

Kliniczne zastosowanie echokardiografii obciążeniowej w wadach zastawkowych serca

Opinia Ekspertów Sekcji Wad Zastawkowych Serca Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego

Autorzy: Edyta Płońska-Gościński¹, Tomasz Kukulski², Tomasz Hryniewiecki³, Jarosław D. Kasprzak⁴, Wojciech Kosmała⁵, Maria Olszowska⁶, Katarzyna Mizia-Stec^{7,8}, Piotr Pysz^{9,10}, Beata Zaborska¹¹, Patrycjusz Stokłosa^{3*}, Zbigniew Gąsior¹²

Recenzenci Sekcji: Andrzej Gackowski¹³, Piotr Lipiec¹⁴, Andrzej Szyszka¹⁵, Lidia Tomkiewicz-Pająk⁶, Monika Komar⁶, Ewa Orłowska-Baranowska³

Recenzenci z ramienia Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego: Bożena Sobkowicz¹⁶, Krzysztof Gołba¹⁷

- ¹ Klinika Kardiologii, Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie
 - ² Klinika Kardiologii, Wad Wrodzonych Serca i Elektroterapii, Wydział Nauk Medycznych w Zabrze, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach
 - ³ Klinika Wad Zastawkowych Serca, Narodowy Instytut Kardiologii, Warszawa
 - ⁴ I Klinika i Katedra Kardiologii, Wojewódzki Specjalistyczny Szpital im. dr. Wł. Biegańskiego, Uniwersytet Medyczny w Łodzi
 - ⁵ Katedra i Klinika Kardiologii, Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu
 - ⁶ Klinika Chorób Serca i Naczyń, Instytut Kardiologii, Uniwersytet Jagielloński Collegium Medicum, Kraków
 - ⁷ I Katedra i Klinika Kardiologii, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach
 - ⁸ I Oddział Kardiologii, Górnośląskie Centrum Medyczne w Katowicach
 - ⁹ Klinika Kardiologii i Chorób Strukturalnych Serca, III Katedra Kardiologii, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach
 - ¹⁰ Pododdział Rehabilitacji Kardiologicznej, Beskidzki Zespół Lecznico-Rehabilitacyjny, Szpital Opieki Długoterminowej w Jaworzu
 - ¹¹ Klinika Kardiologii, Centrum Medyczne Kształcenia Podyplomowego, Warszawa
 - ¹² Katedra i Klinika Kardiologii, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach
 - ¹³ Klinika Choroby Wieńcowej i Niewydolności Serca, Uniwersytet Jagielloński Collegium Medicum, Kraków
 - ¹⁴ Zakład Szybkiej Diagnostyki Kardiologicznej, Katedra Kardiologii, Uniwersytet Medyczny w Łodzi
 - ¹⁵ II Klinika Kardiologii, Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu
 - ¹⁶ Klinika Kardiologii, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku
 - ¹⁷ Katedra Elektrokardiologii, Klinika Elektrokardiologii i Niewydolności Serca, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach
- * Autor korespondujący

SŁOWA KLUCZOWE

echokardiografia obciążeniowa, zastawkowe wady serca

STRESZCZENIE

Wady zastawkowe serca (VHD) są narastającym problemem z powodu starzenia się populacji oraz jako następstwo innych chorób serca. Prawidłowe rozpoznanie jest kluczowe dla podjęcia właściwych decyzji terapeutycznych. Niestety u wielu pacjentów echokardiografia przezklatkowa (TTE) i przezprzełykowa (TEE) nie są wystarczające. Bardzo pomocnym narzędziem diagnostycznym okazała się echokardiografia wysiłkowa (SE), umożliwiającą jednoczesną ocenę kurczliwości lewej komory (LV) i przepływów zastawkowych w warunkach obciążenia wysiłkiem lub lekiem. Zaleca się stosowanie SE w celu określenia ciężkości wady serca, wyboru właściwego postępowania terapeutycznego i stratyfikacji ryzyka operacyjnego. Badaniu mogą zostać poddani chorzy zarówno z ciężką VHD bez objawów klinicznych, jak i z umiarkowaną VHD z dolegliwościami. SE u pacjenta z VHD może zostać wykonana jako badanie wysiłkowe (ESE) lub obciążeniowe z zastosowaniem dobutaminy (DSE). ESE zaleca się u pacjentów z ciężką stenozą aortalną (AS) negujących objawy w celu ich wykrycia lub w celu wykrycia nieprawidłowej reakcji ciśnienia tętniczego w trakcie wysiłku oraz u pacjentów ze stenozą mitralną (MS) z dysproporcją między zgłaszanymi objawami a stopniem wady obserwowanym w TTE. U pacjentów z bezobjawową ciężką paradoksalną niskoprzepływową niskogradentową LF LG AS badanie ESE pozwala na potwierdzenie istotności zwężenia. Z kolei u pacjentów

Adres do korespondencji:
dr n. med. Patrycjusz Stokłosa,
Klinika Wad Zastawkowych
Serca, Narodowy Instytut
Kardiologii Stefana kardynała
Wyszyńskiego, Państwowy Instytut
Badawczy, ul. Alpejska 42, 04-628
Warszawa, tel.: +48 22 343 46 46,
e-mail: pstoklosa@ikard.pl
© Polskie Towarzystwo
Kardiologiczne, Warszawa 2020

z klasyczną LF LG AS przydatnym narzędziem diagnostycznym jest DSE z niską dawką dobutaminy, jako że dostarcza informacji na temat istotności zwężenia i rezerwy kurczliwości. Ponadto SE jest wskazana u pacjentów po implantacji sztucznej zastawki, gdy występuje rozbieżność między symptomatologią a obrazem echokardiograficznym, a także u pacjentów z VHD przed zabiegami wysokiego ryzyka z małą wydolnością fizyczną i więcej niż dwoma klinicznymi czynnikami ryzyka. Niniejszy dokument przedstawia szczególnie wytyczne dotyczące SE w VHD.

