

## BADANIE ECHOKARDIOGRAFICZNE

### PODSTAWOWE ZASADY

#### BADANIE ECHOKARDIOGRAFICZNE KROK PO KROKU

- Zapoznaj się z danymi klinicznymi i okołoperacyjnymi
- Uzyskaj obrazy protezy zastawkowej
- Oceń protezę zastawkową za pomocą badania dopplerowskiego
  - Poszukaj zwężenia protezy zastawkowej*
  - Poszukaj niedomykalności protezy zastawkowej*
- Oceń geometrię i funkcję lewej komory

Określ ciśnienia płucne oraz funkcję prawego serca

### RODZAJE ZASTAWEK

- Biologiczna proteza zastawki aortalnej
- Protezy naczyniowe z zastawką i zabiegi naczyniowe z podwieszeniem zastawki
- Mechaniczne zastawki aortalne
- Zabieg naprawczy zastawki mitralnej
- Biologiczne protezy zastawki mitralnej
- Mechaniczne zastawki mitralne
- Protezy i pierścienie zastawki trójdzielnej
- Wymiany zastawki pnia płucnego

### PYTANIA DO SAMOKONTROLI

## BADANIE ECHOKARDIOGRAFICZNE: PROTEZY ZASTAWKOWE

### BADANIE PRZEKŁATKOWE

#### OBRAZY

Pogrubienie i ruchomość płatków zastawki  
Wymiary, grubość ścian oraz funkcja skurczowa RV

#### BADANIE DOPLEROWSKIE

Prędkość przepływu przez zastawkę  
Poszukaj zwężenia  
Poszukaj dokładnie niedomykalności  
Ciśnienia w pniu płucnym

## PRZEKŁATKOWE BADANIE DOPLEROWSKIE PROTEZY ZASTAWKOWEJ

SKŁADOWE	TRYB	PROJEKCJA	ZAPIS	POMIARY
Prędkość przepływu przez zastawkę	Dopler pulsacyjny lub CW	Koniuszkowa	Prędkość przepływu przez zastawkę mitralną lub aortalną	Prędkość maksymalna (por. z prawidłowymi wartościami danego rodzaju i wymiaru zastawki)
Pomiary stopnia zwężenia zastawki	Dopler pulsacyjny lub CW	Koniuszkowa	Optymalne ułożenie w celu uzyskania najwyższej prędkości sygnału	Gradient średni Zastawka aortalna: stosunek prędkości w LVOT do prędkości w aorcie Zastawka mitralna: czas połowicznego spadku gradientu ciśnienia
Niedomykalność zastawki	Obrazowanie w kolorze i dopler fali ciągłej	Przymostkowa, koniuszkowa i SSN	Źródło, kierunek i wymiary strumienia w kolorze Badanie dopplerowskie CW każdej zastawki Przepływ w żyłę płucnej Przepływ w aorcie zstępującej	Szerokość talii fali zwrotnej Natężenie sygnału dopplerowskiego CW Skurczowe odwrócenie przepływu w żyłę płucnej (MR) Odwrócenie przepływu w aorcie zstępującej (AR)
Ciśnienia płucne	Dopler CW	Droga napływu RV i koniuszkowa	Prędkość fali zwrotnej TR Wymiary i zmienność IVC	Wyliczenie PAP jako $4v^2$ prędkości TR <i>plus</i> szacowane ciśnienie w prawym przedsionku

AR – niedomykalność zastawki aortalnej; CW – dopler fali ciągłej; IVC – żyła główna dolna; LVOT – droga odpływu lewej komory; MR – niedomykalność zastawki mitralnej; PAP – ciśnienie w pniu płucnym; RV – prawa komora; SSN – wcięcia nadmostkowe; TR – niedomykalność zastawki trójdzielnej.

