

Otrzymano:  
15.08.2018  
Zaakceptowano:  
30.01.2019  
Opublikowano:  
29.03.2019

## Echokardiografia obciążeniowa. Część II: Echokardiografia obciążeniowa poza chorobą wieńcową

### Stress echocardiography. Part II: Stress echocardiography in conditions other than coronary heart disease

Edyta Płońska-Gościński<sup>1</sup>, Tomasz Kukulski<sup>2</sup>, Jarosław D. Kasprzak<sup>3</sup>,  
Zbigniew Gąsior<sup>4</sup>, Andrzej Szyszka<sup>5</sup>, Andrzej Gackowski<sup>6</sup>,  
Wojciech Braksator<sup>7</sup>, Piotr Gościński<sup>8</sup>, Piotr Pysz<sup>9,10</sup>,  
Szymon Olędzki<sup>1</sup>, Wojciech Kosmala<sup>11</sup>

<sup>1</sup> Klinika Kardiologii, Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie, Szczecin, Polska

<sup>2</sup> Klinika Kardiologii, Wrodzonych Wad Serca i Elektroterapii, Śląskie Centrum Chorób Serca, Śląski Uniwersytet Medyczny, Zabrze, Polska

<sup>3</sup> Klinika Kardiologii, Uniwersytet Medyczny w Łodzi, Łódź, Polska

<sup>4</sup> Klinika Kardiologii, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Katowice, Polska

<sup>5</sup> Klinika Kardiologii, Uniwersytet Medyczny w Poznaniu, Poznań, Polska

<sup>6</sup> Klinika Choroby Wieńcowej i Niewydolności Serca, Uniwersytet Jagielloński, Collegium Medicum, Zespół Pracowni Nieinwazyjnej Diagnostyki Układu Krążenia, KSS, Kraków, Polska

<sup>7</sup> Zakład Kardiologii Sportowej i Nieinwazyjnej Diagnostyki Kardiologicznej, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Warszawa, Polska

<sup>8</sup> Samodzielna Pracownia Nieinwazyjnej Diagnostyki Serca dla Dzieci i Dorosłych, Samodzielny Publiczny Szpital Kliniczny nr 1 im. prof. T. Sokołowskiego PUM w Szczecinie, Szczecin, Polska

<sup>9</sup> Klinika Kardiologii i Chorób Strukturalnych Serca, Śląski Uniwersytet Medyczny, Wydział Lekarski w Katowicach, Katowice, Polska

<sup>10</sup> Pododdział Rehabilitacji Kardiologicznej, Beskidzki Zespół Leczniczo-Rehabilitacyjny, Szpital Opieki Długoterminowej w Jaworzu, Jaworze, Polska

<sup>11</sup> Katedra i Klinika Kardiologii, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, Wrocław, Polska

Adres do korespondencji: Prof. Edyta Płońska-Gościński, ul. Poniatowskiego 33c, 71-111 Szczecin; e-mail: edytoplonska@life.pl

DOI: 10.15557/JoU.2019.0007

#### Słowa kluczowe

echokardiografia  
obciążeniowa,  
dobutamina,  
wysięk,  
wady zastawkowe  
serca

#### Keywords

stress  
echocardiography,  
dobutamine,  
exercise,  
cardiac valvular  
defects

#### Abstract

Stress echocardiography (stress echo), with use of both old and new ultrasonographic cardiac function imaging techniques, has nowadays become a widely available, safe and inexpensive diagnostic method. Cardiac stress, such as exercise or an inotropic agent, allows for dynamic assessment of a wide range of functional parameters describing ventricles, heart valves and pulmonary circulation. In addition to diagnosis of ischemic heart disease, stress echocardiography is also used in patients with acquired and congenital valvular defects, hypertrophic cardiomyopathy, dilated cardiomyopathy as well as diastolic and systolic heart failure. Physical exercise is the recommended stressor in patients with aortic and especially mitral valvular disease. Nevertheless, dobutamine stress echo is useful for the assessment of contractile and flow reserve in aortic stenosis with reduced left ventricular ejection fraction. Stress echo should always be performed by an appropriately trained cardiologist assisted by a nurse or another doctor, in the settings of an adequately equipped echocardiographic laboratory and with compliance to safety requirements. Moreover, continuous education of cardiologists performing stress echo is needed.