SKRÓTY I AKRONIMY

2D – dwuwymiarowa

3D – trójwymiarowa

AAS (*asymptomatic aortic stenosis*) – bezobjawowa stenoza aortalna

AS (*aortic stenosis*) – stenoza aortalna

AF (*atrial fibrillation*) – migotanie przedsionków

AR (*aortic regurgitation*) – niedomykalność aortalna

ASE – American Society of Echocardiography

AVA (*aortic valve area*) – powierzchnia zastawki aortalnej

AVA_{proj} (*projected aortic valve area*) – przewidywane pole powierzchni zastawki aortalnej

DSE (*dobutamine stress echocardiography*) – echokardiograficzna próba dobutaminowa

DVI – Doppler Velocity Index

EACVI – European Association of Cardiovascular Imaging

EKG – elektrokardiogram

EOA (*effective orifice area*) – efektywna powierzchnia ujścia

EROA (*effective regurgitant orifice area*) – efektywne pole ujścia niedomykalności

ESC (European Society of Cardiology) – Europejskie Towarzystwo Kardiologiczne

ESE (*exercise stress echocardiography*) – echokardiografia wysiłkowa

ET – elektrokardiograficzny test wysiłkowy

FED (*fibroelastic deficiency*) – zespół niedoboru włókien elastycznych

GLS (*global longitudinal strain*) – globalne skurczowe odkształcenie podłużne

GWFI (Global Work Index) – wskaźnik globalnej pracy (lewej komory)

HG AS (*high gradient aortic stenosis*) – stenoza aortalna wysokogradientowa

ieOA (*indexed effective orifice area*) – indeksowana efektywna powierzchnia ujścia

i.v. (*intravenous*) – dożylnie

LF LG AS (*low-flow low-gradient aortic stenosis*) – stenoza aortalna z niskim przepływem i niskim gradientem

LV (*left ventricle*) – lewa komora

LVEF (*left ventricular ejection fraction*) – frakcja wyrzutowa lewej komory

LVFP (*left ventricular filling pressure*) – ciśnienie napełniania lewej komory

LVOT (*left ventricular outflow tract*) – droga odpływu lewej komory

MDCT (*multi-slice computed tomography*) – wielorzędowa tomografia komputerowa

MDG (*mean diastolic gradient*) – średni gradient rozkurczowy

MET (*metabolic equivalent of task*) – równoważnik metaboliczny

MPG (*mean pressure gradient*) – średni gradient skurczowy

MR (*mitral regurgitation*) – niedomykalność mitralna

MS (*mitral stenosis*) – zwężenie zastawki mitralnej

MV (*mitral valve*) – zastawka mitralna

MVA (*mitral valve area*) – pole powierzchni zastawki mitralnej

PPM (*patient-prosthesis mismatch*) – niedopasowanie pacjent–zastawka

RR (*relative risk*) – ryzyko względne

RTG – radiogram

RV (*right ventricle*) – prawa komora

RVSP (*right ventricular systolic pressure*) – ciśnienie skurczowe w prawej komorze

SAVR (*surgical aortic valve replacement*) – chirurgiczna wymiana zastawki aortalnej

SE (*stress echocardiography*) – echokardiograficzne badanie obciążeniowe

SPAP (*systolic pulmonary artery pressure*) – skurczowe ciśnienie w tętnicy płucnej

SVI (Stroke Volume index) – wskaźnik objętości wyrzutowej

SVT (*supraventricular tachycardia*) – częstoskurcz nadkomorowy

TAVI (*transcatheter aortic valve implantation*) – przezcewnikowe wszczepienie zastawki aortalnej

TEE (*transesophageal echocardiography*) – echokardiografia przezprzełykowa

TR (*tricuspid regurgitation*) – niedomykalność zastawki trójdzielnej

TTE (*transthoracic echocardiography*) – echokardiografia przezklatkowa

WMSI (Wall Motion Score Index) – punktowy wskaźnik ruchomości ścian

VHD (*valvular heart disease*) – wada zastawkowa serca

VT (*ventricular tachycardia*) – częstoskurcz komorowy

Wstęp

Pierwszy polski rejestr badań echokardiograficznych (Pol-STRESS registry) oraz raport europejski badań obrazowych serca pokazują, że echokardiografia obciążeniowa (SE) jest obecnie uznana metodą obrazową stosowaną zwłaszcza w diagnostyce choroby wieńcowej i wad zastawkowych serca (VHD) w Polsce i w Europie.^{1,2} Jest zalecana w wielu obowiązujących wytycznych

Europejskiego Towarzystwa Kardiologicznego (ESC). Jest to badanie nieinwazyjne, cechujące się wysoką czułością i specyficznością. Polega na wykorzystaniu różnego typu testów czynnościowych (najczęściej są to test wysiłkowy [ESE] i farmakologiczny z dobutaminą [DSE]), pobudzających kurczliwość lewej komory [LV], zwiększających przepływ przez ujścia zastawkowe i/lub prowadzących do wystąpienia zabu-

rzenia równowagi między zaopatrzeniem a zapotrzebowaniem tlenowym mięśnia sercowego. W konsekwencji dochodzi do uwidocznienia nowych odcinkowych zaburzeń kurczliwości lub pogłębienia już występujących spoczynkowych zaburzeń, a także zmian przepływu krwi przez zastawkę serca.³

Od ponad dekady eksperci obrazowania serca w Polsce⁴ i w Europie⁵ oraz obecnie w wytycznych ESC dotyczących postępowania u chorych z VHD zalecają stosowanie SE w celu określenia ciężkości wady serca, wyboru właściwego postępowania terapeutycznego i stratyfikacji ryzyka operacyjnego.⁶

Autorzy wytycznych rekomendują wykonanie badania u chorych z ciężką VHD bez objawów klinicznych bądź z umiarkowaną VHD z dolegliwościami. Szczególną grupą pacjentów są chorzy z LF LG AS i obniżoną frakcją wyrzutową, a także z paradoksalną, tj. niskoprzepływową niskogradentową AS i zachowaną frakcją wyrzutową. SE zalecana jest również u chorych ze zwężoną zastawką mitralną, z niedomykalnością zastawki mitralnej i trójdzielnej. Badanie to umożliwia ponadto identyfikację pacjentów ze zwiększonym ryzykiem rozwoju nadciśnienia płucnego.⁷

Wymagania dotyczące wyposażenia pracowni i przygotowanie do badania obciążeniowego

Pracownia echokardiograficzna wykonująca SE powinna być wyposażona w sprzęt reanimacyjny: przenośny automatyczny defibrylator, worekambu i minimalny zestaw lekowy wraz z płynami infuzyjnymi. Powinny być dostępne takie leki jak β -adrenolityk czy nitrogliceryna służące do odwrócenia działania dobutaminy. Niezbędna jest też aparatura do stałego monitorowania ciśnienia tętniczego i rejestracji EKG.