## BADANIE PRZEZPRZEŁYKOWE

### OBRAZY

Pogrubienie i ruchomość płatków zastawki  
Badanie przedsionkowej powierzchni protezy mitralnej  
Wymiary, grubość ścian oraz funkcja skurczowa RV

### BADANIE DOPLEROWSKIE

Prędkość przezzastawkowa  
Poszukaj zwężenia  
Poszukaj dokładnie niedomykalności  
Ciśnienia w pniu płucnym

## PRZEZPRZEŁYKOWA OCENA PROTEZY ZASTAWKOWEJ

SKŁADOWE	TRYB	PROJEKCJA	ZAPIS	OGRANICZENIA
Obrazowanie zastawki	Badanie echokardiograficzne 2D	Wysoka przezprzełykowa	Zastawka mitralna w wysokiej przezprzełykowej projekcji czterojamowej Zastawka aortalna w wysokiej przezprzełykowej projekcji w osi długiej i krótkiej	Proteza zastawki aortalnej może być przyczyną zacinienia przednich segmentów zastawki aortalnej Przy protezie aortalnej i mitralnej proteza aortalna może zasłaniać protezę mitralną
Prędkość przepływu przez zastawkę	Doppler pulsacyjny lub CW	Wysoka przezprzełykowa lub przezżołądkowa koniuszkowa	Prędkość w prawidłowym kierunku przez zastawki mitralną lub aortalną	Równoległe ustawienie wiązki ultradźwięków do strumienia przepływającego przez zastawkę aortalną może być trudne; dane należy porównać z wynikami TTE
Pomiary stopnia zwężenia zastawki	Doppler pulsacyjny lub CW	Wysoka przezprzełykowa lub przezżołądkowa koniuszkowa	Optymalne ułożenie w celu uzyskania najwyższej prędkości sygnału	Gradient średni Zastawka aortalna: stosunek prędkości LVOT do prędkości przez zastawkę aortalną (czasami brak możliwości równoległego ustawienia wiązki) Zastawka mitralna: czas połowicznego spadku gradientu ciśnienia
Niedomykalność zastawki	Obrazowanie w kolorze i dopler fali ciągłej	Wysoka przezprzełykowa ze skanami rotacyjnymi	Dokumentacja źródła i miejsca proksymalnej akceleracji strumienia, wymiary i kierunek przepływu	Ocena talii fali zwrotnej, rejestracja profilu żylnego przepływu płucnego, dokładne poszukiwanie fal ekscentrycznych
Ciśnienia płucne	Dopler CW Badanie echokardiograficzne 2D	Droga napływu RV koniuszkowa i podmostkowa	Prędkość fali zwrotnej TR Wymiary i zmienność IVC	Wyciężenie PAP jako $4v^2$ prędkości TR plus szacowane ciśnienie w prawym przedsionku. Równoległe ustawienie wiązki dopplerowskiej do strumienia TR może być trudne, dane należy porównywać z wynikami TTE

2D – dwuwymiarowa; CW – dopler fali ciągłej; IVC – żyła główna dolna; LVOT – droga odpływu lewej komory; PAP – ciśnienie w tętnicy płucnej; RV – prawa komora; TR – niedomykalność zastawki trójdzielnej; TTE – echokardiograficzne badanie przezklatkowe.

## ECHOKARDIOGRAFICZNE OBJAWY DYSFUNKCJI PROTEZY ZASTAWKOWEJ

Wysoka prędkość przepływu przezzastawkowego  
Mniejsze pole powierzchni zastawki (równanie ciągłości lub  $T_{1/2}$ )  
Zwiększenie objętości fali zwrotnej w badaniu w kolorze  
Zwiększone natężenie sygnału dopplerowskiego CW fali zwrotnej  
Postępujące poszerzenie jamy  
Przetruwały przerost lewej komory  
Nawracające nadciśnienie płucne

### PRZYKŁAD

Na badanie skierowano 62-letniego mężczyznę z narastającymi objawami niewydolności serca oraz szmerem skurczowym po wymianie zastawki mitralnej z powodu śluzowatego zwyrodnienia zastawki dwudzielnej na sztuczną zastawkę przed 2 laty. U chorego występuje utrwalone migotanie przedsionków.

W przezklatkowym badaniu echokardiograficznym stwierdzono:

Wymiar przednio-tylny lewego przedsionka	5,7 cm
Wymiary LV (skurczowe/rozkurczowe)	6,2/3,8 cm
Frakcja wyrzutowa	56%
Prędkość fali E przez zastawkę mitralną	1,8 m/s
Czas połowicznego spadku gradientu ciśnienia zastawki mitralnej	100 ms
Prędkość fali zwrotnej TR	3,2 m/s
Wymiary i zmienność IVC	Prawidłowe

W badaniu z kolorowym obrazowaniem przepływu stwierdzono zacinienie i rewerberacje w obszarze lewego przedsionka, ale nie znaleziono wyraźnej fali zwrotnej. W badaniu dopplerowskim metodą fali ciągłej stwierdzono przerywany sygnał niedomykalności zastawki mitralnej o natężeniu przepływu mniejszym niż przepływ strumienia do przodu

