

Anatomia i czynność prawidłowej prawej komory w echokardiogramie

Anna Klisiewicz

Zakład Diagnostyki Nieinwazyjnej Instytutu Kardiologii w Aninie

Od początku rozwoju echokardiografii mniej uwagi poświęcano prawej niż lewej komorze serca. Przynajmniej częściowo wynikało to z przekonania, że prawa komora jest tylko biernym połączeniem między żyłami systemowymi a krążeniem płucnym [1–3]. Zrozumienie znaczenia prawej komory znacznie podniosło wymagania diagnostyczne. Dodatkowo okazało się, że nieprawidłowości w budowie i funkcji prawej komory nie występują rzadko. W niewyselekcjonowanej grupie 9000 echokardiogramów patologie w zakresie prawej komory wystąpiły w 18% przypadków [4].

Kształt prawej komory nie przypomina żadnej bryły geometrycznej, nie podlega więc prostej analizie strukturalnej [5]. Prawa komora dzieli się na 3 części: drogę napływu, jamę główną, zwaną również częścią beleczkowaną, i drogę odpływu. Droga napływu jest związana z zastawką trójdzielną — rozciąga się od pierścienia trójdzielnego do dystalnych przyczepów zastawki trójdzielnego do mięśni brodawkowatych. Mięśnie brodawkowate przytrzymujące zastawkę trójdzielną składają się z dużego pojedynczego mięśnia przedniego przymocowanego do przedniej ściany prawej komory, który przechodzi w wiązkę pośrednią, oraz kilku małych mięśni tylnych i przegrodowych przymocowanych odpowiednio do ściany dolnej i wiązki ściennej. Droga napływu i odpływu prawej komory oddzielone są czterema wiązkami mięśniowymi: wiązką pośrednią, będącą przedłużeniem mięśnia brodawkowatego przedniego, wiązką przegrodową, wiązką ścienną z jej przednim i tylnym brzegiem oraz odpływowym segmentem przegrody międzykomorowej. Ze względu na funkcję prawej komory bardzo duże znaczenie ma wiązka ścienna, praktycznie niedo-

stępna badaniu echokardiograficznemu. Natomiast wiązka pośrednia, która biegnie od przegrody międzykomorowej do ściany wolnej, jest echograficznym znacznikiem prawej komory.

Echokardiografia nie mogła nie uwzględniać wymagań diagnostycznych wobec prawej komory, szczególnie że jej sierpowaty kształt, bogate beleczkowanie, położenie tuż za mostkiem, a przez to narażenie na artefakty, powodują trudności w diagnostyce echokardiograficznej prawej komory. W 1986 roku Foale i wsp. [6] zaproponowali projekcje i normy echograficzne dla uwidocznienia wszystkich części prawej komory (tab. 1). Trzy części prawej komory — droga napływu, jama główna i droga odpływu — są zlokalizowane w różnych płaszczyznach, dlatego ich ocena i pomiar muszą odbywać się w oddzielnych projekcjach. Te same projekcje obrazują stosunki anatomiczne poszczególnych ścian mięśnia prawej komory. Projekcje proponowane przez Foale i wsp. są bardzo rozbudowane i cha-

Tabela 1. Echokardiograficzne wymiary prawej komory według Foale i wsp.