Bardzo ważne jest zebranie dokładnego wywiadu chorobowego z uwzględnieniem przeciwwskazań. Badania SE nie należy wykonywać u pacjentów niestabilnych: z niestabilną chorobą wieńcową, zdekompensowaną niewydolnością serca, groźnymi zaburzeniami rytmu, zapaleniem mięśnia sercowego, wsierdzia i osierdzia. Przeciwwskazaniem do wykonania testu z dobutaminą jest niekontrolowane, wysokie ciśnienie tętnicze i kardiomiopatia przerostowa z dużym gradientem śródkomorowym. Pacjent do badania powinien zgłosić się na czczo lub co najmniej 4 godziny po spożyciu lekkiego posiłku; przed badaniem powinien unikać dużego wysiłku fizycznego, nie powinien pić mocnej kawy, herbaty czy innych napojów energetyzujących ani palić tytoniu. Konieczne jest również podpisanie świadomej zgody na badanie. W dniu testu można rozważyć wstrzymanie podania porannych dawek leków takich jak beta-bloker czy nitrat, mogących utrudniać ujawnienie objawów i wpływać na wynik badania.

Przed rozpoczęciem badania należy u pacjenta wykonać badanie echokardiograficzne spoczynkowe i sprawdzić jakość uzyskiwanych obrazów. W przypadku pacjentów nieechogenicznych wiarygodność badania jest wątpliwa i u takich pacjentów SE nie jest zalecana. Wybór testu obciążeniowego zależy od wskazań i przeciwwskazań do wykonania testu, a także od doświadczenia i preferencji lekarza wykonującego badanie.

SE jest badaniem bezpiecznym.^{8,9} Bezpieczeństwo ESE jest podobne jak w klasycznej próbie. Do najczęstszych objawów niepożądanych towarzyszących DSE należą drżenie ciała, zaczerwienienie skóry, bóle głowy i kołatania serca.

Protokoły echokardiografii obciążeniowej w zastawkowych wadach serca

W diagnostyce VHD stosuje się ESE i DSE.^{3,7} Wybór metody i protokołu zależy od wskazań i stanu klinicznego pacjenta. Ze względu na to, że czas obrazowania jest bardzo krótki, ustalenie rejestrowanych parametrów echokardiograficznych i przyjęcie właściwej kolejności ich akwizycji wynikające z celu badania powinny zostać zdefiniowane przed jego rozpoczęciem. Podczas ESE monitorowanie ciśnienia krwi, 12-odprowadzeniowego EKG i stanu klinicznego jest obowiązkowe.

ESE wymaga współpracy pacjenta, zdolnego do wykonania wysiłku fizycznego. Jest testem wykonywanym na cykloergometrze leżankowym lub bieżni ruchomej w protokole ograniczonym objawami. Badanie na cykloergometrze leżankowym pozwala na dokładne obrazowanie serca podczas całego testu, od małego obciążenia do poziomu maksymalnego. W czasie gdy pacjent, pedałując w stałym tempie (60 obrotów/min), pokonuje stopniowo rosnące obciążenie (zaczynając od 25 watów, zwiększane o 25 watów w odstępach 3-minutowych), prowadzona jest rejestracja echokardiograficzna: wyjściowa, na etapie 25–50 W, po osiągnięciu tętna 100–120/min, na szczycie obciążenia i w okresie odpoczynku. W ciężkiej VHD akwizycja obrazów powinna rozpoczynać się od obrazowania LV, co pozwala ocenić rezerwę skurczową i zmiany globalnego odkształcenia podłużnego. Z kolei u bezobjawowych pacjentów z LF LG AS z zachowaną frakcją wyrzutową lewej komory (LVEF) przeciwnie – obrazowanie należy rozpocząć od parametrów zaawansowania VHD i rezerwy przepływu. Jedynie w badaniu na cykloergometrze leżankowym można w trakcie wysiłku oszacować skurczowe ciśnienie w tętnicy płucnej (SPAP) na podstawie oceny niedomykalności zastawki trójdzielnej. Inną stosowaną metodą ESE jest obciążenie wysiłkiem na bieżni, jednakże nie umożliwia ono obrazowania w czasie wysiłku. Zwykle obrazy uzyskuje się po szczycie obciążenia (w ciągu 90 s po zakończeniu wysiłku), po natychmiastowym przejściu pacjenta na leżankę. Zatem tą metodą nie można ocenić

zjawisk występujących podczas małego obciążenia. Powszechnie stosowanymi protokołami wysiłku na bieżni są protokół Bruce'a i zmodyfikowany protokół Bruce'a.

DSE umożliwia obrazowanie przy małym, średnim i szczytowym poziomie obciążenia. Protokół DSE obejmuje ciągły wlew *i.v.* dobutaminy, rozpoczynając od dawki 5 µg/kg/min, następnie zwiększanej o 5–10 µg/kg/min co 3–8 minut, aż do 40 µg/kg/min. W ocenie AS maksymalna dawka wynosi 20 µg/kg/min. Akwizycja obrazów powinna rozpocząć się po upływie 2–3 minut po każdym zwiększeniu dawki dobutaminy. DSE nie pozwala na oszacowanie SPAP i ocenę ciężkości niedomykalności mitralnej (MR) ze względu na wazodylatacyjne działanie dobutaminy.

