

# Nowe techniki w kardiologii: echokardiografia 3D

*Piotr Sonecki*

Western Infirmary Glasgow, Wielka Brytania

## Adres do korespondencji

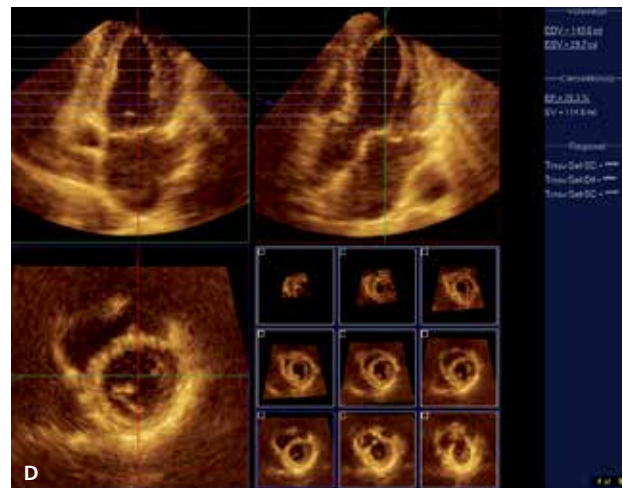
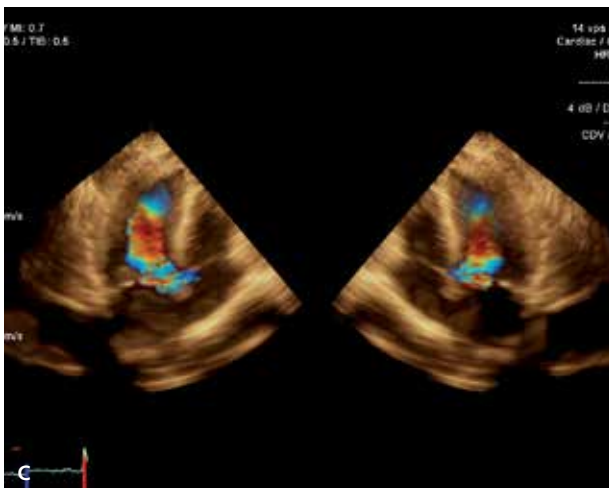
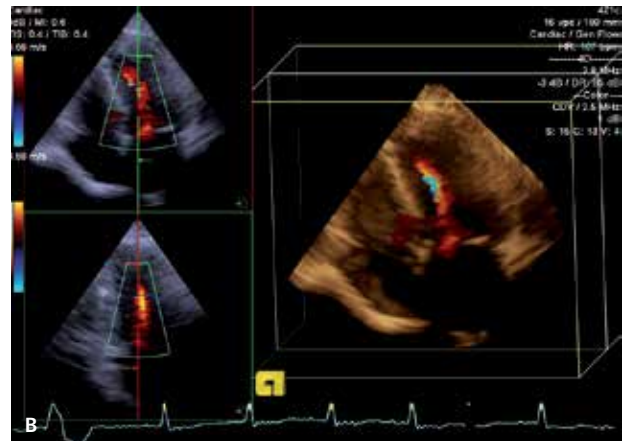
Dr n. med. Piotr Sonecki  
Western Infirmary Glasgow  
Dumbarton Rd  
G11 6NT Glasgow, UK

Kardiologia po Dyplomie 2010; 9 (11): 36-45

## Historia – ewolucja techniki

Przez ostatnie 50 lat możliwości diagnostyczne echokardiografii znacząco ewoluowały: od obrazowania M-mode przez 2D do obrazowania trójwymiarowego w czasie rzeczywistym.

Pierwsze próby zastosowania obrazowania 3D w diagnostyce echokardiograficznej zostały opisane w 1974 roku [1]. Początkowo były to rekonstrukcje 3D otrzymywane off-line na podstawie danych zarejestrowanych w 2D. Technika ta jako bardzo czasochłonna i obciążona licznymi artefaktami nie miała wielkiego zastosowania w praktyce klinicznej. Wprowadzenie 10 lat temu obrazowania 3D w czasie rzeczywistym (real time 3D, RT3D) oraz jego dynamiczny rozwój w ostatnim czasie są przełomem i pozwoliły na szerokie zastosowanie tej metody. W przeciwieństwie do obrazowania 2D rejestrującego obraz w jednej wybranej płaszczyźnie technika RT3D oparta jest na rejestracji danych w kształcie piramidy obejmującej całe serce. Dane pozwalają na wizualizację przekrojów serca w różnych płaszczyznach oraz dokładną ocenę jego wielkości, struktury i funkcji. Głównym ograniczeniem tej metody jest stosunkowo niewielka liczba powtórzeń obrazów w czasie (stosunek objętości do czasu, V/s). Problem ten jest szczególnie ważny u pacjentów z szybką czynnością serca. Oczywiście im mniejsza objętość piramidy (mniejszy kąt), tym częstsze jest powtarzanie obrazu.



**RYCINA 1**

Przezskatkowe obrazowanie 3D. **A.** Obraz live full volume 3D z wizualizacją projekcji 4C, 2C i SAX. **B.** Obraz live full volume 3D z kolorowym doplerem. **C.** Prezentacja off-line typu shell – równoczesny zwierciadlany obraz 3D przeciętego serca w projekcji 4C. **D.** Obraz off-line – wizualizacja projekcji 4C, 2C, SAX i wielu płaszczyzn w osi krótkiej, uzyskany na podstawie danych zarejestrowanych podczas badania przezskatkowego 3D full volume w czasie rzeczywistym.