## Wstęp

Echokardiografia obciążeniowa (*stress echo*, SE – stres echo) stała się obecnie szeroko dostępnym, nowoczesnym, bezpiecznym i niskokosztowym testem diagnostycznym wykorzystującym zarówno stare, jak i nowe ultrasonograficzne techniki obrazowania funkcji serca. Obciążenie serca wysiłkiem (SE) lub lekiem inotropowym pozwala na ocenę zachowania się całego szeregu parametrów funkcjonalnych lewej i prawej komory, zastawek serca, krążenia płucnego w warunkach dynamicznych. Rejestracja dynamicznej odpowiedzi serca wnosi zupełnie nową, odmienną od spoczynkowej, ważną diagnostycznie i prognostycznie informację. Echokardiograficzne badania obciążeniowe oprócz tego, że są stosowane w diagnostyce choroby niedokrwiennej serca, wykonywane są u chorych z wadami zastawkowymi serca, kardiomiopatią przerostową, kardiomiopatią rozstrzeniową, rozkurczową i skurczową niewydolnością serca<sup>(1)</sup>. Protokół badania obciążeniowego z użyciem dobutaminy przedstawiono na Ryc. 1. Test dobutaminowy z tzw. małą dawką (do 20 µg/kg/min) jest rekomendowany u chorych z niskogradentową i niskoprzepływową stenozą aortalną oraz obniżoną frakcją wyrzutową (*ejection fraction*, EF). Z kolei u chorych z niewydolnością serca otrzymujących beta-adrenolityki użycie wyższych dawek dobutaminy (do 40 µg/kg/min) jest często konieczne. Na Ryc. 2 przedstawiono protokół badania wysiłkowego, które przeprowadzić można na ergometrze rowerowym (najczęściej w pozycji półleżącej na lewym boku) lub na bieżni ruchomej.

W czasie badania wysiłkowego możliwych do zarejestrowania jest szereg parametrów echokardiograficznych, ale w praktyce wykorzystuje się tylko zestaw pomiarów, które są najistotniejsze dla oceny danego problemu klinicznego (Tab. 1). Wybór typu obciążenia zależy nie tylko

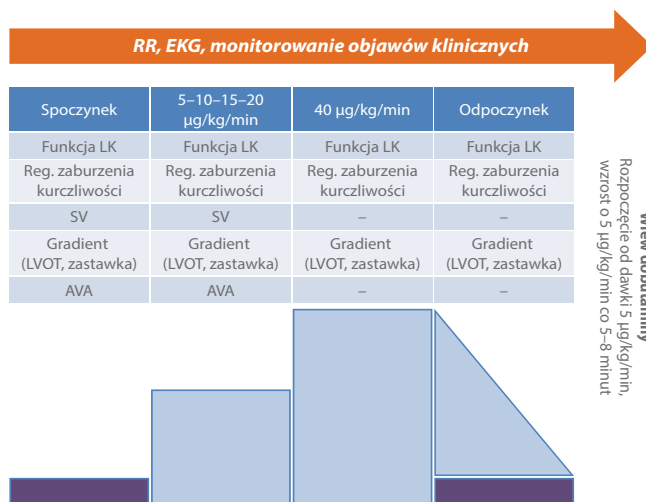
od scenariusza klinicznego (np. oceny rezerwy przepływu i kurczliwości tylko w teście dobutaminowym), lecz także od kondycji fizycznej chorego. Test na ergometrze rowerowym proponować należy pacjentom gorzej wytrenowanym i w wieku podeszłym. Ponadto podczas testu na ergometrze łatwiej dokonywać rejestracji parametrów dopplerowskich niż na bieżni. Końcowe punkty diagnostyczne i przyczyny przerwania badania stres echo oraz kryteria nieprawidłowego testu obciążeniowego podsumowano w Tab. 2.