Echokardiografia obciążeniowa w niskoprzepływowej, niskogradentowej stenozie aortalnej

LF LG AS definiuje się na podstawie współistnienia średniego gradientu przez zastawkowe <40 mm Hg, efektywnej powierzchni zastawki aortalnej (AVA) $<1,0$ cm² (0,6 cm²/m² powierzchni ciała) i wskaźnika objętości wyrzutowej (SVi) LV <35 ml/m². Może jej towarzyszyć obniżona (typ klasyczny) lub zachowana (typ paradoksalny) frakcja wyrzutowa (LVEF) LV. DSE z małą dawką leku może być użytecznym narzędziem diagnostycznym w klasycznej LF LG AS, dostarczającym informacji na temat nasilenia zwężenia (zmiany średniego gradientu przez zastawkowe i AVA w odpowiedzi na zwiększenie przepływu aortalnego) i rezerwy kurczliwości LV (zmiany SV i LVEF). Protokół DSE w ocenie klasycznej LF LG AS rozpoczyna się od niskiej dawki dobutaminy 2,5–5 µg/kg/min, a następnie prędkość infuzji zwiększa się co 3–5 minut do maksymalnej dawki 20 µg/kg/min.¹⁰ Zaleca się unikanie wysokich dawek dobutaminy ze względu na zwiększone ryzyko arytmii i możliwość przeszacowania ciężkości zwężenia w trakcie dużego przyspieszenia przepływu wywołanego wysokimi stężeniami leku.¹⁰

Zestaw ocenianych parametrów uzyskanych na początku i na każdym etapie infuzji powinien obejmować co najmniej pomiary przepływu przez zastawkę aortalną za pomocą dopplera fali ciągłej (optymalnie z okna akustycznego z najwyższą rejestrowaną prędkością przepływu), w drodze odpływu LV (LVOT) za pomocą dopplera pulsacyjnego i rejestracji kurczliwości LV w osi długiej przymostkowej oraz w projekcji koniuszkowej 4- i 2-jamowej. Pomiar średnicy LVOT przeprowadza się wyjściowo i wartość ta jest używana do obliczenia AVA z równania ciągłości podczas całego testu.^{3,10} Raport z DSE powinien obejmować maksymalną prędkość przepływu przez zastawkę, gradient średni, SV i AVA na każdym etapie badania; pomia-

ry LVEF powinny zostać odnotowane przynajmniej wyjściowo i na szczycie próby.

DSE w klasycznej LF LG AS może przynieść następujące wnioski, istotne z klinicznego punktu widzenia:^{10,11}

- 1) wzrost średniego gradientu przezaortalnego >30 mm Hg (optymalnie >40 mm Hg) przy AVA $<1,0$ cm² w dowolnym momencie wlewu dobutaminy, co sugeruje prawdziwie ciężką AS
- 2) wzrost AVA do $>1,0$ cm², co sugeruje, że stenozą nie jest ciężka
- 3) brak wzrostu SV $\geq 20\%$ odzwierciedlający brak rezerwy kurczliwości (przepływu), który jest czynnikiem predykcyjnym wysokiej śmiertelności okołoperacyjnej.¹² Należy jednak podkreślić, że stwierdzenie tego zaburzenia nie wyklucza poprawy stanu klinicznego chorego i poprawy odległego przeżycia po operacji chirurgicznej lub przezcewnikowym wszczepieniu zastawki aortalnej (TAVI). W związku z tym pacjenci z brakiem rezerwy przepływu nie powinni być *a priori* dyskwalifikowani z zabiegu wymiany zastawki aortalnej.^{3,12}

U niektórych chorych rozbieżność między małą AVA i niskim gradientem utrzymuje się w trakcie stymulacji dobutaminą, nie dając jednoznacznego rozstrzygnięcia co do stopnia zwężenia. W tej podgrupie, zwykle charakteryzującej się niewystarczającym wzrostem przepływu przez zastawkowe, pomocne jest obliczenie tzw. przewidywanej AVA (*projected AVA*) standardyzującej pomiar AVA do stanu normalnego natężenia przepływu, tj. 250 ml/s,^{10,13} zgodnie ze wzorem:

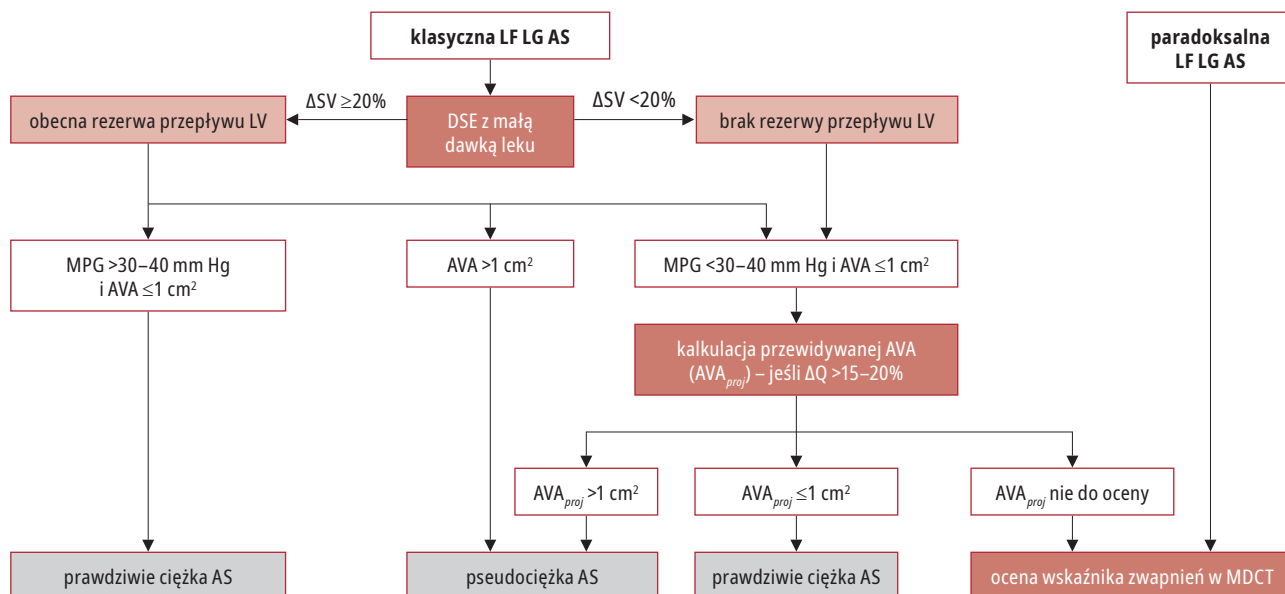
$$\text{Projected AVA} = \text{AVA}_{\text{rest}} + (\Delta\text{AVA}/\Delta\text{Q}) \times (250 - \text{Q}_{\text{rest}})$$

gdzie AVA_{rest} i Q_{rest} oznaczają AVA i średnie natężenie przepływu przez zastawkę (SV/czas wyrzutu LV) mierzone w spoczynku, a ΔAVA i ΔQ – bezwzględne zmiany w zakresie AVA i Q mierzone w trakcie DSE. Aby uzyskać wiarygodny pomiar przewidywanej AVA, konieczny jest przynajmniej 15% (optymalnie $\geq 20\%$) przyrost natężenia przepływu przez zastawkę aortalną podczas wlewu dobutaminy.¹² Przewidywana AVA $<1,0$ cm² potwierdza obecność prawdziwej ciężkiej postaci AS.