Interpretacja tego badania przezklatkowego bez możliwości porównania z wcześniejszymi badaniami jest trudna. Poszerzenie lewego przedsionka i lewej komory oraz graniczne wartości frakcji wyrzutowej mogą być wynikiem wcześniejszego zabiegu operacyjnego lub postępujących zmian po wymianie zastawki

Ciśnienie w tętnicy płucnej (PAP) jest umiarkowanie podwyższone:

$$PAP = 4(V_{TR})^2 + RAP = 4(3,2)^2 + 10 = 41 + 10 = 51 \text{ mm Hg}$$

Nadciśnienie płucne może mieć charakter pozostający lub nawracający po operacji zastawki, ale jego obecność sugeruje możliwość istotnej niedomykalności protezy zastawki mitralnej. Mimo że nie wykazano wyraźnego strumienia niedomykalności z powodu zacinienia i rewerberacji w wyniku obecności protezy zastawkowej, wysoka prędkość przepływu przezzastawkowego w prawidłowym kierunku i krótki czas połowicznego spadku ciśnienia oraz cechy niedomykalności w badaniu dopplerowskim CW wskazują na konieczność dokładniejszej oceny

W badaniu przezprzełykowym widoczna jest okołozastawkowa fala zwrotna zastawki mitralnej z proksymalnym obszarem akceleracji w bocznej części pierścienia; szerokość talii fali zwrotnej wynosi 7 mm, a ekscentryczny strumień zlokalizowany jest wzdłuż tylnobocznej ściany lewego przedsionka. W górnej i dolnej lewej żyłce płucnej widoczny jest wyraźny przepływ zwrotny, natomiast w górnej i dolnej prawej żyłce płucnej widoczne jest zaburzenie prawidłowego profilu przepływu skurczowego. Wyniki te odpowiadają ciężkiej niedomykalności protezy zastawki

W obrazowaniu przezprzełykowym lewa komora nie została prawidłowo uwidoczniła z powodu zacinień i rewerberacji z protezy zastawki mitralnej. Pomimo uzyskania projekcji przezżołądkowej krótkiej, obliczenie frakcji wyrzutowej lewej komory było niemożliwe. Prędkość maksymalnego strumienia TR uzyskanego w badaniu przezprzełykowym wynosiła 2,9 m/s. Ponieważ w echokardiograficznym badaniu przezklatkowym prędkość strumienia była wyższa, istnieje duże prawdopodobieństwo niedoszacowania ciśnień płucnych w TEE

Podsumowując można stwierdzić, że u pacjenta występuje ciężka okołozastawkowa niedomykalność protezy zastawki mitralnej z poszerzeniem lewej komory i lewego przedsionka, umiarkowanym nadciśnieniem płucnym oraz graniczną frakcją wyrzutową. Do uzyskania ostatecznego rozpoznania konieczne było wykonanie badania zarówno przezklatkowego, jak i przezprzełykowego. Ocena sztucznej zastawki często wymaga wykonania obydwu badań

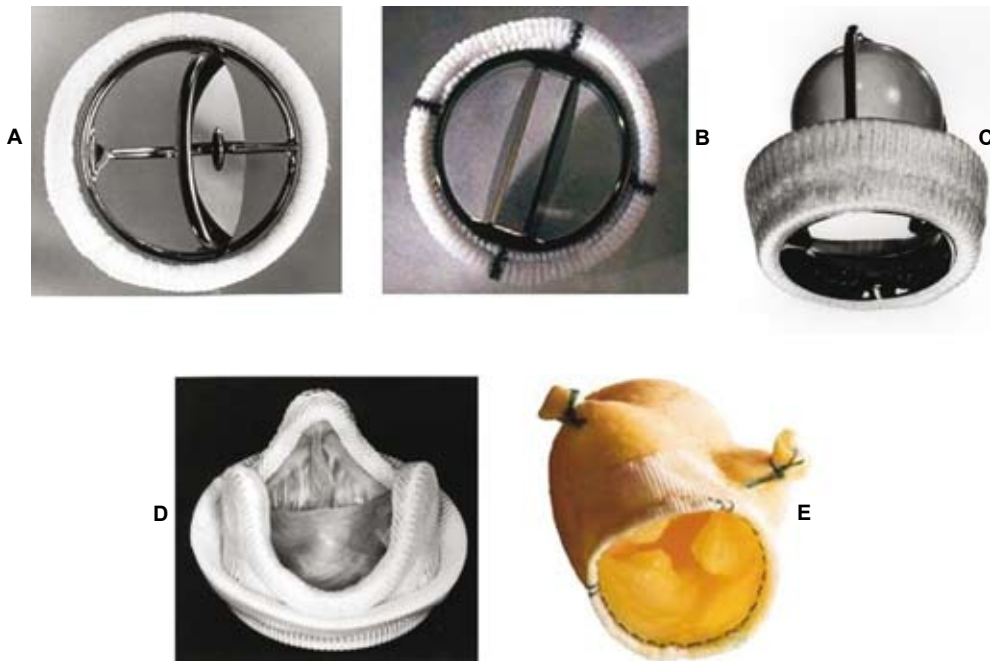
IVC – żyła główna dolna; LA – lewy przedsionek; LV – lewa komora; RAP – ciśnienie w prawym przedsionku; TEE – badanie przezprzełykowe; TR – niedomykalność zastawki trójdzielnej.