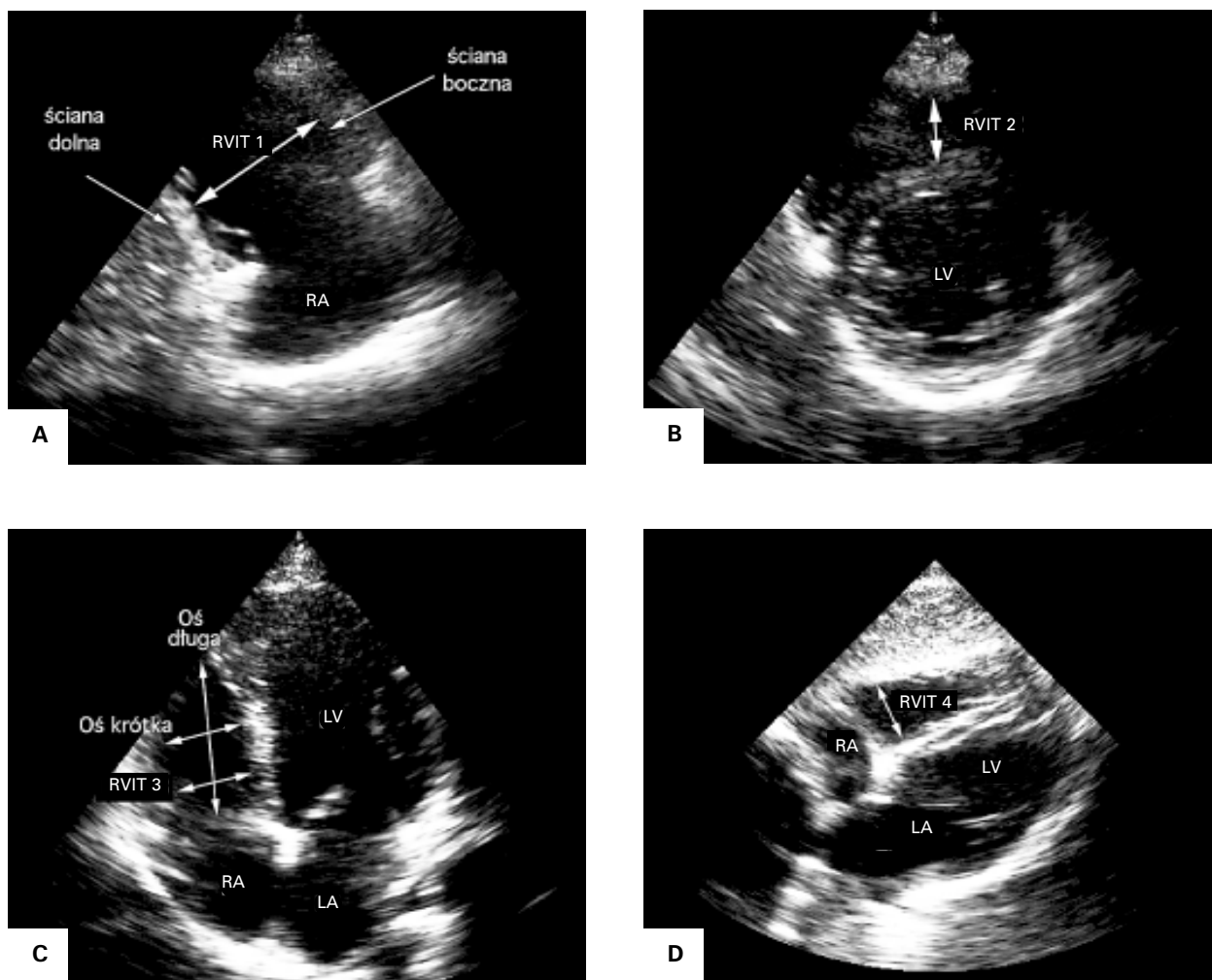
| Miejsce pomiaru | Zakres wartości [cm] | Wartość średnia [cm] |
|-----------------|----------------------|----------------------|
| RVIT 1 | 3,7–5,4 | 4,5 |
| RVIT 2 | 2,4–3,9 | 3,0 |
| RVIT 3 | 1,5–3,0 | 2,4 |
| RVIT 4 | 4,0–7,0 | 5,1 |
| RVOT 1 | 1,8–3,0 | 2,2 |
| RVOT 2 | 1,8–2,9 | 2,3 |
| RVOT 3 | 1,4–2,6 | 2,0 |
| RVOT 4 | 2,0–3,2 | 2,7 |
| RV SAX | 2,4–3,7 | 3,0 |
| RV LAX | 6,9–8,9 | 7,6 |

RVIT — droga napływu prawej komory; RVOT — droga odpływu prawej komory; RV SAX (*short axis*) — prawa komora w osi krótkiej; RV LAX (*long axis*) — prawa komora w osi długiej