Podgrupa chorych z klasyczną LF LG AS, w której różnicowanie między zwężeniem prawdziwie ciężkim a pseudociężkim jest za pomocą DSE niemożliwe z powodu niewystarczającego wzrostu przepływu przez zastawkowe, powinna zostać poddana ocenie stopnia uwapnienia zastawki aortalnej z zastosowaniem wielorzędowej tomografii komputerowej (MDCT)^{3,10} (RYC. 1).

Paradoksalna LF LG AS

Obecnie nie zaleca się stosowania DSE jako narzędzia diagnostycznego w paradoksalnej LF LG AS ze względu na niewystarczające dowody potwierdzające korzyści diagnostyczne wynikające z zastosowania DSE w tym przypadku oraz



RYCINA 1. Strategia różnicowania między prawdziwie ciężkim a pseudociężkim niskoprzepływowym, niskogradentowym zwężeniem zastawki aortalnej za pomocą echokardiograficznej próby dobutaminowej (DSE) i wielorzędowej tomografii komputerowej (MDCT)

Skróty: AS – stenoz aortalna, AVA – pole zastawki aortalnej, AVA_{proj} – przewidywane pole powierzchni zastawki aortalnej, DSE – echokardiograficzna próba dobutaminowa, LF LG AS – stenoz aortalna z niskim rzutem i niskim gradientem, LV – lewa komora, MDCT – wielorzędowa tomografia komputerowa, MPG – średni gradient przezzastawkowy, SV – objętość wyrzutowa

zwiększone ryzyko zaburzeń hemodynamicznych wywołanych przez indukowane wlewem dobutaminy pogorszenie napełniania LV, zawężanie LVOT i następne niedociśnienie u chorych charakteryzujących się zwykle nasiloną koncentryczną przebudową LV z małą jamą LV i restrykcyjnym profilem napływu.^{10,11} Zalecanym podejściem diagnostycznym w tej postaci LF LG AS w celu ustalenia ciężkości zwężenia jest MDCT (RYC. 1), natomiast ESE można wykonać jedynie u chorych bezobjawowych lub skąpoobjawowych.

Przed wykorzystaniem dodatkowych metod oceny należy wziąć pod uwagę, że spoczynkowa ocena zastawki aortalnej u pacjentów, u których tempo przepływu przez zastawkę (iloraz objętości wyrzutowej i czasu wyrzutu) przekracza 200 ml/s, zwykle nie ulega zmianie po testach obciążeniowych.¹⁴

Echokardiografia obciążeniowa u pacjentów z ciężką bezobjawową stenozą aortalną (AAS)

Rekomendacje

Pacjenci z ciężką wysokogradentową stenozą aortalną (HG AS), tj. AVA <1 cm² i średnim gradientem przezzastawkowym (MPG) >40 mm Hg w spoczynku, u których wystąpią objawy [I, B] i/lub dysfunkcja skurczowa LV [I, C], powinni zostać poddani wymianie zastawki aortalnej chirurgicznej (SAVR), a niektórzy z nich TAVI.⁶ U pacjentów negujących objawy zaleca się wykonanie elektrokardiograficznego testu wysiłkowego (ET) w celu wykrycia objawów lub nieprawidłowej reakcji ciśnienia tętniczego w trakcie

wysiłku.^{3,6} Nie u wszystkich chorych ET pozwala wskazać grupę zagrożoną, dlatego poszukuje się innych metod. Należy podkreślić, że u objawowych pacjentów z AS próba wysiłkowa jest przeciwwskazana.³

Wskazania kliniczne

U pacjentów z ciężką bezobjawową paradoksalną LF LG AS SE pozwala na potwierdzenie istotności zwężenia.^{7,16} U pacjentów z ciężką AAS aktywnych fizycznie ESE może służyć nie tylko do ujawnienia objawów, ale też do stratyfikacji ryzyka.¹⁵

Parametry badania

- Rodzaje: ESE z wykorzystaniem bieżni ruchomej lub cykloergometru. DSE jest przeciwwskazana u pacjentów z ciężką HG AS.⁷ Nie wykonuje się jej także u pacjentów z bezobjawową paradoksalną LF LG AS.⁷
- Protokoły: ESE z wykorzystaniem bieżni ruchomej – klasyczny i zmodyfikowany protokół Bruce'a.³

ESE z wykorzystaniem cykloergometru przeprowadza się na typowym stacjonarnym ergometrze rowerowym lub najlepiej na ergometrze leżankowym, umożliwiającym akwizycję danych bez opóźnień związanych z przemieszczaniem się pacjenta.^{3,7} Stosuje się protokół opisany na stronie 3. Jednoczesowe obrazowanie w trakcie obciążenia małym wysiłkiem pozwala na ocenę rezerwy kurczliwości i zmian globalnego odkształcenia podłużnego (GLS), co pomaga wykryć subkliniczną dysfunkcję skurczową LV.³