## PODSTAWOWE ZASADY

- Ocena sztucznej zastawki w badaniu echokardiograficznym podlega tym samym zasadom co ocena naturalnej zastawki.
- Charakterystyka dynamiki płynu (oraz przepływu w badaniu dopplerowskim) zależy od rodzaju i wymiarów zastawki (ryc. 13-1).
- Przyczynami dysfunkcji sztucznej zastawki są najczęściej: zakrzepica zastawki (a w jej efekcie zatorowość obwodowa), nieprawidłowe zamknięcie (niedomykalność zastawki) lub niewystarczające otwarcie (zwężenie zastawki).
- Przyczyną dysfunkcji zastawki naturalnej są najczęściej: zwyrodnienie płatków (powodujące niedomykalność zastawki) lub zwężenie (powodujące zwężenie zastawki).
- Wszystkie protezy zastawkowe są obciążone ryzykiem wystąpienia zapalenia wsierdza, które najczęściej obejmuje najpierw pierścień zastawki, a następnie płatków.

### Najważniejsze zagadnienia:

- Najczęściej wszczepianą sztuczną zastawką mechaniczną jest obecnie dwudyskowa zastawka z dwoma półkolistymi dyskami, które otwierają się, tworząc szczelinowe ujście środkowe oraz dwa większe otwory boczne.
- Do innych rodzajów zastawek mechanicznych należą zastawki z pojedynczym uchylnym dyskiem z centralnym słupkiem lub zawiasami na sztucznym pierścieniu. U niektórych chorych wciąż można stwierdzić zastawki kulkowe.
- Istnieje kilka rodzajów zastawek biologicznych, klasyfikowanych jako stentowe, bezstentowe oraz złożone protezy naczyniowo-zastawkowe (wraz z homografiami).
- Sztuczna zastawka jest przyczyną rewerberacji ultradźwiękowych i zacinień, które utrudniają bezpośrednią wizualizację funkcji zastawki w badaniu echokardiograficznym.
- Biologiczną zastawkę stentową można rozpoznać na podstawie trzech słupków zastawki; biologicz-



**Rycina 13-1** Główne rodzaje protez zastawkowych serca: (A) uchylnodyskowa, (B) dwudyskowa, (C) kulkowa, (D) stentowa i (E) bezstentowa zastawka biologiczna. Na podstawie: Yoganathan AP and Travis BR. In Otto CM: The Practice of Clinical Echocardiography, ed. 3 Philadelphia: Elsevier, 2007.

na zastawka bezstentowa może być nie do odróżnienia od prawidłowej zastawki naturalnej.

- Obecnie opracowywane są przezskórnie implantowane zastawki z trzema płatkami na rozwijanym cylindrze. Rozwinięta zastawka w badaniu echokardiograficznym przypomina biologiczną zastawkę bezstentową.

## BADANIE ECHOKARDIOGRAFICZNE KROK PO KROKU

### Krok 1: Zapoznaj się z danymi klinicznymi i okołoperacyjnymi

- Przed wykonaniem badania echokardiograficznego należy zebrać dane dotyczące procedury operacyjnej.
- W raporcie badania należy ująć typ i rozmiar zastawki, zgodnie z danymi identyfikatora zastawki pacjenta.
- W trakcie badania należy zarejestrować wartość ciśnienia tętniczego krwi oraz tętna.