Adres do korespondencji: Dr med. Anna Klisiewicz
Zakład Diagnostyki Nieinwazyjnej IK w Aninie
ul. Alpejska 42, 04–628 Warszawa

rakteryzują się pewnymi ograniczeniami. Drogę napływu prawej komory (RVIT, *right ventricular inflow tract*) można pokazać w projekcji przymostkowej w osi krótkiej (ryc. 1B — RVIT 2) i podmostkowej (ryc. 1D — RVIT 4). Pomiary w tych projekcjach charakteryzują się małą powtarzalnością i są dostępne u ok. 70% badanych. Zatem do oceny drogi napływu prawej komory dla potrzeb diagnostycznych, prawdopodobnie wystarczają 2 pomiary — z projekcji przymostkowej w osi długiej na drogę napływu (ryc. 1A — RVIT 1) i z projekcji koniuszkowej czterojamowej (ryc. 1C — RVIT 3). Tradycyjnie podawany wymiar drogi odpływu prawej komory (RVOT, *right ventricular outflow tract*) — jako odpowiadający wymiarowi z *M-mode* — z projekcji przymostko-

wej w osi długiej (ryc. 1E — RVOT 1) nie jest ani rzeczywistą drogą odpływu, ani jej jamą główną i tylko w przybliżeniu oddaje wielkość jamy prawej komory. Równie często podawany wymiar z projekcji naczyniowej charakteryzuje się małą powtarzalnością pomiarów (ryc. 1G — RVOT 4). Drogę odpływu prawej komory powinno się mierzyć w projekcji przymostkowej w osi krótkiej na drogę odpływu prawej komory (ryc. 1F — RVOT 2 i RVOT 3). Jest to łatwo dostępna projekcja o dużej powtarzalności pomiarów, która prezentuje prawdziwą drogę odpływu. Jamę główną prawej komory mierzy się tylko w projekcji koniuszkowej czterojamowej — należy podać jej wymiary w osi krótkiej i długiej (ryc. 1C). Tak samo jak przy pomiarach le-

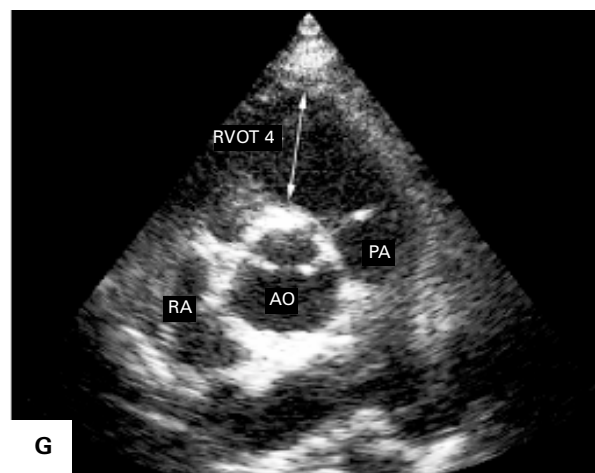
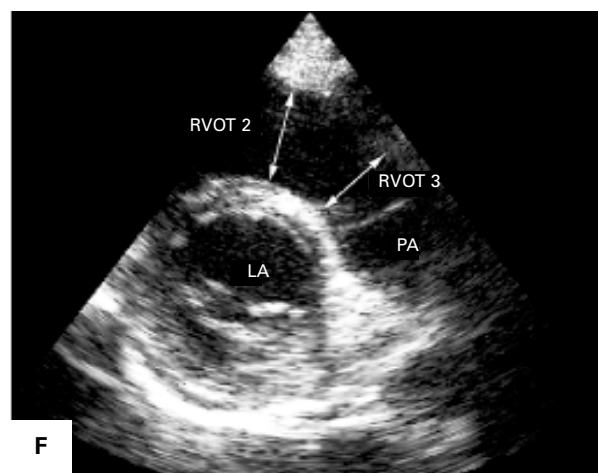
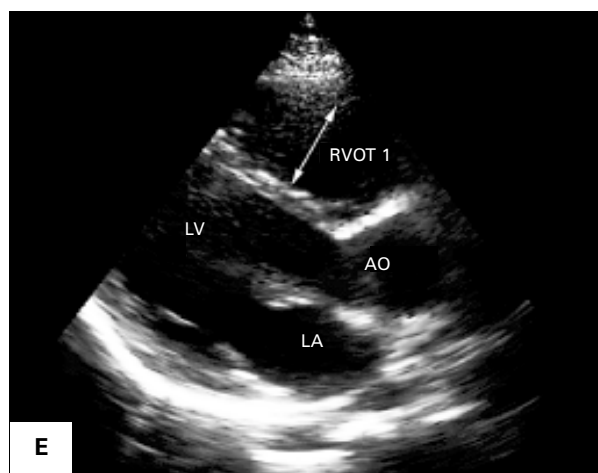