TABELA 1. Parametry echokardiograficzne oceniane w czasie echokardiografii wysiłkowej (ESE) u pacjentów z ciężką bezobjawową stenozą aortalną (AAS)

| sekwencja akwizycji obrazów 2D i danych dopplerowskich | etapy akwizycji obrazów 2D i danych dopplerowskich | wynik ESE | wnioski do raportu po wykonaniu ESE |
|---|--|--|---|
| rejestracja: 2D LV w projekcjach koniuszkowych dopplerem kolorowym MR, TR dopplerem fali ciągłej TR (do kalkulacji SPAP) oraz prędkości przepływu przez zastawkę aortalną (do kalkulacji MPG) dopplerem pulsacyjnym prędkości w LVOT | w spoczynku podczas obciążenia małym wysiłkiem podczas obciążenia maksymalnego | wystąpienie objawów ± spadek/brak wzrostu LVEF i/lub GLS ± wystąpienie odcinkowych zaburzeń kurczliwości ± wzrost SPAP ± pojawienie się/nasilenie MR ± wzrost MPG ± dla paradoksalnej LF LG AS AVA _{proj} ≤ lub >1,0 cm ² | ciężka AS z objawami w trakcie wysiłku/SPAP/czynnościową MR/brakiem rezerwy kurczliwości/indukowanym wysiłkiem niedokrwieniem/niepodatną na przepływ zastawkę |

Skróty: 2D – dwuwymiarowa, AAS – bezobjawowa stenoz aortalna, AS – stenoz aortalna, AVA_{proj} – przewidywane pole powierzchni zastawki aortalnej, ESE – wysiłkowa echokardiografia obciążeniowa, GLS – globalne odkształcenie podłużne, LV – lewa komora, LVEF – frakcja wyrzutowa lewej komory, LVOT – droga odpływu lewej komory, MPG – średni gradient przez zastawkę aortalną, MR – niedomykalność mitralna, paradoksalna LF LG AS – stenoz aortalna z niskim przepływem, niskim gradientem i zachowaną frakcją wyrzutową lewej komory, SPAP – skurczowe ciśnienie w tętnicy płucnej, TR – niedomykalność trójdzielna

TABELA 2. Kryteria nieprawidłowego wyniku echokardiografii wysiłkowej (ESE) i wartości progowe parametrów echokardiograficznych niekorzystnego rokowania u pacjentów z ciężką bezobjawową stenozą aortalną (AAS)^{3,7,16}

| |
|---|
| objawy: stenokardia, duszność, zawroty głowy, omdlenie, stan przedomdleniowy, zmęczenie przy niskim obciążeniu niedokrwienie: • ≥2 mm obniżenia odcinka ST w porównaniu z badaniem wyjściowym • pojawienie się lub nasilenie odcinkowych zaburzeń kurczliwości zaburzenia rytmu serca (nieutrwalony i/lub utrwalony częstoskurcz komorowy) kryteria niekorzystnego rokowania: • dla HG AS: istotny (>18–20 mm Hg) przyrost MPG, pogorszenie funkcji skurczowej LV, brak rezerwy skurczowej LV (ΔLVEF <5%) oraz wystąpienie wysiłkowego SPAP >60 mm Hg • dla paradoksalnej LF LG AS: istotny wzrost MPG (do wartości >30–40 mm Hg), wzrost MPG z AVA _{proj} ≤1 cm ² , pogorszenie funkcji skurczowej LV oraz wystąpienie wysiłkowego SPAP >60 mm Hg |
|---|

Skróty: AAS – bezobjawowa stenoz aortalna, AVA_{proj} – przewidywane pole powierzchni zastawki aortalnej, LVEF – frakcja wyrzutowa lewej komory, ESE – echokardiografia wysiłkowa, HG AS – stenoz aortalna wysokogradientowa, LV – lewa komora, MPG – gradient średni, paradoksalna LF LG AS – stenoz aortalna z niskim rzutem, niskim gradientem i zachowaną frakcją wyrzutową lewej komory, SPAP – skurczowe ciśnienie w tętnicy płucnej

TABELA 3. Decyzje terapeutyczne u pacjentów z ciężką bezobjawową stenozą aortalną (AAS) poddanych badaniu wysiłkowemu (ET)^{3,6,15}

| |
|--|
| SAVR jest zalecana u pacjentów z ciężką AAS i nieprawidłowym wynikiem ET, w którym udokumentowano objawy w trakcie wysiłku wyraźnie wynikające z wady [I, C] |
| należy rozważyć SAVR u pacjentów z ciężką AAS i nieprawidłowym wynikiem ET, w którym udokumentowano spadek ciśnienia tętniczego poniżej wartości wyjściowych [IIa, C] |
| wydaje się, że pacjenci z ciężką AAS i indukowanym wysiłkiem wzrostem SPAP lub ograniczoną rezerwą kurczliwości (ΔLVEF <5%) wymagają większego nadzoru klinicznego i echokardiograficznego |
| obecność czynników predykcyjnych szybkiego pojawienia się objawów i niekorzystnego rokowania może uzasadniać decyzję o przeprowadzeniu wczesnej SAVR u pacjentów z ciężką AAS, zwłaszcza jeśli ryzyko operacyjne jest niskie; do takich czynników należy zwiększenie MPG w trakcie wysiłku >20 mm Hg |
| zalecany stopień aktywności fizycznej powinien być oparty na badaniu wysiłkowym |

Skróty: ET – elektrokardiograficzny test wysiłkowy, LVEF – frakcja wyrzutowa lewej komory, MPG – gradient średni, SAVR – chirurgiczna wymiana zastawki aortalnej

Interpretacja wyniku (TAB. 1 i 2)

GLS wydaje się o wiele lepszym od LVEF wskaźnikiem predykcyjnym wystąpienia objawów i zdarzeń sercowych u pacjentów z ciężką bezobjawową HG AS i zachowaną LVEF, choć nie zdefiniowano precyzyjnych punktów odcięcia.^{3,6}

Wpływ na postępowanie (TAB. 3)

Niedomykalność aortalna

Pacjenci z ciężką niedomykalnością aortalną (AR), u których wystąpią objawy, powinni zostać poddani SAVR [I, B].⁶