#### Najważniejsze zagadnienia:

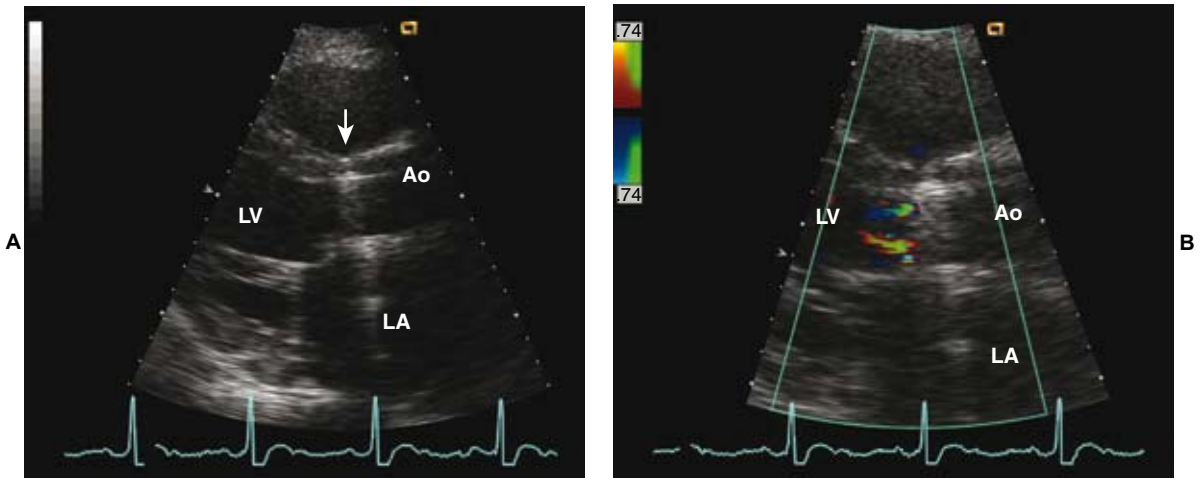
- Dane opisu zabiegu stanowią wartościową pomoc w trakcie akwizycji obrazu echokardiograficznego oraz tworzenia ostatecznego raportu badania.
- Główne metody zabiegów na zastawce aortalnej to: wymiana lub naprawa zastawki, jednoczesna wymiana aorty powyżej połączenia zatokowo-aortalnego lub łącznie z zatokami Valsalvy oraz

reimplantacja tętnic wieńcowych (wraz z operacją opuszki aorty).

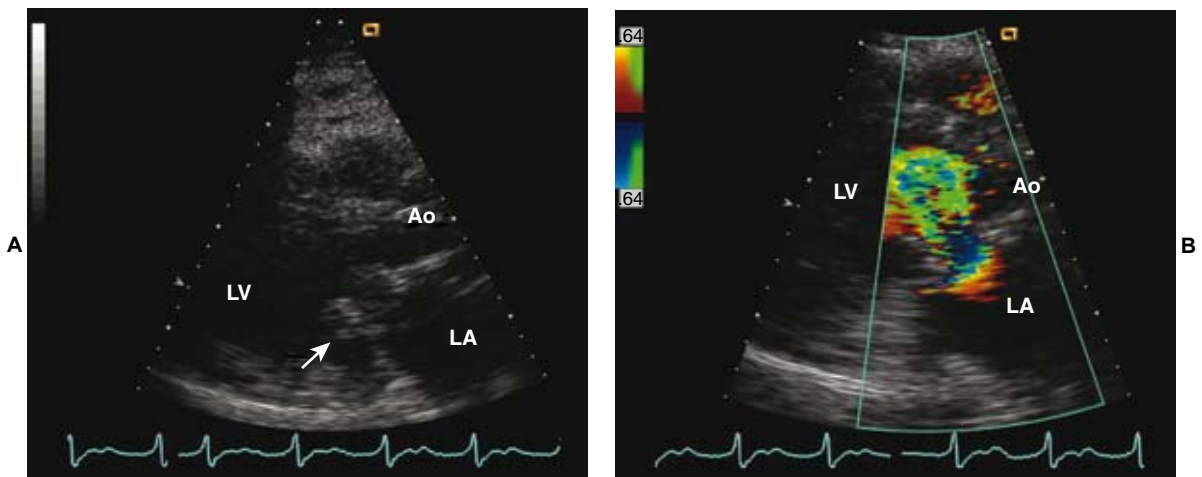
- Do głównych zabiegów zastawki mitralnej należą naprawa lub wymiana zastawki, zachowanie płatków zastawki mitralnej oraz strun ścięgniętych z wymianą zastawki, amputacja uszka lewego przedsionka (LA) i ewentualna jednoczesna ablacja migotania przedsionków (operacja labiryntowania).
- Od rodzaju i wymiarów zastawki zależą jej właściwości hemodynamiczne. Znajomość tych parametrów umożliwia również różnicowanie prawidłowych wartości danych dopplerowskich od wartości charakterystycznych dla zwężenia lub niedomykalności zastawki.
- Nieoczekiwane wyniki badania echokardiograficznego we wczesnym okresie pooperacyjnym należy omówić bezpośrednio z chirurgiem, który może skorelować z obserwacjami okołoperacyjnymi.