Początkowo obrazy 3D obejmujące całe serce (full volume) otrzymywane były po sklejeniu 4-7 skanów o kącie  $90 \times 30^\circ$ . Pozwalało to na uzyskanie danych w kształcie piramidy o kącie  $90 \times 90^\circ$  obejmującej całe serce z V/s około 20 Hz. Technika ta, nazwana obrazowaniem 3D w czasie rzeczywistym, była tak naprawdę obrazowaniem w czasie prawie rzeczywistym. Generowanie obrazu na podstawie danych rejestrowanych w kilku cyklach pracy serca powodowało liczne artefakty i znacznie utrudniało zastosowanie metody u pacjentów z niemierną czynnością serca [2]. Wskazane jest także zatrzymanie oddechu podczas rejestracji, co wymaga dobrej współpracy pacjenta. Ograniczało to zastosowanie tej metody w badaniach wysiłkowych. W ostatnim roku postęp techniczny pozwolił na wprowadzenie do praktyki klinicznej obrazowania one beat full volume, czyli rzeczywistego obrazowania RT3D. Oparte jest ono na uzyskaniu i analizie danych zawartych w piramidzie  $90 \times 90^\circ$  podczas jednego uderzenia serca (ryc. 1). Technika ta pozbawiona jest ograniczeń badania opartego na rejestracji danych podczas kilku cykli pracy serca, pozwala także na znacznie lepszą orientację przestrzenną podczas badania i uzyskiwanie obrazów

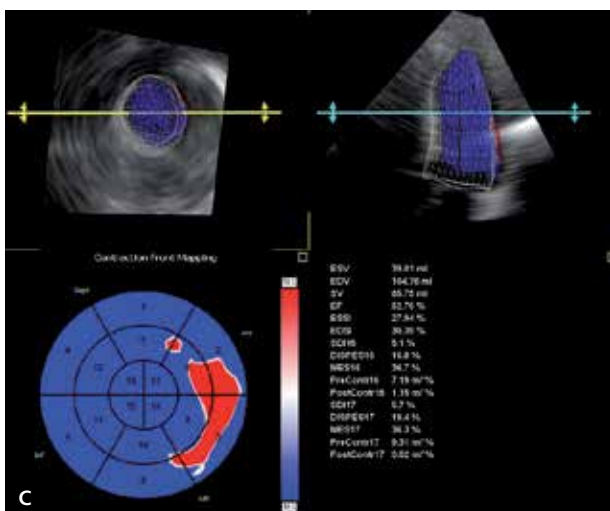
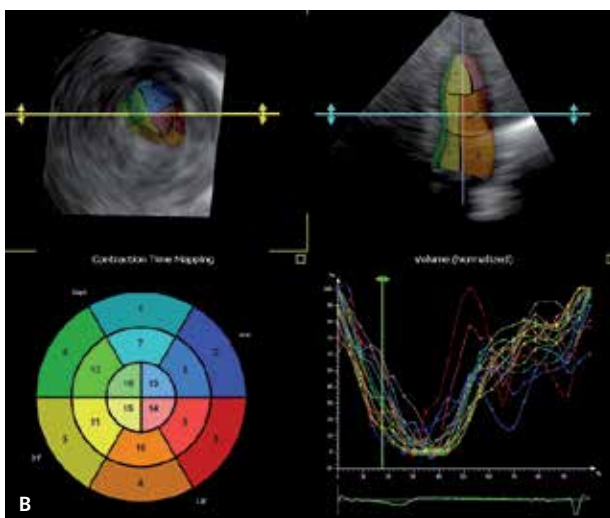
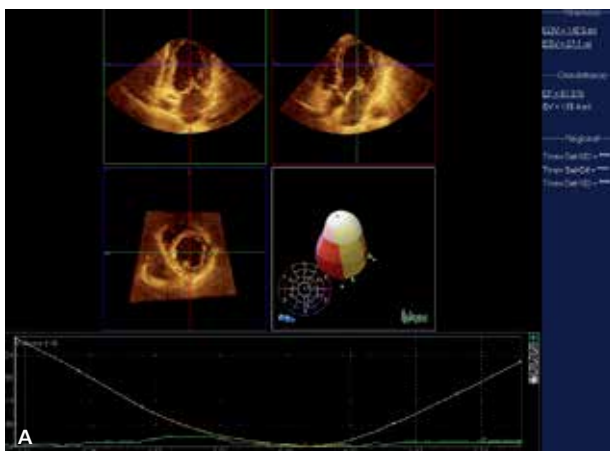
w różnych przekrojach serca bez zmiany położenia głowicy echokardiograficznej. Znacznie skróciła ona czas rejestracji danych podczas badania echokardiograficznego oraz powinna wyraźnie poprawić powtarzalność uzyskiwanych wyników [2]. Jej dalszy rozwój daje także ogromne nadzieje na przyszłe zastosowanie w echokardiografii obciążeniowej.

Od 2007 roku technika RT3D dostępna jest także w badaniu przezprętkowym, co ma szczególne znaczenie w ocenie zastawek oraz monitorowaniu zabiegów w pracowniach hemodynamicznej i kardiologicznych.

## Echokardiografia przezskatkowa

### LEWA KOMORA

Tradycyjna echokardiografia dwuwymiarowa ma wiele ograniczeń. W przypadku oceny lewej komory (LV) w porównaniu z innymi metodami obrazowania serca (MR, metody radioizotopowe) często istotnie zaniża ona jej objętość. Ponadto wynik badania i powtarzalność pomiarów istotnie zależą od doświadczenia operatora [3]. Ogranicza



**RYCINA 2**

Analiza off-line funkcji LV na podstawie danych uzyskanych podczas badania przekłatkowego 3D full volume w czasie rzeczywistym. A. Ocena funkcji skurczowej LV z przedstawieniem wirtualnego modelu LV i krzywej zmiany objętości LV podczas skurczu serca. B, C. Analiza synchronii skurczu i rozkurczu z oceną funkcji poszczególnych segmentów w modelu 17-segmentowym. Różne metody przedstawienia uzyskanych danych jako tabelę, wykres funkcji poszczególnych segmentów oraz bull eye.

to jej rolę w monitorowaniu pacjentów wymagających bardzo dokładnej oceny objętości lewej komory, np. w terapii trastuzumabem. Wprowadzenie środków kontrastowych do opacyfikacji LV znacząco poprawiło powtarzalność pomiarów, jednak objętość lewej komory jest często niedoszacowana w badaniu 2D. Wynika to z użycia obrazów nie dokładnie w osi komory i ze skrócenia koniuszka (tzw. fałszywy koniuszek) [4,5].