## Nabyte wady zastawkowe serca

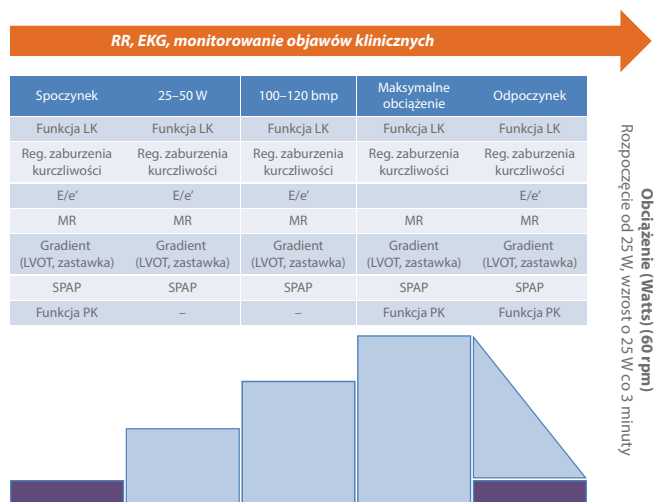
Rekomendowany sposób obciążenia chorych z wadami zastawki mitralnej (niedomykalnością, stenozą) oraz aortalnej (niedomykalnością, stenozą) to wysiłek fizyczny. Zławsza w niedomykalności mitralnej, w której komponenta dynamiczna wady zależna od funkcji lewej komory (LK) jest szczególnie istotna, zastosowanie dobutaminy, która zmienia warunki obciążenia LK, może nastrożać trudności interpretacyjnych rezultatów testu. Echokardiograficzny test dobutaminowy jest zaś wykorzystywany do oceny rezerwy kurczliwej i rezerwy przepływu w stenozie aortalnej, w której zwiększenie objętości wyrzutowej LK jest kluczowe. Korzyści wynikające z obciążenia wysiłkiem chorych z wadą zastawkową oraz podstawowe kryteria oceny testu podsumowano na Ryc. 3.

## Stenoza aortalna

W ciężkim zwężeniu zastawki aortalnej postępujące przeciążenie ciśnieniowe LK i/lub współistniejące uszkodzenie niedokrwienne/pozawałowe mięśnia sercowego nieuchronnie prowadzą do zmniejszenia objętości wyrzutowej LK i w konsekwencji – redukcji prędkości przepływu oraz



Ryc. 1. Protokół badania obciążeniowego z użyciem dobutaminy (DE) oraz parametry rejestrowane na każdym z etapów badania<sup>(1)</sup>. LK – lewa komora, SV – objętość wyrzutowa, AVA – pole powierzchni zastawki aortalnej, RR – ciśnienie tętnicze



Ryc. 2. Protokół badania obciążeniowego wysiłkowego (SE) z wykorzystaniem ergometru rowerowego lub bieżni ruchomej. Zaznaczono parametry rejestrowane na każdym z etapów badania MR – niedomykalność mitralna, PK – prawa komora, LK – lewa komora, LVOT – droga odpływu lewej komory, RR – ciśnienie tętnicze, SPAP – skurczowe ciśnienie w tętnicy płucnej<sup>(1)</sup>

**Tab. 1.** Wartości progowe obciążeniowych parametrów echokardiograficznych związanych z rokowaniem i odpowiedzią na leczenie

Parametry	Wartości progowe
Śródkomorowe zawężanie LK	gradient LVOT >50 mm Hg
Upośledzona rezerwa funkcjonalna	$\Delta$ WMSI <0,25 w kmp. rozstrzeniowej (SE, DE) $\Delta$ EF <7,5% u chorych z NS i CRT (SE, DE) $\Delta$ EF <4,5% w organicznej MR i AR (SE) $\Delta$ Globalny strain podłużny <2% w organicznej MR (SE)
Upośledzona rezerwa przepływu	$\Delta$ SV <20% (DE)
Dynamiczna niedomykalność mitralna	$\Delta$ EROA >13 mm <sup>2</sup> w funkcjonalnej MR (SE)
Skurczowe nadciśnienie płucne	SPAP >60 mm Hg (SE)
Ograniczona podatność zastawki	Średni gradient rozkurczowy w stenozie mitralnej >15 mm Hg (SE); >18 mm Hg (DE) Skurczowy gradient w stenozie aortalnej >18 mm Hg (SE)
Dysfunkcja protezy	Średni gradient rozkurczowy w pozycji mitralnej >10 mm Hg (SE, DE) Średni gradient skurczowy w pozycji aortalnej >20 mm Hg (SE, DE)
Funkcjonalna stenoza po plastyce pierścieniowej mitralnej	Średni gradient rozkurczowy >7 mm Hg
Dysfunkcja prawej komory	TAPSE <19 mm w organicznej MR (SE)
DE – stres echo z dobutaminą, SE – stres echo wysiłkowe, EF – frakcja wyrzutowa, SV – objętość wyrzutowa, WMSI – wskaźnik kurczliwości	