Ryc. 1. Projekcje echokardiograficzne przezskłatkowe dla uwidocznienia prawej komory. **A.** Projekcja przymostkowa na drogę napływu prawej komory (RVIT 1), projekcja ta uwidacznia również ścianę dolną oraz ścianę boczną; RA — prawy przedsionek; **B.** Projekcja przymostkowa w osi krótkiej na wysokości komór — RVIT 2 droga napływu prawej komory; LA — lewy przedsionek; **C.** Projekcja koniuszkowa czterojamowa na drogę napływu prawej komory (RVIT 3) oraz jama główna w osi krótkiej i długiej; LV — lewa komora; **D.** Projekcja podmostkowa czterojamowa — widoczna droga napływu prawej komory (RVIT 4) oraz ściana dolna (przeponowa).

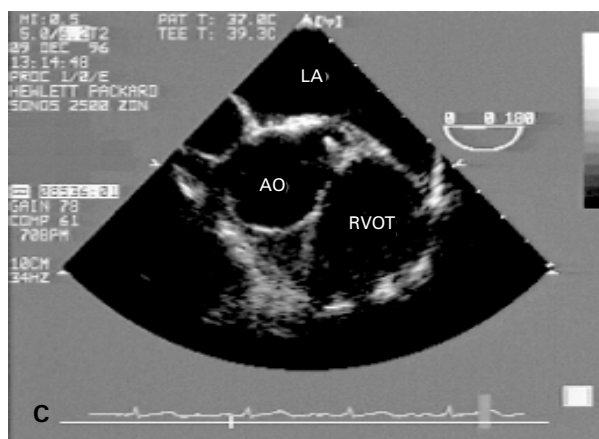
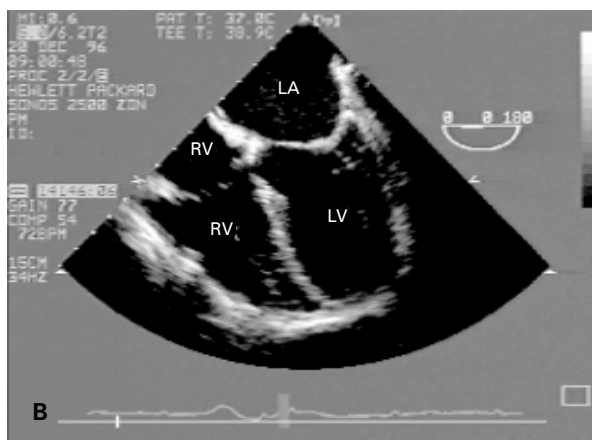
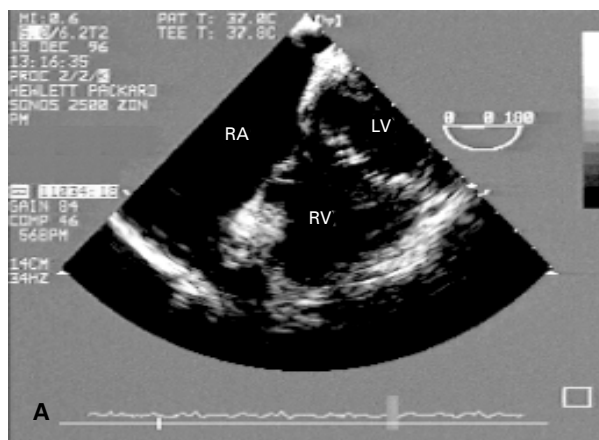
wej komory, należy zwracać uwagę, aby uzyskać rzeczywistą oś długą prawej komory. Wymiary prawej komory podlegają zmianom zależnym od pozycji badanego [7] i są większe w ułożeniu lewobocznym. Również deformacje klatki piersiowej wpływają na echograficzne wymiary prawej komory. Zwiększenie tych wymiarów może nastąpić bez organicznej choroby serca u osób z małym wymiarem przednio-tylnym klatki piersiowej [8].