Problemy te zostały przezwyciężone poprzez zastosowanie techniki trójwymiarowej. Ponieważ analiza objętości i masy LV w tej metodzie oparta jest na analizie całej bryły, a nie uzyskanych w badaniu 2D płaszczyzn, możliwa jest korekta osi z uwidocznieniem prawdziwego koniuszka [4]. Przeprowadzona następnie półautomatyczna analiza objętości LV pozwala na przedstawienie krzywej zmienności objętości lewej komory z obliczeniem objętości końcowoskurczowej i rozkurczowej, a także frakcji wyrzutowej (ryc. 2). Wykazano w licznych badaniach, że echokardiografia RT3D z opacyfikacją lewej komory za pomocą środka kontrastowego cechuje się zgodnością i zmiennością między obserwatorami porównywalną z badaniami radioizotopowymi i MR [2,4,7]. Wpływa to na znaczenie echokardiografii w praktyce klinicznej, szczególnie gdy musi ona konkurować z innymi szybko rozwijającymi się metodami obrazowania, jak MR.

Technika RT3D pozwala także na dokładniejszą ocenę regionalnej dynamiki pracy LV w porównaniu z badaniem 2D. Indywidualne krzywe zmiany objętości reprezentujące każdy z segmentów LV mogą zostać użyte do oceny asynchronii skurczu i do tworzenia parametrycznej mapy synchronii funkcji (ryc. 2) [5]. Jakkolwiek echokardiograficzna ocena asynchronii przed zabiegiem wszczepienia CRT nie jest obecnie standardem klinicznym, wiele badań wskazuje, że dane te mogą być przydatne elektrofizjologom, ponieważ pozwalają dodatkowo zoptymalizować miejsce wszczepienia elektrod stymulujących w CRT [5,6].

## CHOROBA WIEŃCOWA

Obrazowanie RT3D pozwala na szybsze i prostsze uzyskanie obrazów niż w badaniu 2D. Ocena skurczu LV w osi krótkiej na wielu poziomach poprzez ekstrakowanie danych uzyskanych podczas nagrania RT3D istotnie poprawia ocenę zaburzeń kurczliwości odcinkowej i jest przydatnym narzędziem oceny kurczliwości LV [7]. Technika ta jest coraz szerzej stosowana w echokardiograficznych testach obciążeniowych. Dotychczas nie wykazano jednak jej przewagi nad tradycyjnym obrazowaniem 2D, głównym ograniczeniem był mały V/s, ok. 16 Hz. W przypadku badań wysiłkowych i dobutaminowych z szybką czynnością serca na szczycie obciążenia prowadziło to do istotnego ograniczenia czułości metody, szczególnie w przypadku segmentów hipokinetycznych [2,4]. Aparaty echokardiograficzne nowej generacji pozwalają już jednak na uzyskiwanie obrazowania RT3D z częstotliwością ok. 40-50 Hz porównywalną z obrazowaniem 2D z podaniem środka kontrastowego. Ponadto obraz całego serca uzyskiwany jest podczas jednego cyklu skurczu, co umożliwi zasto-



sowanie techniki RT3D w badaniach wysiłkowych, a nie tylko, jak dotychczas, farmakologicznych.

Ocena perfuzji mięśnia sercowego w badaniu echokardiograficznym pozostaje na razie w zakresie badań naukowych i nie jest dopuszczona do szerokiej praktyki klinicznej. Wydaje się jednak niezwykle wartościową metodą diagnostyczną w przyszłości. Wykazano, że RT3D pozwala na zlokalizowanie i dokładną ocenę ilościową perfuzji lub jej zaburzeń w większości segmentów mięśnia LV [8].

Podsumowując, mimo że zastosowanie RT3D w echokardiograficznych badaniach obciążeniowych daje ogromne nadzieje, potrzebne są dalsze prace badawcze, które pozwolą na ocenę jej roli w diagnostyce choroby wieńcowej i umiejscowienie w praktyce klinicznej między innymi metodami obrazowania serca.

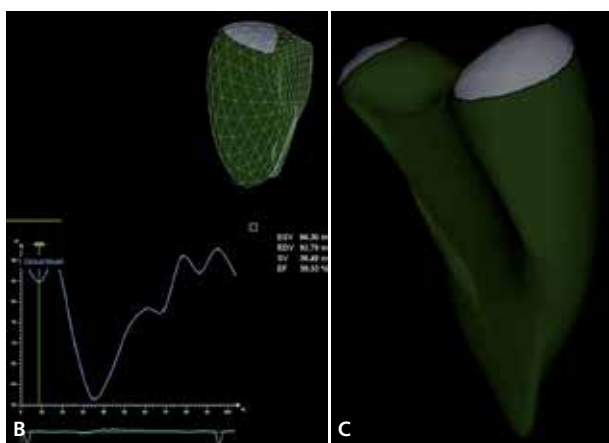
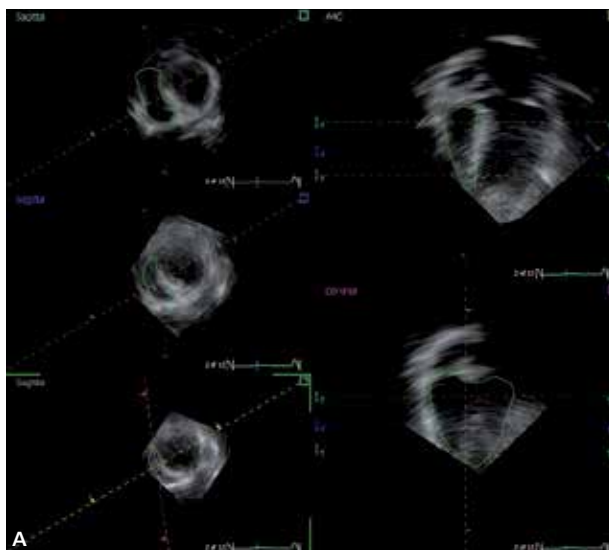
### PRAWA KOMORA