gradientu przez zastawkę. W tej podgrupie chorych z tzw. klasyczną niskogradientową stenozą aortalną (zdefiniowaną jako EF <50%, gradient średni <40 mm Hg, maksymalna prędkość przepływu przez zastawkę  $V_{max}$  <4,0 m/s, pole powierzchni zastawki AVA <1,0 cm<sup>2</sup>) wskazaniami do wykonania testu dobutaminowego są różnicowanie pomiędzy ciężką (tzw. prawdziwie ciężką) i średnią (tzw. pseudociężką) stenozą aortalną oraz ocena rezerwy przepływu przez zastawkę i pośrednio rezerwy kurczliwej LK. Protokół testu obejmuje podanie dobutaminy w dawkach wzrastających od 10 do 30  $\mu$ g/kg/min w odstępach

3–5 minut pod kontrolą ciśnienia tętniczego, EKG i objawów klinicznych (duszności, stenokardii, arytmii komorowej). U chorych, u których stymulacją inotropową udaje się zwiększyć objętość wyrzutową SV LK o >20%, jednocześnie zwiększając przepływ przez ujście aortalne i gradient przez zastawkę (>40 mm Hg) bez istotnego wzrostu pola zastawki (zmiana AVA o <0,2 cm<sup>2</sup>, AVA pozostaje <1,0 cm<sup>2</sup>), należy rozpoznać ciężką stenozę aortalną z zachowaną rezerwą przepływu. Jeśli natomiast indukowany dobutaminą wzrost SV (>20% spoczynkowej SV) prowadzi do istotnego zwiększenia AVA (AVA >1,0 cm<sup>2</sup>) przy jednoczesnym braku wzrostu gradientu (średni gradient <40 mm Hg), to należy rozpoznać średniego stopnia stenozę aortalną z zachowaną rezerwą przepływu. Z kolei u chorych, u których pomimo zastosowania nawet wyższej dawki (do 30  $\mu$ g/kg/min) nie uzyskuje się wzrostu SV o >20% wartości spoczynkowej, a AVA pozostaje nadal <1,0 cm<sup>2</sup>, należy rozważyć ciężką stenozę bez rezerwy przepływu. Ta podgrupa chorych cechuje się gorszym rokowaniem niż chorzy z zachowaną rezerwą przepływu w leczeniu zarówno zachowawczym, jak i chirurgicznym. Pomiaru pola ujścia aortalnego oraz objętości wyrzutowej LK należy dokonać metodami dopplerowskimi. Rola testu dobutaminowego w diagnostyce i ocenie rokowania u chorych z tzw. paradoksalną niskogradientową ciężką stenozą (SV <35 ml/m<sup>2</sup>, EF >50%, gradient średni <40 mm Hg) obecnie nie jest dokładnie określona, chociaż może pomóc w odróżnieniu prawdziwie ciężkiej stenozy od pseudociężkiej stenozy<sup>(2-4)</sup>.

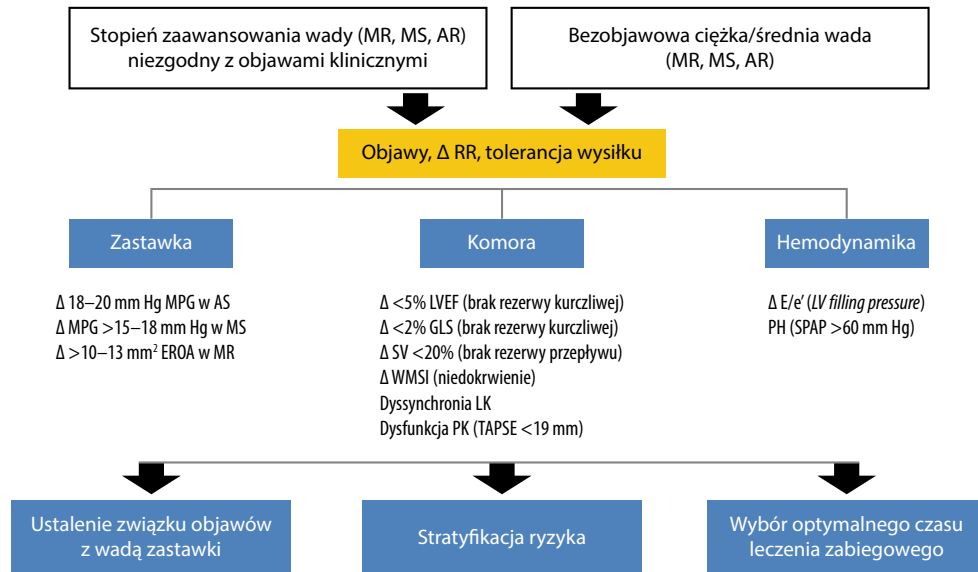
U chorych bezobjawowych z ciężką stenozą aortalną (AVA <1,0 cm<sup>2</sup>, gradient średni przez zastawkę <40 mm Hg, EF >50%) obciążenie wysiłkiem na ergometrze rowerowym może pomóc w ustaleniu czasu leczenia zabiegowego chirurgicznego/metodą przezskórną (AVR/TAVI). O konieczności wcześniejszej interwencji zabiegowej mogą świadczyć: wzrost wysiłkowego gradientu o >18–20 mm Hg, pogorszenie kurczliwości LK, brak rezerwy kurczliwej LK, indukowane wysiłkiem SPAP (*systolic pulmonary artery pressure* – skurczowe ciśnienie w tętnicy płucnej) >60 mm Hg (Ryc. 3).