### Krok 2: Uzyskaj obrazy protezy zastawkowej

- Protezy zastawek aortalnych można uwidocznnić w projekcji przymostkowej długiej i krótkiej (ryc. 13-2).
- Protezy zastawek mitralnych można uwidocznnić w projekcji przymostkowej długiej i krótkiej, czterojamowej koniuszkowej oraz w projekcji trójjamowej (ryc. 13-3).
- W razie podejrzenia dysfunkcji sztucznej zastawki konieczne jest wykonanie badania przezprzełyko-



**Rycina 13-2** Mechaniczna zastawka aortalna w projekcji przymostkowej w osi długiej z rewerberacjami wzdłuż wiązki ultradźwięków (A, strzałka) w badaniu dopplerowskim (B) wykazująca prawidłowe ekscentryczne fale zwrotne niedomykalności dwudyskowej zastawki aortalnej.



**Rycina 13-3** Projekcja przymostkowa w osi długiej (A) biologicznej stentowej zastawki mitralnej z charakterystycznymi słupkami (strzałka), skierowanymi do lewej komory (LV), i napływ w kierunku przegrody komorowej w badaniu dopplerowskim (B).

wego (TEE), ponieważ zacielenia obrazu przekłatkowego mogą uniemożliwić interpretację obrazu (ryc. 13-4).

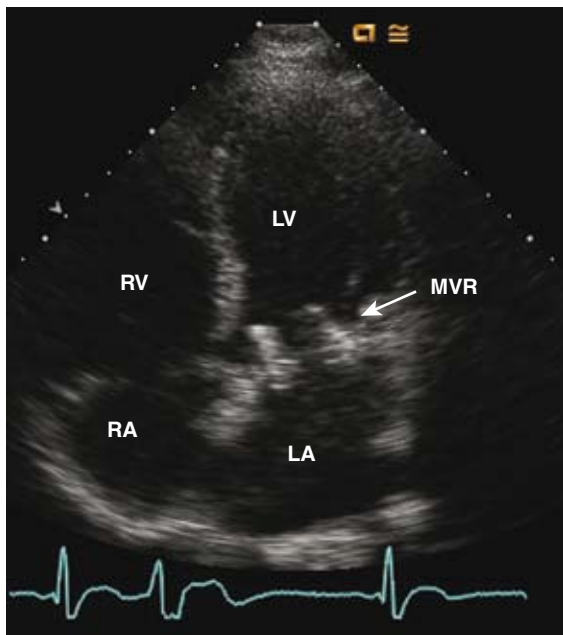
- TEE pozwala często uzyskać lepsze obrazy tylnych obszarów protezy zastawki aortalnej.

### Najważniejsze zagadnienia:

- Przekłatkowe badanie mechanicznej zastawki utrudniają rewerberacje i zacielenia. Niemniej jednak w pierwszych lub kontrolnych badaniach stabilnych pacjentów metoda ta pozwala odpowiednio ocenić płatki zastawki oraz obszar pierścienia.
- Zastawki biologiczne mają trójpłatkową strukturę podobną do struktury naturalnej zastawki aortalnej. Biologiczne zastawki mitralne posiadają stelaż stentowy, na którym zamocowane są płatki. Płatki zastawki są dobrze widoczne w projekcji zarówno przymostkowej, jak i koniuszkowej (ryc. 13-5).
- Biologiczne zastawki aortalne mogą być mocowane albo za pomocą stentów, albo bezpośrednio



**Rycina 13-4** Przeprzekowy obraz biologicznej stentowej zastawki mitralnej z wyraźnymi płatkami zastawki pomiędzy słupkami. Dzięki położeniu głowicy od przedsionkowej strony zastawki cienie akustyczne i rewerberacje zasłaniają zastawkę od strony lewej komory (LV), ale nie lewego przedsionka (LA), co poprawia wykrywalność dysfunkcji zastawki.