Pomimo rozbudowanych projekcji diagnostyka prawej komory w badaniu przezklatkowym napotyka dwa poważne ograniczenia: złą jakość obrazu oraz artefakty wynikające z bliskości badanych struktur i głowicy. Wprowadzenie echokardiografii przezprzelykowej otworzyło zupełnie nowe możliwości

diagnostyczne i powtórzyła się sytuacja dotycząca rozwoju echokardiografii przezklatkowej: mniej uwagi poświęcano diagnostyce prawej komory niż innych struktur serca. Wynikało to głównie z ograniczonej wizualizacji prawej komory w badaniu jednopłaszczyznowym. W projekcji przezprzelykowej niskiej płaszczyzna badania odpowiada płaszczyźnie ujścia zatoki wieńcowej i obrazuje prawy przedsionek, zastawkę trójdzielną i fragment drogi napływu prawej komory (ryc. 2A). Projekcja przezprzelykowa środkowa jest odpowiednikiem projekcji czterojamowej — z zastrzeżeniem, że trudniej jest uzyskać rzeczywistą oś długą prawej komory (ryc. 2B). Projekcja przezprzelykowa wysoka obrazuje fragment drogi odpływu prawej komory (ryc. 2C). Projekcje te nie odzwierciedlają jednak złożonej budowy prawej komory. Szczegółne trudności sprawia droga odpływu prawej komory. Wprowadzenie nowych technik badania przezprzelykowego — badanie z dna żołądka [9] i głowice wielopłaszczyznowe [10] — otworzyły nowe możliwości w obrazowaniu prawej komory. Przy użyciu głowic wielopłaszczyznowych możliwe jest badanie w dowolnej płaszczyźnie w zakresie 0–180°. W zależności od pozycji przetwornika w przełyku i stopnia odchylenia płaszczyzny, można uzyskać bardzo różnorodne projekcje badanej struktury, co dotyczy również prawej komory. Wobec dużej liczby otrzymywanych przekrojów standaryzacja obrazów jest trudna. W praktyce należy szukać takiej projekcji, która najlepiej obrazuje daną strukturę. Projekcja przezprzelykowa środkowa w płaszczyźnie



Ryc. 1. cd. Projekcje echokardiograficzne przezklatkowe dla uwidocznienia prawej komory. **E.** Projekcja przymostkowa w osi długiej, widoczny fragment prawej komory, traktowany jako jej droga odpływu (RVOT 1); AO — aorta; **F.** Projekcja przymostkowa w osi krótkiej na drogę odpływu prawej komory (RVOT 2, RVOT 3); PA — pień płucny; **G.** Projekcja przymostkowa w osi krótkiej na wysokości pni naczyńiowych — widoczna droga odpływu prawej komory (RVOT 4).



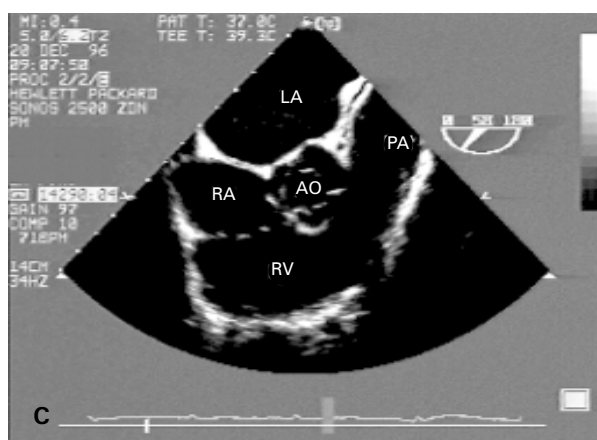
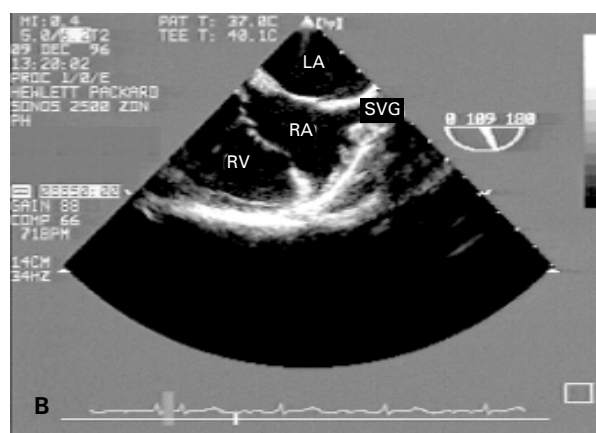
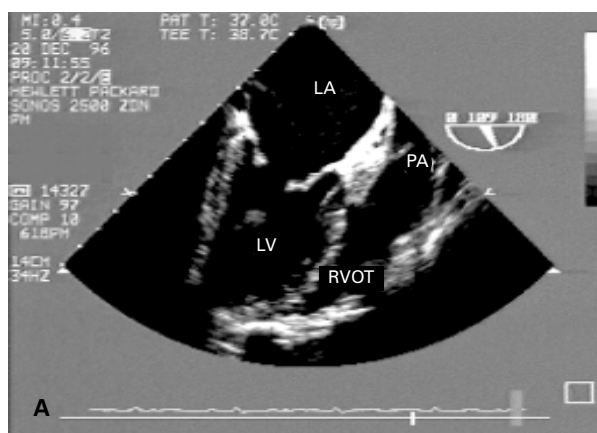
Ryc. 2. Projekcje przezprzełykowe jednopłaszczyznowe. **A.** Projekcja przezprzełykowa niska na poziomie ujścia zatoki wieńcowej i zastawki trójdzielnej; **B.** Projekcja przezprzełykowa czterojamowa; **C.** Projekcja przezprzełykowa wysoka na poziomie drogi odpływu prawej komory (RVOT); RA — prawy przedsionek; RV — prawa komora; LV — lewa komora; AO — aorta.