Zainteresowanie prawą komorą (RV) zmieniało się przez lata. Obecnie rola tej komory została doceniona i wiele badań koncentruje się na ocenie jej funkcji w różnych chorobach. Rola echokardiografii 2D w ocenie RV jest niestety bardzo ograniczona. W przypadku LV dzięki jej geometrycznemu kształtowi możliwa jest ocena objętości już na podstawie obrazowania w jednej płaszczyźnie, jednak w przypadku złożonego kształtu RV jest to obarczone zbyt wielkim ryzykiem pomyłki [9,10]. Dlatego obecnie w praktyce klinicznej do oceny objętości RV stosuje się MR. Echokardiograficzna ocena wielkości RV ogranicza się do ustalenia wymiaru w osi krótkiej w projekcji 4C z uwzględnieniem jego stosunku do wielkości LV. Pozostałymi podstawowymi parametrami ocenianymi rutynowo podczas badania echokardiograficznego są ruchomość pierścienia trójdzielnego (TAPSE) oraz ciśnienie w RV obliczane na podstawie badania dopplerowskiego [9].

Echokardiografia trójwymiarowa daje wielkie nadzieje w ocenie RV. Dzięki równoczesnej analizie w wielu płaszczyznach pozwala na dokładne odwzorowanie kształtu komory i obliczenie objętości i frakcji wyrzutowej RV (ryc. 3). Dotychczasowe badania z udziałem niewielu pacjentów wykazywały bardzo dużą zgodność z wynikami MR [5,10]. Wydaje się, że pozwoli ona w przyszłości także na wiarygodną ocenę odcinkowych zaburzeń kurczliwości RV.

### PRZEDSIONKI

Ocena funkcji i objętości lewego przedsionka (LA) to istotna informacja wpływająca na prognozowanie i leczenie znacznej liczby pacjentów z chorobami układu krążenia. Zostało udowodnione, że ocena objętości LA przewyższa klinicznie ocenę wielkości lewego przedsionka opartą jedynie na pomiarze jego powierzchni i wymiarów [5]. Pomiar objętości przy zastosowaniu echokardiografii 2D jako oparty na pewnych założeniach geometrycznych obarczony jest istotnym ryzykiem błędu systemowego. Zastosowanie RT3D wydaje się więc metodą z wyboru do oceny funkcji i struktury LA. Wymaga to jednak dalszego potwierdzenia w badaniach klinicznych.



**RYCINA 3**

Analiza funkcji prawej komory na podstawie danych uzyskanych podczas badania przezklatkowego 3D full volume w czasie rzeczywistym. **A.** Obrysowanie konturu prawej komory w różnych płaszczyznach. **B, C.** Model prawej komory. Krzywa zmiany objętości RV podczas cyklu pracy serca oraz obliczona objętość końcowoskurczowa i końcoworozkurczowa RV, frakcja i objętość wyrzutowa RV.

RT3D pozwala także w większości przypadków na dokładne uwidocznienie ubytku w przegrodzie międzyprzedsionkowej, szczególnie w badaniu przezprzełykowym.

W przypadku guzów serca zlokalizowanych w przedsiionkach RT3D pozwala chirurgowi na lepszą orientację przestrzenną lokalizacji guza w odniesieniu do pozostałych struktur serca z bardzo dokładną wizualizacją miejsca jego umocowania. Ułatwia także ocenę zajęcia procesem nowotworowym sąsiadujących struktur serca, np. płatków zastawek (ryc. 4) [11].

### WADY ZASTAWKOWE

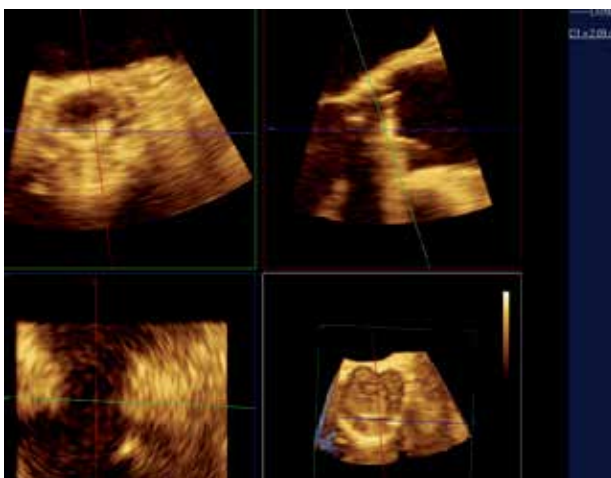
#### Zastawka mitralna

Przeklatkowa echokardiografia trójwymiarowa pozwala na dokładne uwidocznienie zastawki mitralnej [5,12]. Obrazy zwykle rejestrowane są w projekcji konesuszkowej z wizualizacją w różnych płaszczyznach, ale



**RYCINA 4**

Sarcoma – guz umiejscowiony w prawym sercu w okolicy zastawki trójdzielnej z zajęciem płatka przegrodowego. Przekłatkowy obraz 3D live w czasie rzeczywistym.



**RYCINA 5**

Zastawka aortalna. Wizualizacja off-line z przedstawieniem obrazu 3D oraz obrazów 2D w różnych płaszczyznach. Analiza przeprowadzona na podstawie danych zarejestrowanych podczas przezprzełykowego badania RT3D.

głównie w osi krótkiej z widokiem od strony przedsionka lub komory. Możliwa jest ocena struktury i funkcji zastawki, a zastosowanie techniki kolorowego doplera pozwala na dokładne uwidocznienie jetu niedomykalności. Ma to szczególne znaczenie w przypadku niedomykalności o niecentralnym jecie często niedoszacowanej w technice 2D [13]. Główny postęp w zakresie oceny zastawki mitralnej techniką 3D dokonał się jednak po wprowadzeniu RT3D TEE, dlatego zastawka ta zostanie dokładnie omówiona w rozdziale poświęconym badaniu przezprzełykowemu.