Wskazania kliniczne

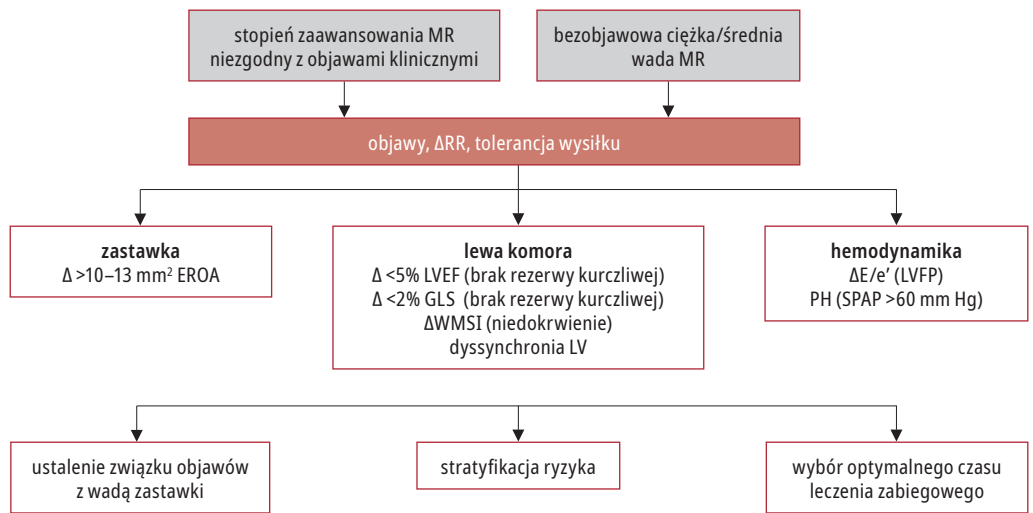
U pacjentów z ciężką bezobjawową AR negujących objawy zaleca się wykonanie ET w celu wykrycia objawów w trakcie wysiłku.³ U pacjentów z nieciężką AR można wykonać ET w celu wykluczenia objawów.³

Parametry badania

- Rodzaje: do oceny objawów zaleca się raczej ESE niż DSE.
- Protokoły: do oceny rezerwy kurczliwości najlepiej wykonać ESE z wykorzystaniem cykloergometru leżankowego. Zaleca się wówczas rejestrację w spoczynku, w czasie obciążenia małym wysiłkiem oraz obciążenia maksymalnego. Jeśli wykorzystuje się bieżnię ruchomą, zaleca się rejestrację w spoczynku oraz jak najszybciej po zakończeniu wysiłku. Minimalny zestaw danych powinien zawierać (w takiej kolejności): obrazowanie dwuwymiarowe LV, rejestrację TR dopplerem ciągłym w celu oszacowania SPAP oraz rejestrację dopplerem kolorowym MR.

Interpretacja wyniku

Dla bezobjawowej ciężkiej AR: ujawnianie objawów z zachowaną lub niezachowaną rezerwą



RYCINA 2. Wskazania, interpretacja badania i podstawowe cele obciążenia wysiłkiem/dobutaminą chorego z niedomykalnością mitralną^a

a indywidualnej ocenie podlegają funkcja samej zastawki, funkcja lewej i prawej komory oraz konsekwencje hemodynamiczne wady³

Skróty: EROA – efektywne pole ujścia niedomykalności, GLS – globalne skurczowe odkształcenie podłużne, LV – lewa komora, LVEF – frakcja wyrzutowa lewej komory, LVFP – ciśnienie napełnienia lewej komory, MR – niedomykalność mitralna, SPAP – skurczowe ciśnienie w tętnicy płucnej, RR – ryzyko względne, WMSI (Wall Motion Score Index) – punktowy wskaźnik ruchomości ścian

kurczliwości. Dla objawowej nieciężkiej AR: indukowane wysiłkiem niedokrwienie ± nadciśnienie płucne ± czynnościowa MR.

Wpływ na postępowanie

Pacjenci z ciężką AR, u których wystąpią objawy, powinni zostać poddani SAVR [I, B].⁶ Stwierdzono, że brak rezerwy kurczliwości (Δ LVEF <5%) pozwala przewidzieć rozwój dysfunkcji skurczowej LV w trakcie obserwacji oraz po SAVR. Spoczynkowa i wysiłkowa ocena funkcji włókien podłużnych LV z wykorzystaniem parametrów dopлера tkankowego może być pomocna w wykryciu wczesnych objawów dysfunkcji skurczowej.

Echokardiografia obciążeniowa w niedomykalności mitralnej

Ze względu na obecność dynamicznej komponenty wady pełna ocena kliniczna chorego z nabytą VHD z zasady powinna zostać przeprowadzona zarówno w spoczynku, jak i po obciążeniu wysiłkiem lub lekiem. Dynamiczna składowa wady w sposób szczególnie ujawnia się w MR. Z jednej strony zmieniająca się podczas obciążenia funkcja LV i aparatu podzastawkowego (indukowana wysiłkiem asynchronia, niedokrwienie, zmiana kształtu LV) może prowadzić do zmiany stopnia nieszczelności zastawki. Z drugiej zaś strony progresja MR przez narastanie przeciążenia objętościowego i ciśnieniowego lewego przedsionka będzie indukować wzrost SPAP. Z tego też powodu u większości chorych z MR najbardziej optymalnym sposobem obciążenia jest wysiłek fizyczny. Dobutamina ze względu na swój profil farmakodynamiczny (komponenta wazo-

dylatacyjna) nie jest dobrym stresorem, może bowiem zmniejszać stopień funkcjonalnej niedomykalności, utrudniając w ten sposób interpretację wyniku testu. DSE może mieć jednak zastosowanie w niedokrwiennej MR w szczególnej sytuacji, gdy oprócz oceny nieszczelności MV zależy nam na ocenie rezerwy kurczliwej/niedokrwienia segmentów tylny-dolno-bocznych LV (dorzecze tętnicy okalającej/prawej tętnicy wieńcowej) i funkcji mięśnia brodawkowatego tylny-przyśrodkowego. Poprawa kurczliwości w tym obszarze przy małej dawce dobutaminy i uszczelnienie zastawki z następującym pogorszeniem kurczliwości przy dużej dawce i rozszczelnieniem zastawki (reakcja dwufazowa) wskazują na konieczność rewaskularyzacji w tym obszarze.