**Rycina 13-5** Biologiczna zastawka mitralna (MVR) stentowa w projekcji czterykątowej z charakterystycznym zwróceniem stentów do przegrody międzykomorowej.

nio do ściany aorty (zastawki bezstentowe) lub w całości wraz z korzeniem aorty (nazywane czasami *mini-root*). Biologiczne protezy zastawki aortalnej są dobrze widoczne w projekcjach w osi długiej i krótkiej.

- W razie podejrzenia dysfunkcji protezy zastawkowej na podstawie wyników badań klinicznych należy wykonać TTE oraz TEE.

### Krok 3: Oceń protezę zastawkową za pomocą badania dopplerowskiego

- Prędkość przepływu skurczowego przez protezę zastawkową rejestruje się za pomocą badania dopplerowskiego metodą fali pulsacyjnej i ciągłej.
- Niedomykalność protezy zastawkowej ocenia się za pomocą badania dopplerowskiego metodą CW oraz z kolorowym obrazowaniem przepływu.

#### Najważniejsze zagrożenia:

- Zarówno biologiczne, jak i mechaniczne zastawki w porównaniu z zastawkami natywnymi są węższe.
- Prawidłowa prędkość przepływu oraz gradient ciśnień zależą od rodzaju i wymiarów zastawki, częstotliwości rytmu oraz rzutu serca (tab. 13-1).
- Dane dopplerowskie powinny być porównywane z badaniem pooperacyjnym pacjenta, wykonanym po pozabiegowej rehabilitacji chorego i uzyskaniu stabilnego stanu klinicznego.
- Jeżeli nie jest dostępne badanie wyjściowe, to zarejestrowane dane należy porównać z danymi właściwymi dla rodzaju i wymiarów danej zastawki.
- W większości protez zastawkowych może pojawić się niewielka niedomykalność.

### Krok 3A: Poszukaj zwężenia protezy zastawkowej

- Maksymalne i średnie gradienty można wyliczyć na podstawie prędkości przepływów przez zastawkowych, wykorzystując równanie Bernoulliego (ryc. 13-6).

**TABELA 13-1**

#### PRAWIDŁOWE WARTOŚCI REFERENCYJNE EFEKTYWNEJ POWIERZCHNI UJŚCIA SZTUCZNYCH ZASTAWEK

	POWIERZCHNIA UJŚCIA (cm <sup>2</sup> ) NA PODSTAWIE ROZMIARU PROTEZY ZASTAWKOWEJ (mm)					
	19	21	23	25	27	29
Biologiczne zastawki stentowe						
Medtronic intact	0,85	1,02	1,27	1,40	1,66	2,04
Medtronic Mosaic	1,20	1,22	1,38	1,65	1,80	2,00
Hancock II	..	1,18	1,33	1,46	1,55	1,60
Carpentier-Edwards Perimount	1,10	1,30	1,50	1,80	1,80	..
St. Jude Medical X-cell	..	..	..	..	..	..
Biologiczne zastawki bezstentowe						
Medtronic freestyle	1,15	1,35	1,48	2,00	2,32	..
St. Jude Medical Toronto SPV	..	1,30	1,50	1,70	2,00	2,50
Zastawki mechaniczne						
St. Jude Medical Standard	1,04	1,38	1,52	2,08	2,65	3,23
St. Jude Medical Regent	1,50	2,00	5,40	2,50	3,60	4,80
MCRI On-X	1,50	1,70	2,00	2,40	3,20	3,20
Carbomedics	1,00	1,54	1,63	1,98	2,41	2,63
Björk Shiley CC	..	..	..	..	..	..

Efektywne pole powierzchni zastawki (wyrażane w cm<sup>2</sup>), jako wartość średnia zastawek opisywanych w literaturze. Na podstawie: Blais C, Dumesnil JG, Baillet R et al.: *Circulation* 108:983, 2003.