### Zastawka aortalna

W piśmiennictwie obecnie nie ma danych wskazujących na przewagę obrazowania 3D TTE zastawki aortalnej w porównaniu z tradycyjną echokardiografią dwuwymiarową. Niewątpliwie technika 3D TTE pozwala jednak na znacznie dokładniejszą i bardziej powtarzalną ocenę funkcji i wielkości LV – parametrów odgrywających kluczową rolę w monitorowaniu pacjentów z wadą aortalną. Ostatnio wykazano, że zastosowanie techniki RT3D w badaniu przezprzełykowym pozwala na dokładniejszy pomiar pola zastawki aortalnej [13] (ryc. 5).

### Zastawka trójdzielna

Zastawka ta ma złożoną strukturę i funkcję. W echokardiografii 2D jest niezwykle trudno uwidocznić wszystkie 3 płatki w jednej płaszczyźnie. Utrudnia to ocenę poszerzenia pierścienia trójdzielnego i koaptacji płatków [15]. Przy zastosowaniu techniki RT3D obrazy są uzyskiwane w projekcji koniuszkowej w osi krótkiej. Wizualizacja zastawki trójdzielnej w tej płaszczyźnie znacznie lepiej uwidacznia jej geometrię i wnosi nowe ważne dane do oceny jej struktury i funkcji [15]. Ma to szczególne znaczenie przy ocenie przedoperacyjnej w przypadku istotnej niedomykalności trójdzielnej.

### Wady wrodzone

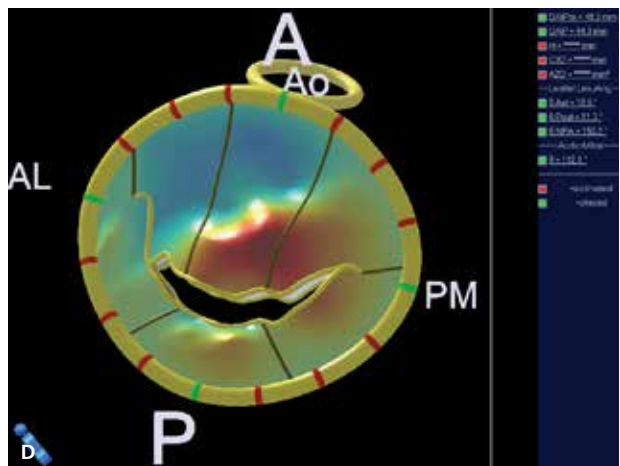
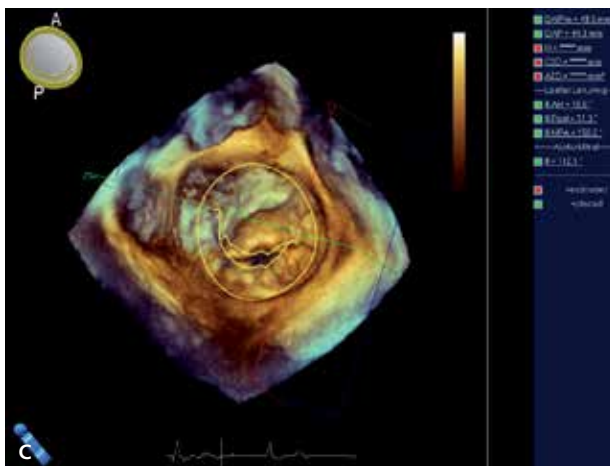
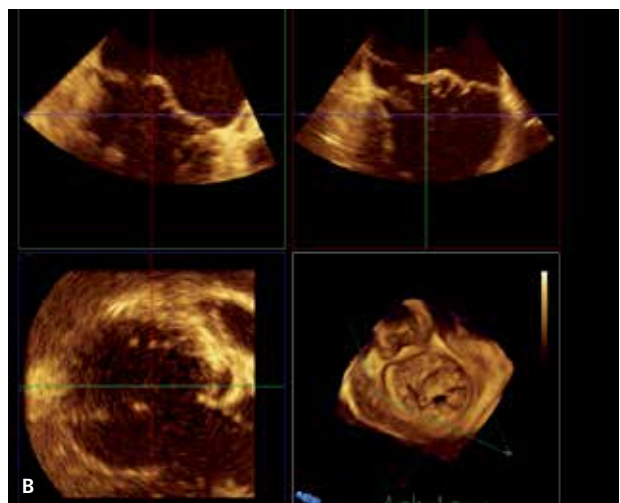
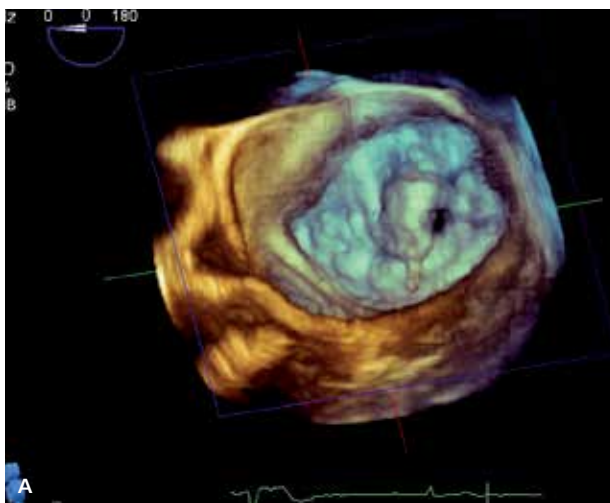
Wprowadzenie do praktyki klinicznej głowic 3D generujących wysokie częstotliwości spowodowało, że technika RT3D stała się istotnym elementem obrazowania echokardiograficznego w wadach wrodzonych [2,5,16]. Ta obszerna tematyka wykracza jednak poza ramy niniejszego artykułu.