## Niedomykalność aortalna

U chorych z ciężką bezobjawową niedomykalnością aortalną badaniem rekomendowanym jest test wysiłkowy na

**Tab. 2.** Diagnostyczne punkty końcowe oraz przyczyny przerwania testu

Diagnostyczne punkty końcowe	Przyczyny przerwania testu	Kryteria nieprawidłowego testu (>1 kryterium)
Maksymalna dawka dobutaminy/ maksymalne obciążenie wysiłkiem	Nietolerowane objawy	Objawy: stenokardia, duszność, omdlenie, zmęczenie przy niskim obciążeniu
Docelowa częstość rytmu	Zmęczenie mięśni	Niedokrwienie (obniżenia ST o >2 mm w porównaniu z badaniem wyjściowym)
Typowe zmiany w EKG	Nadciśnienie tętnicze (220/120 mm Hg)	Nowe zaburzenia kurczliwości regionalnej
Typowe zmiany w echokardiogramie	Objawowa hipotonia (spadek o >40 mm Hg)	Arytmie (NSVT, SVT)
Ból za mostkiem	Arytmie (SVT, AF, liczna ektopia komorowa)	Specyficzne punkty końcowe*
* Specyficzne punkty końcowe odnoszą się do wartości progowych parametrów echo, które wiążą się z gorszym rokowaniem, brakiem odpowiedzi na leczenie (np. gradient śródkomorowy >50 mm Hg) – patrz Tab. 1		



**Ryc. 3.** Przydatność echokardiografii wysiłkowej (SE) w ocenie nabytych wad zastawkowych. Indywidualnej ocenie podlegają: funkcja samej zastawki, funkcja lewej (LK) i prawej komory (PK) oraz inne konsekwencje hemodynamiczne wady<sup>(1)</sup>. MR – niedomykalność mitralna, MS – stenozą zastawki mitralnej, AR – niedomykalność zastawki aortalnej, AS – stenozą zastawki aortalnej, SV – objętość wyrzutowa, MPG – średni gradient przez zastawkowy, PH – nadciśnienie płucne

ergometrze rowerowym, który wykonuje się w celu sprowokowania objawów klinicznych (duszności wysiłkowej) oraz oceny tolerancji wysiłku (stopnia obciążenia) i rezerwy kurczliwej LK. Szacowanie stopnia zaawansowania wady za pomocą zarówno wysiłku, jak i dobutaminy nie znajduje zastosowania, ponieważ wzrost częstości rytmu i skrócenie okresu rozkurczu ograniczają ilościowy pomiar fali zwrotnej aortalnej. Brak rezerwy kurczliwej (Δ EF <5% na szczycie obciążenia) z oceną funkcji podłużnego skręcania LK (*strain*, badanie dopplerowskie tkankowe) świadczy o subklinicznej dysfunkcji LK, ma udokumentowaną wartość prognostyczną i wiąże się z gorszym rokowaniem pooperacyjnym. U pacjentów ze średnią niedomykalnością aortalną i objawami klinicznymi celem badania jest ustalenie przyczyny zgłaszanych objawów. Mogą one być spowodowane indukowaną wysiłkiem dynamiczną niedomykalnością mitralną, nadciśnieniem płucnym lub dysfunkcją rozkurczową lewej komory (Ryc. 3).

