jenkins C, Jeffries L, et al. Incremental value of strain rate analysis as an adjunct to wall-motion scoring for assessment of myocardial viability by dobutamine echocardiography: a follow-up study after revascularization. *Circulation* 2005; 112 (25): 3892-3900.
22. Bijnens BH, Cikes M, Claus P, et al. Velocity and deformation imaging for the assessment of myocardial dysfunction. *Eur J Echocardiogr* 2009; 10 (2): 216-226.
23. Jassal DS, Han SY, Hans C, et al. Utility of tissue Doppler and strain rate imaging in the early detection of trastuzumab and anthracycline mediated cardiomyopathy. *J Am Soc Echocardiogr* 2009; 22 (4): 418-424.
24. Davidavicius G, Kowalski M, Williams RI, et al. Can regional strain and strain rate measurement be performed during both dobutamine and exercise echocardiography, and do regional deformation responses differ with different forms of stress testing? *J Am Soc Echocardiogr* 2003; 16: 299-308.
25. Perk G, Molisse T, Remolina A, et al. Laptop-sized echocardiography machine versus full-sized top-of-the-line machine: a comparative study. *J Am Soc Echocardiogr* 2007; 20 (3): 281-284.
26. Egan M, Ionescu A. The pocket echocardiograph: a useful new tool? *Eur J Echocardiogr* 2008; 9 (6): 721-725.
27. Fukuda S, Shimada K, Kawasaki T, et al. Pocket-sized thoracic echocardiography device for the measurement of cardiac chamber size and function. *Circ J* 2009; 73 (6): 1092-1096.