## Echokardiografia przezprzełykowa

Podobnie jak w badaniu przekłatkowym, technika 3D oparta na odtworzeniu obrazu 3D na podstawie nagrań 2D (zmiana kąta obrazowania 3-5°) dostępna była od wielu lat. Ponieważ była bardzo czasochłonna, np. uzyskanie obrazu zastawki mitralnej przez doświadczonego operatora trwało ok. 15 minut, miała ograniczone zastosowanie w praktyce klinicznej. Przełom nastąpił z wprowadzeniem w 2007 roku RT3D TEE. Metoda ta szybko stała się złotym standardem w przed- i okołoperacyjnej ocenie zastawki mitralnej oraz monitorowaniu niektórych zabiegów w pracowni hemodynamicznej (zamknięcie ubytku w przegrodzie międzyprzedsionkowej, zamykanie przecieków okołozastawkowych, TAVI).

### OCENA ZASTAWKI MITRALNEJ

Echokardiografia trójwymiarowa stała się wartościowym narzędziem w ocenie zastawki mitralnej. W przypadku stenozы mitralnej przezprzełykowa RT3D wykazała bardzo dużą zgodność w ocenie przedoperacyjnej w porównaniu z TEE, szczególnie poprawiając ocenę wady przez mniej doświadczonych operatorów [12]. Co ważne, może być rutynowo stosowana w praktyce klinicznej także u pacjentów z istotnymi zwężeniami zastawki. Przezprzełykowe



**RYCINA 6**

Zastawka mitralna – ocena 3D w badaniu przezprzełykowym. **A.** Obraz live od strony lewego przedsionka u pacjenta z istotną niedomykalnością mitralną w przebiegu zerwania nici ścięgnistych i wpadania fragmentu płątk przedniego (A2, płatek cepowaty [flail leaflet]) do lewego przedsionka. **B.** Analiza off-line u tego samego pacjenta z pomiarem rozmiarów i oceną kształtu pierścienia mitralnego. **C, D.** Wizualizacja powierzchni wypadania płątk i pola niedomykalności mitralnej.

badanie RT3D stało się obecnie standardem obrazowania przed kwalifikacją do przeszłonnych zabiegów walwuloplastyki mitralnej, doskonale uwidaczniając jej morfologię [14,18]. Widok od strony lewego przedsionka pozwala na bardzo dokładne zobrazowanie struktury i funkcji obu płatków oraz komisur. Możliwa jest także bardzo dokładna planimetryczna ocena powierzchni ujścia mitralnego.

Obrazowanie RT3D z kolorem jest przydatne w ocenie niedomykalności mitralnej. Lepiej niż badanie 2D pozwala na ocenę stopnia niedomykalności, a także lepiej określa przyczynę niedomykalności z uwzględnieniem roli poszczególnych struktur aparatu zastawkowego i podzastawkowego (ryc. 6). Oprócz oceny płatków zastawki mitralnej RT3D TEE pozwala na bardzo szczegółową analizę ukształtowania pierścienia mitralnego [3,16]. Fizjologicznie ma on kształt siodła. Obecnie wiadomo, że odpowiedzialna za nasilenie niedomykalności przebudowa pierścienia polega nie tylko na poszerzeniu (rozstrzeń), ale także na jego spłaszczeniu [13]. Dokładne uwidocznienie i analiza struktury zastawki w badaniu przedoperacyjnym pozwala chirurgowi lepiej przygotować się

do zabiegu naprawy zastawki mitralnej i indywidualnie dobrać rodzaj wszczepianego pierścienia mitralnego [18]. Obrazy te ułatwiają także chirurgowi kwalifikację do zabiegu naprawy lub wymiany zastawki mitralnej (ryc. 7).

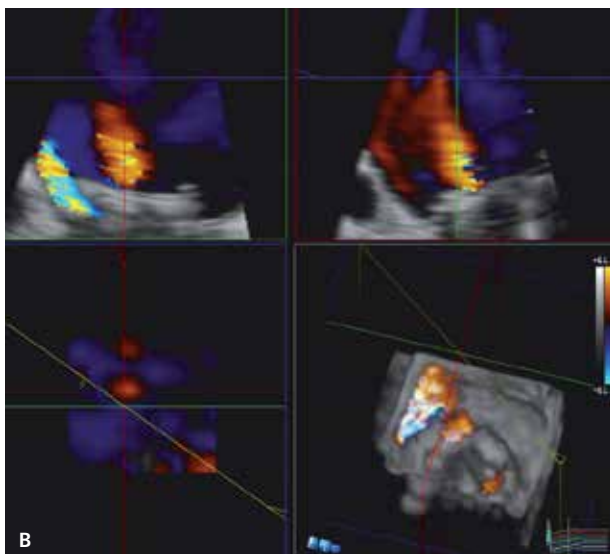
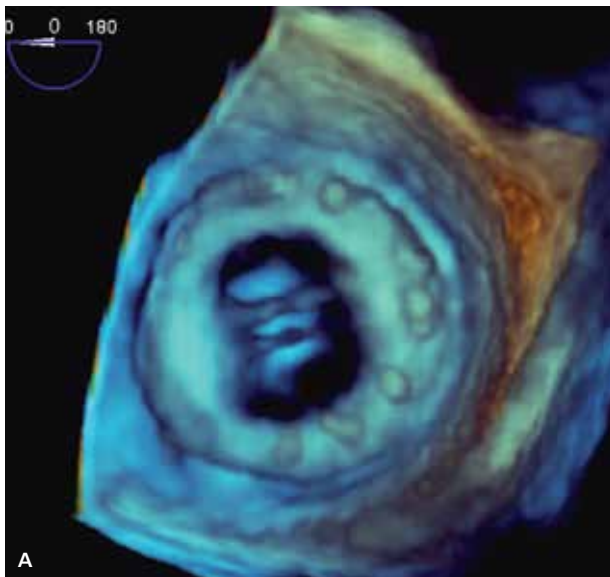
Badanie RT3D TEE znacznie poprawiło ocenę sztucznych zastawek w pozycji mitralnej. Podobnie jak w przypadku zastawek naturalnych, obrazowanie z widokiem od strony lewego przedsionka pozwala lepiej uwidocznić i ocenić ruchomość płatków oraz ewentualną fałę niedomykalności. W przypadku przecieku okołozastawkowego możliwa jest jego bardzo dokładna ocena, łącznie z planimetrycznym pomiarem pola. Obrazowanie RT3D jest także standardem monitorowania zabiegów przeszłonowego zamykania przecieku okołozastawkowego (ryc. 7,8) [17].