ok. 100° uwidacznia drogę odpływu prawej komory i tętnicę płucną (ryc. 3A). Niewielkie wysunięcie głowicy i rotacja w lewo obrazują prawy przedsionek, zastawkę trójdzielną i fragment drogi napływu prawej komory (ryc. 3B). Projekcja przezprzełykowa wysoka w płaszczyźnie pośredniej prawej uwidacznia prawy przedsionek, zastawkę trójdzielną, drogę napływu i odpływu prawej komory oraz tętnicę płucną (ryc. 3C), co w porównaniu z projekcją wysoką jednopłaszczyznową umożliwia zupełnie nową jakość oceny.

Mimo przedstawionych ograniczeń i trudności w obrazowaniu prawej komory badanie echokardiograficzne jest metodą z wyboru przy ocenie jej anatomii. Znacznie trudniejsza jest ocena czynności prawej komory. Początkowo uważano ją za bierne połączenie między żyłami obwodowymi a krążeniem płucnym. Obecnie przypisuje się jej dwie ważne funkcje — utrzymanie niskiego ciśnienia w obwodowym układzie żylnym (poniżej ciśnienia onkotycznego osocza) oraz tłoczenie krwi przez płuca. W zależności od warunków hemodynamicznych jedna bądź druga funk-

cja staje się ważniejsza. Podstawowe znaczenie dla funkcji prawej komory ma obciążenie następcze, czyli podatność i ciśnienie w krążeniu płucnym. Mniejszą rolę odgrywa przeciążenie objętościowe.

Na echokardiograficzną ocenę czynności prawej komory składa się kurczliwość, objętość oraz frakcja wyrzutowa, jako pochodna objętości, chociaż nie we wszystkich sytuacjach klinicznych są one równoznaczne. Wszystkie te elementy oceny funkcji prawej komory napotyka trudności w badaniu echokardiograficznym. Kurczliwość prawej komory znacznie różni się od kurczliwości lewej komory. Po pierwsze, wynika to z dużej powierzchni wolnej ściany w stosunku do wyrzucanej objętości. Po drugie, skurcz wolnej ściany odbywa się asymetrycznie — ruchem robaczkowym — co przy małym oporze płucnym powoduje, że duża objętość krwi jest wyrzucana przy małym ruchu mięśniówki. Po trzecie, grubość ściany prawej komory wynosi 3–4 mm [6]. Wszystko to powoduje, że ruch odbywa się przy małej frakcji skracania — parametrem ocenianym echokardiograficznie.



Ryc. 3. Projekcje przezprętkowe z użyciem głowic wielopłaszczyznowych. **A.** Projekcja przezprętkowa środkowa podłużna z uwidocznieniem drogi odpływu prawej komory (RVOT); **B.** Projekcja przezprętkowa środkowa pośrednia lewa z widocznym ujściem żyły głównej górnej, prawym przedsionkiem (RA) i fragmentem drogi napływu prawej komory (SVC); **C.** Projekcja przezprętkowa wysoka z uwidocznieniem drogi napływu i odpływu prawej komory oraz tętnicy płucnej (PA); LA — lewy przedsionek; RV — prawa komora; AO — aorta.