## Niedomykalność mitralna

U chorych objawowych z umiarkowaną **organiczną** niedomykalnością mitralną o gorszym rokowaniu świadczą: narastanie stopnia MR (≥1 stopień), dynamiczne nadciśnienie płucne (SPAP >60 mm Hg), brak rezerwy kurczliwej LK (Δ EF <5%, Δ *strain* podłużny LK <2%), brak rezerwy kurczliwej PK (Δ TAPSE <19 mm). U chorych z ciężką bezobjawową organiczną niedomykalnością mitralną ocena wysiłkowa powinna skupić się głównie na analizie narastania objawów klinicznych (duszności), dynamicznego nadciśnienia płucnego (SPAP >60 mm Hg) i rezerwy kurczliwej LK, bez potrzeby szacowania stopnia fali zwrotnej.

W niedomykalności **funkcjonalnej** obciążenie wysiłkiem konieczne jest wówczas, gdy istnieje duża dysproporcja

między stopniem niedomykalności w spoczynku a objawami klinicznymi (duszności ułożeniową, nietolerancją wysiłku, nawracającymi obrzękami płuc). Badanie wysiłkowe może pomóc w podjęciu decyzji o konieczności jednoczasowego zabiegu rewaskularyzacji (np. CABG) oraz plastyki zastawki mitralnej. O gorszym rokowaniu świadczą wzrost ERO po wysiłku o >13 mm<sup>2</sup> i wartość wysiłkowego nadciśnienia płucnego >60 mm Hg. Z kolei redukcja niedomykalności lub jej całkowite uszczelnienie po wysiłku są dowodem na obecność rezerwy kurczliwej i stanowią o dobrym rokowaniu chorego (Ryc. 3).

## Stenozą mitralną

Ocena wysiłkowa pozwala na analizę objawów związanych z wadą oraz stopnia hemodynamicznego zaawansowania wady, zwłaszcza u chorych z dysproporcją pomiędzy objawami a spoczynkowymi pomiarami pola ujścia i gradientu rozkurczowego. Wartości wysiłkowego gradientu >15 mm Hg (średni gradient) i SPAP >60 mm Hg (maksymalny gradient) przemawiają za ciężką stenozą mitralną bez względu na spoczynkowy pomiar pola powierzchni ujścia mitralnego (Ryc. 3).

## Protezy zastawkowe

U chorych z implantowanymi protezami zastawek i objawami klinicznymi echokardiografia obciążeniowa pozwala na ustalenie związku pomiędzy zgłaszanymi dolegliwościami a nieprawidłową funkcją protezy. U większości chorych preferowaną formą obciążenia jest wysiłek wykonany na ergometrze rowerowym. U chorych ze średnio i bardzo nasilonymi objawami wykonuje się test dobutaminowy z niską dawką (do 20 μg/kg/min dobutaminy).



U chorych z protezami w pozycji mitralnej lub aortalnej oraz łagodnie/średnio podwyższonymi spoczynkowymi gradientami przez zastawkowymi wysiłkowa ergometria pozwala na rozpoznanie zwężenia zastawki lub niedopasowania zastawki (*patient-prosthesis mismatch*, PPM). Z kolei u pacjentów z niskim przepływem zastawkowym, małym spoczynkowym efektywnym polem ujścia (*effective orifice area*, EOA) lub obniżonym *Doppler velocity index* (DVI) zastosowanie echokardiograficznego testu obciążeniowego z małą dawką dobutaminy (DE) (Tab. 1) pozwala na różnicowanie pomiędzy prawdziwą dysfunkcją protezy, pseudodysfunkcją protezy a niedopasowaniem.

### Kardiomiopatia przerostowa

Obciążenie wysiłkiem chorego z kardiomiopatią przerostową (*hypertrophic cardiomyopathy*, HCM) pozwala na ujawnienie objawów klinicznych chorego oraz monitorowanie odpowiedzi na zastosowane leczenie. Wzrost gradientu wysiłkowego >50 mm Hg, nieprawidłowa odpowiedź ciśnienia tętniczego (RR) na wysiłek, upośledzona funkcja skurczowa i rozkurczowa LK (zaburzenia regionalnej kurczliwości, wzrost E/e' i nadciśnienia płucnego) oraz nasilenie dynamicznej niedomykalności mitralnej wiążą się ze słabszą tolerancją wysiłku i gorszym rokowaniem. Badanie wysiłkowe jest przeciwwskazane u chorych z gradientem >50 mm Hg mierzonym w spoczynku lub indukowanym próbą Valsalvy (Tab. 1).