#### **MONITOROWANIE ZABIEGÓW W PRACOWNI HEMODYNAMICZNEJ**

##### **ASD i PFO**

Wprowadzenie przezprzełykowej RT3D do monitorowania zabiegów przeszłonowego zamykania ubytków

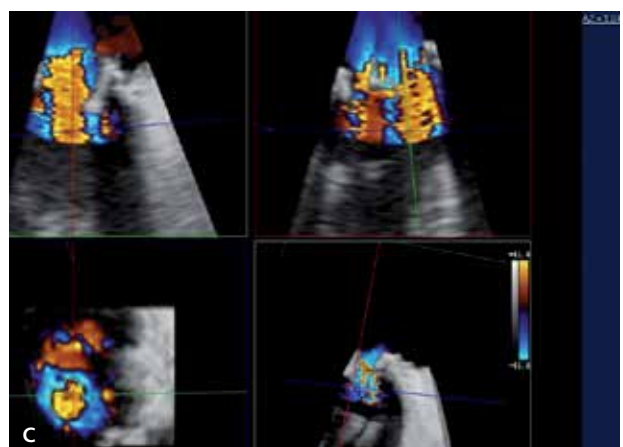
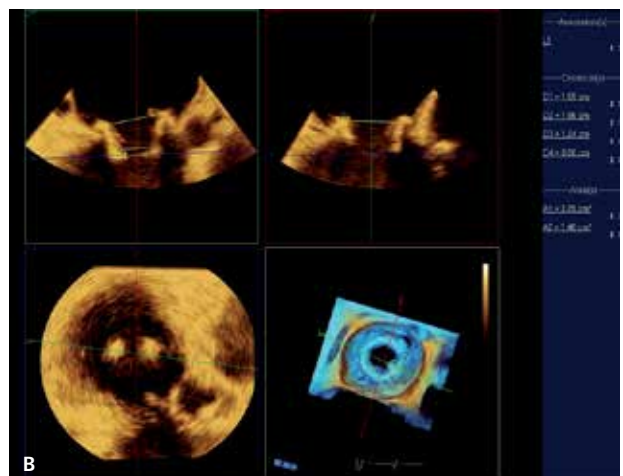
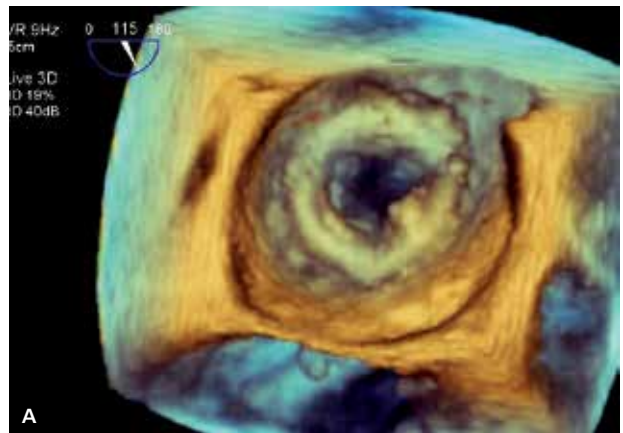




**RYCINA 7**

Sztuczna zastawka mitralna (dwupłatkowa) – badanie przezprzełykowe. **A.** Obraz live – widok od strony lewego przedsionka. Wyraźnie widoczny pierścień zastawki i otwarte płatki zastawki. **B.** Analiza off-line obrazu z kolorowym doplerem – widoczne fizjologiczne 2 fale niedomykalności śródzastawkowej oraz istotny przeciek okołozastawkowy. Możliwa dokładna i szybka ocena miejsca i wielkości przecieku okołozastawkowego podczas przezprzełykowego badania śródoperacyjnego monitorującego proces wymiany zastawki mitralnej.

w przegrodzie międzyprzedsionkowej pozwala przede wszystkim na lepszą kwalifikację pacjentów, a podczas samego zabiegu ułatwia szybsze dobranie rozmiaru okłudeira i ocenę jego ustabilizowania w przegrodzie (ryc. 9, 10) [17,19]. Równoczesne obrazowanie w 3D i 2 płaszczyznach 2D ułatwia też operatorowi orientację przestrzenną (ryc. 11). Sumarycznie pozwoliło to na znaczne skrócenie czasu naświetlania RTG podczas zabiegu [19]. RT3D TEE ułatwia orientację przestrzenną także w przypadku zabiegów zamknięcia PFO i pozwala na lepszą ocenę położenia okłudeira (ryc. 12) [17].



**RYCINA 8**

Biologiczna zastawka mitralna. Obrazowanie przezprzełykowe 3D w czasie rzeczywistym. **A.** Obraz live – widok od strony lewego przedsionka. **B.** 3D z wizualizacją 2D w różnych płaszczyznach. **C.** Analiza off-line danych uzyskanych podczas RT3D z kolorowym Doplerem. Dokładny, planimetryczny pomiar efektywnego ujścia mitralnego (1 cm<sup>2</sup>) na podstawie obrysowania obrazu kolorowego Dopplera. Wyraźnie widoczne zwężenie zastawki spowodowane nierozprężeniem się stelaża przy niezaburzonym przepływie krwi na poziomie pierścienia i płatków zastawki. Z: Payne JR, Pathi V, Kelly R, Sonecki P. Eur J Echocardiogr 2010; 11 (2): 192-194.

czając wielu istotnych informacji, często niedostępnych na podstawie obrazu 2D. Można oczekiwać, że z dalszym postępowaniem technicznym obrazowanie 3D stanie się podstawowym standardem badania echokardiograficznego.