Ocena objętości prawej komory zaczęła być przedmiotem zainteresowania głównie ze względu na ewentualną możliwość obliczania wielkości przecieków. Sierpowaty kształt prawej komory, którego nie można opisać za pomocą prostego modelu geometrycznego, i wybitne beczkowanie jamy głównej stanowią trudności w wiarygodnej ilościowej ocenie objętości prawej komory. Proponowano kilka metod obliczania objętości prawej komory — np. przez odjęcie od objętości całego serca objętości lewej komory [11, 12]. Inne metody stosują przybliżony model geometryczny oparty na pomiarze dwóch prostokątów do siebie projekcji [13, 14]. Również opisywana jest rekonstrukcja trójwymiarowa [15]. Jednak dla celów praktycznych brakuje wiarygodnej i prostej metody [16].

Obrazowanie prawej komory stanowi pasjonujący i ważny problem diagnostyki echokardiograficznej wymagający wiedzy, ale przede wszystkim zwrócenia uwagi na ten często niedoceniany element anatomii serca.

Piśmiennictwo

1. Fontan F, Baudet E. Surgical repair of tricuspid atresia. *Thorax* 1971; 26: 240–248.
2. Jamison W.L., Gemeinhardt W., Alai J. i wsp. Artificial maintenance of the systemic circulation without participation of the right ventricle. *Circ. Res.* 1954; 2: 315–318.
3. Kagan A. Dynamic responses of the right ventricle following extensive damage by cauterisation. *Circulation* 1952; 5: 816–823.
4. Kisslo J. Two-dimensional echocardiography in arrhythmogenic right ventricular dysplasia. *Eur. Heart J.* 1989; 10: 22–26.
5. Setaro J.F., Cleman M.W., Remetz M.S. Right ventricle in disorders causing pulmonary venous hypertension. *Cardiology Clinics.* 1992; 10: 165–183.
6. Foale R., Nihoyannopoulos P., McKenna W. i wsp. Echocardiographic measurement of normal adult right ventricle. *Br. Heart J.* 1986; 56: 33–44.
7. Blomstrom-Lundqvist C., Beckman-Suurcula M., Wallentin J. i wsp. Ventricular dimensions and wall

- motion assessed by echocardiography in patients with arrhythmogenic right ventricular dysplasia. *Eur. Heart J.* 1988; 9: 1291–1302.
8. Marcus F.I., Fontaine G.H., Guiraudon G., i wsp. Right ventricular dysplasia: a report of 24 adult cases. *Circulation* 1982; 65: 384–398.
 9. Hoffman P. Porównanie wartości diagnostycznej echokardiografii przezprzelykowej i przezklatkowej w wadach wrodzonych serca u dorosłych. Rozprawa habilitacyjna; Instytut Kardiologii, Warszawa 1997.
 10. Pandian N., Hsu T.L., Schwartz S.L. i wsp. Multi-plane transesophageal echocardiography. Imaging planes, echocardiographic anatomy and clinical experience. *Echocardiography* 1992; 9: 649–666.
 11. Mongkolsmai D., Williams G.A., Goodgold H. i wsp. Determination of right ventricular ejection fraction by two-dimensional echocardiographic single plane subtraction method. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 1989; 2: 119–124.
 12. Tomita M., Masuda H., Sumi T. i wsp. Estimation of right ventricular volume by modified echocardiographic subtraction method. *Am. Heart J.* 1992; 123: 1011–1022.
 13. Vitolo E., Castini D., Colombo A. i wsp. Two dimensional echocardiographic evaluation of right ventricular ejection fraction: comparison between three different methods. *Acta Cardiol.* 1988; 43: 469–480.
 14. Levine R.A., Gibson T.C., Aretz T. i wsp. Echocardiographic measurement of right ventricular volume. *Circulation* 1984; 69: 497–505.
 15. Linker D.T., Moritz W.E., Pearlman A.S. A new three dimensional echocardiographic method of right ventricular volume measurement: in vitro validation. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1986; 8: 101–106.
 16. Oldershaw P., Bishop A. The difficulties of assessing right ventricular function. *Br. Heart J.* 1995; 74: 99–100.