### Piśmiennictwo

1. Sicari R, Nihoyannopoulos P, Ewangelista A, Kasprzak J, Lancellotti P, Poldermans D *et al.*: Stress echocardiography expert consensus statement: European Association of Echocardiography (EAE) (a registered branch of the ESC). *Eur J Echocardiogr* 2008; 9: 415–437.
2. Płońska-Gościński E, Gackowski A, Gašior Z: Rekomendacje 2011 Sekcji Echokardiografii Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego dotyczące zastosowania echokardiografii obciążeniowej w praktyce klinicznej. *Kardiol Pol* 2011; 69: 642–648.
3. Lancellotti P, Pellikka P, Budts W, Chaudhry FA, Donal E, Dulgheru *et al.*: The clinical use of stress echocardiography in non-ischaemic heart disease: recommendations from the European Association of Cardiovascular Imaging and the American Society of Echocardiography. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2016; 17: 1191–1229.
4. Vahanian A, Alfieri O, Andreotti F, Antunes MJ, Barón-Esquivias G, Baumgartner H *et al.*: Guidelines on the management of valvular heart disease (version 2012): the Joint Task Force on the Management of Valvular Heart Disease of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur J Cardiothorac Surg* 2012; 42: S1–S44.
5. Clavel MA, Ennezat PV, Maréchaux S, Dumesnil JG, Capoulade R, Hachicha Z *et al.*: Stress echocardiography to assess stenosis sever-

### Kardiomiopatia rozstrzeniowa a terapia resynchronizująca

Dobutaminowy test z małą dawką jest pomocny w prognozowaniu odpowiedzi na terapię resynchronizującą (*cardiac resynchronization therapy*, CRT). Wzrost LVEF (*left ventricular ejection fraction* – frakcja wyrzutowa lewej komory serca) o >7%, obecność rezerwy kurczliwej w obszarze stymulowanym (poprawa WMSI – *wall motion score index*), redukcja niedomykalności mitralnej podczas testu dobutaminowego są czynnikami korzystnej przebudowy LK po implantacji rozrusznika CRT<sup>(5,6)</sup>.

Każde badanie stres echo wymaga odpowiedniego wyszkolenia kardiologa i towarzyszącej pielęgniarki lub drugiego lekarza, odpowiednio wyposażonej pracowni echokardiograficznej, przestrzegania zasad bezpieczeństwa oraz nieustającego kształcenia się w tej dziedzinie kardiologa wykonującego badanie echokardiograficzne<sup>(7–9)</sup>.

### Konflikt interesów

*Autorzy nie zgłaszają żadnych finansowych ani osobistych powiązań z innymi osobami lub organizacjami, które mogłyby negatywnie wpłynąć na treść niniejszej publikacji oraz rościć sobie do niej prawo.*

ity and predict outcome in patients with paradoxical low-flow, low-gradient aortic stenosis and preserved LVEF. *JACC Cardiovasc Imaging* 2013; 6: 175–183.

6. Ypenburg C, Sieders A, Bleeker GB, Holman ER, van der Wall EE, Schalij MJ *et al.*: Myocardial contractile reserve predicts improvement in left ventricular function after cardiac resynchronization therapy. *Am Heart J* 2007; 154: 1160–1165.
7. Płońska-Gościński E, Kasprzak JD, Kukulski T, Mizia-Stec K, Nowalany-Kozielska E, Gašior Z *et al.*: Role of lowdose dobutamine echocardiography in predicting response to biventricular pacing. Results from the multicenter Viability in Cardiac Resynchronisation Therapy (ViaCRT) study. *Pol Arch Med Wewn* 2016; 126: 989–994.
8. Płońska-Gościński E, Gościński P: Echokardiografia obciążeniowa. In: Lipiec P, Hoffman P (eds.): *Echokardiografia kliniczna. Podręcznik Sekcji Echokardiografii Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego*. Medica Total Project, Warszawa 2017, p. 40–49.
9. Płońska-Gościński E, Kasprzak JD, Olędzki S, Rzucidło-Resil J, Gościński P, Kukulski T *et al.*: Polish Stress Echocardiography Registry (Pol-STRESS registry) – a multicenter study. Stress echocardiography in Poland: numbers, settings, results, and complications. *Kardiol Pol* 2017; 75: 922–930.