## Piśmiennictwo

1. Dekker DL, Piziali RL, Dong E jr. A system for ultrasonically imaging the human heart in three dimensions *Comput Biomed Res* 174; 7: 544-53.
2. Zamorano J. Developments in 3D Echocardiography. *Eur Cardiology* 2010; 5 (2).
3. Nesser HJ, Mor-Avi V, Gorissen W, et al. Quantification of left ventricular volumes using three-dimensional echocardiographic speckletracking: comparison with MRI *Eur Heart J* 2009; 30 (13): 1565-73.
4. Hozumi T, Yoshikawa J. Left ventricle, Coronary artery disease. W: Shiota T (red.) 3D Echocardiography. Informa, UK 2007: 11-37.
5. Mor-Avi V, Sugeng L, Lang RM. Real-time 3-dimensional echocardiography: an integral component of the routine echocardiographic examination in adult patients? *Circulation* 2009; 119 (2): 314-29.
6. Kautzner J, Peichl P. 3D and 4D echo-applications in EP laboratory procedures. *J Interv Card Electrophysiol* 2008; 22 (2): 139-44.
7. Yoshitani H, Takeuchi M, Mor-Avi V, et al. Comparative diagnostic accuracy of multiplane and multislice three-dimensional dobutamine stress echocardiography in the diagnosis of coronary artery disease. *J Am Soc Echocardiogr* 2009; 22 (5): 437-42.
8. Bhan A, Kapetanakis S, Rana BS, et al. Real-time three-dimensional myocardial contrast echocardiography: is it clinically feasible? *Eur J Echocardiogr* 2008; 9: 761-765.
9. Badano LP, Ghingina C, Easaw J, et al. Right ventricle in pulmonary arterial hypertension: haemodynamics, structural changes, imaging, and proposal of a study protocol aimed to assess remodelling and treatment effects. *Eur J Echocardiogr* 2010; 11: 27-37.
10. Grapsa J, O'Regan DP, Pavlopoulos H, et al. Right ventricular remodelling in pulmonary arterial hypertension with three-dimensional echocardiography: comparison with cardiac magnetic resonance imaging. *Eur J Echocardiogr* 2010; 11: 64-73.
11. Plana JC. Added value of real-time three-dimensional echocardiography in assessing cardiac masses. *Curr Cardiol Rep* 2009; 11 (3): 205-9.
12. Zamorano J, de Agustín JA. Three-dimensional echocardiography for assessment of mitral valve stenosis. *Curr Opin Cardiol* 2009; 24 (5): 415-9.
13. Kwan J. Valvular heart disease; Mitral valve; Functional mitral regurgitation. W: Shiota T (red.) 3D Echocardiography. Informa, UK 2007: 85-95.
14. Nakai H, Takeuchi Y, Yoshitani H, et al. Pitfalls of anatomical aortic valve area measurements using two dimensional transoesophageal echocardiography and the potential of three dimensional transoesophageal echocardiography. *Eur J Echocardiogr* 2010; 11: 369-76.
15. Hozumi T, Yoshikawa J. Valvular heart disease; Tricuspid Valve. W: Shiota T (red.) 3D Echocardiography. Informa, UK 2007: 107-113.
16. Mertens L, Friedberg MK. The gold standard for noninvasive imaging in congenital heart disease: echocardiography. *Curr Opin Cardiol* 2009; 24: 119-124.
17. Balzer J, Kelm M, Kühl HP. Real-time three-dimensional transoesophageal echocardiography for guidance of non-coronary interventions in the catheter laboratory. *Eur J Echocardiogr* 2009; 10 (3): 341-9.
18. Solis J, Sitges M, Levine RA, et al. Three-dimensional echocardiography. New possibilities in mitral valve assessment. *Rev Esp Cardiol* 2009; 62 (2): 188-98.
19. 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: 1-8.

Odpowiedź ze str. 46

## Odpowiedź:

Powodem złego stanu pacjentki jest ostre rozwarstwienie aorty powstałe najprawdopodobniej wskutek wieloletniego nadciśnienia tętniczego, uszkadzającego błonę wewnętrzną naczynia. Do rozwarstwienia może dojść zarówno w naczyniu o prawidłowej średnicy, jak i w tętniaku aorty (ryc. 1). Warto także pamiętać, że w przebiegu rozwarstwienia aorta może ulegać systematycznemu poszerzaniu na skutek wypełniania światła rzekomego krwią. Określenie średnicy naczynia na różnych poziomach (pierścienia zastawki, opuszki, połączenia sinotubularnego, łuku) jest zatem ważnym elementem obrazowania. Dla postawienia rozpoznania za całkowicie wystarczające uważa się uwidocznienie odwarstwionej błony wewnętrznej w więcej niż jednej projekcji w echokardiograficznym badaniu transtorakalnym (ryc. 1, 4). W przedstawionym przypadku do przerwania ciągłości błony wewnętrznej doszło w części wstępującej, tuż powyżej zastawki aortalnej. Taki rodzaj rozwarstwienia (I typ wg De Bekeya oraz typ A wg Stanford) wiąże się ze

szczególnie złośliwym przebiegiem, ponieważ bywa powikłany niedomykalnością zastawki aortalnej, perforacją do worka osierdziowego, zawałem serca, ostrą niewydolnością serca. W przedstawionym przypadku poza ostrą niedomykalnością aortalną (ryc. 2) i płynem w jamie osierdza (ryc. 3) doszło także do zawału mięśnia sercowego w wyniku objęcia rozwarstwieniem prawej tętnicy wieńcowej. W diagnostyce zawału serca towarzyszącemu rozwarstwieniu aorty nie należy kierować się stwierdzeniem hipokinetyzacji odcinkowej, ponieważ ostra niedomykalność aortalna wnikająca rozwarstwienie może maskować istniejące zaburzenia kurczliwości. To, że rozwarstwienie w przedstawionym przypadku obejmuje także naczynia dogłowe, wiemy z badania fizykalnego, w którym rejestrowano istotną różnicę ciśnień między kończynami prawą a lewą. Objaw ten jest wyrazem poszerzania się światła kanału rzekomego na naczynia odchodzące od aorty i wtórnego do tej sytuacji spadku ciśnienia tętniczego i deficytu tętna. Rozwarstwienie obejmujące aortę wstępującą jest wskazaniem do natychmiastowego leczenia operacyjnego.