SE powinniśmy wykonać u chorych, u których istnieje dysproporcja między zgłaszanymi objawami a stopniem MR w spoczynkowym badaniu echo. Dotyczy to zarówno chorych z napadową nocną dusznością (przemijający obrzęk płuc) i małą niedokrwinną MR w spoczynkowych badaniach echo, jak i tych bezobjawowych, u których wada oceniana jest w spoczynku jako hemodynamicznie istotna (tj. średnia lub duża MR bez względu na etiologię). Chorzy w wieku podeszłym, adaptując się do zmienionych warunków hemodynamicznych wady, często obniżają swoją aktywność fizyczną i maskują w ten sposób objawy kliniczne. Ponadto badanie wysiłkowe pozwala na obiektywną ocenę tolerancji wysiłku i ustalenie, czy zgłaszane przez chorego duszność i spadek tolerancji wysiłku mają związek z wadą zastawki, czy z innymi schorzeniami

| spoczynek | 25–75 W | 100–120 bpm | maksymalne obciążenie | odpoczynek |
|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| funkcja LV | funkcja LV | funkcja LV | funkcja LV | funkcja LV |
| regionalne zaburzenia kurczliwości | regionalne zaburzenia kurczliwości | regionalne zaburzenia kurczliwości | regionalne zaburzenia kurczliwości | regionalne zaburzenia kurczliwości |
| strain LV | – | strain LV | strain LV | – |
| MR | MR | MR | MR | MR |
| RVSP | – | RVSP | RVSP | – |
| funkcja RV | – | funkcja RV | funkcja RV | – |

obciążenie (w watach) (60 rpm)
rozpoczęcie od 25 W, wzrost o 25 W co 3 min



RYCINA 3. Protokół badania obciążeniowego wysiłkowego z wykorzystaniem ergometru rowerowego lub bieżni ruchomej u chorego z niedomykalnością mitralną^a

a funkcja globalna i regionalna LV oraz wielkość niedomykalności mitralnej monitorowane są przez cały czas trwania testu; funkcja RV, RVSP, strainu LV oceniane są w spoczynku oraz na szczycie obciążenia

Skróty: EKG – elektrokardiogram, LV – lewa komora, MR – niedomykalność mitralna, RR – ciśnienie krwi, RV – prawa komora, RVSP – ciśnienie skurczowe w prawej komorze

współistniejącymi (choroby płuc, choroby mięśni, anemia), czy też ze słabą adaptacją do wysiłku (brakiem wytrenowania). Dla chorego niewątpliwie największą korzyścią z obciążenia wysiłkiem jest określenie stopnia zaawansowania MR i ustalenie optymalnego czasu przeprowadzenia korekcji zabiegowej (RYC. 2). U młodych bezobjawowych pacjentek z organiczną hemodynamicznie istotną MR (zespół Barlowa, zespół niedoboru włókien elastycznych [FED]) planujących ciężą określenie wysiłkowych markerów operacyjności (SPAP >50 mm Hg; Δ LVEF <5%; Δ LV_{strain} <2%) pomaga w podjęciu decyzji o wcześniejszym zabiegu naprawczym.

Specyfika protokołu ESE ogranicza liczbę rejestrowanych parametrów echokardiograficznych. W praktyce zapisywane są tylko parametry możliwe do powtórzenia na każdym etapie obciążenia i jednocześnie mające znaczenie diagnostyczne dla oceny problemu klinicznego (RYC. 3). Ocena badania echokardiograficznego odbywa się online (pomiary 2D, doppler) oraz offline (pomiar strain LV i RV – lewej i prawej komory). Test wysiłkowy na ergometrze rowerowym należy proponować pacjentom gorzej wytrenowanym i w wieku podeszłym. Osoby młodsze mogą być obciążane także z wykorzystaniem bieżni ruchomej. Należy jednak pamiętać, że na ergometrze łatwiej dokonuje się rejestracji obrazów echo (2D + doppler) niż na bieżni. Test obciążeniowy u chorego z MR limitowany jest objawami lub częstością rytmu, przy której możliwa

jest czytelna i wiarygodna rejestracja parametrów echo (zwykle ok. 100–120/min). Końcowe punkty diagnostyczne, a także kryteria przerwania testu podsumowano w TABELI 4.

Interpretacja parametrów echo zależy od etiologii MR oraz od współistnienia spoczynkowych objawów klinicznych. U chorych objawowych z umiarkowanego stopnia organiczną MR ocenioną w badaniu spoczynkowym wykazanie narastania stopnia MR (≥ 1 stopień), dynamicznego nadciśnienia płucnego (SPAP >60 mm Hg), braku rezerwy kurczliwej LV (Δ LVEF <5%; Δ LV_{strain} podłużny LV <2%) i braku rezerwy kurczliwej RV (Δ TAPSE <19 mm) wskazują na gorsze odległe rokowanie. Z kolei u chorych z ciężką, ale bezobjawową organiczną MR ocena wysiłkowa powinna się skupić głównie na analizie narastania objawów klinicznych (duszność), dynamicznego nadciśnienia płucnego (SPAP >60 mm Hg) i rezerwy kurczliwej LV, bez konieczności szacowania stopnia MR. Narastanie wartości efektywnego pola powierzchni niedomykalności (EROA), obserwowane zwykle u tych chorych podczas wysiłku, nie ma wartości prognostycznej.

U chorych z niedokrwinną MR i dysfunkcją skurczową LV wzrost EROA po wysiłku o >13 mm² wskazuje na zaawansowanie pozawałowej przebudowy LV i może pomóc w podjęciu decyzji o jednoczasowym zabiegu rewaskularyzacji oraz plastyki zastawki mitralnej. Z kolei redukcja ERO lub całkowite uszczelnienie zastawki po wysiłku są dowodem na obec-

TABELA 4. Diagnostyczne punkty końcowe oraz przyczyny przerwania testu

| diagnostyczne punkty końcowe | przyczyny przerwania testu |
|---|---|
| maksymalna dawka dobutaminy (dotyczy jednoczesowej oceny MR i rezerwy kurczliwej) | objawy podmiotowe: zmęczenie mięśni, duszność, stenokardia |
| maksymalne tolerowane obciążenie wysiłkiem | niedokrwienie (obniżenia ST o ≥ 2 mm w porównaniu z badaniem wyjściowym) |
| docelowa częstość rytmu serca | nadciśnienie tętnicze (220/120 mm Hg) lub objawowa hipotonia (spadek o >40 mm Hg) |
| indukcja dużego nadciśnienia płucnego, RVSP >60 mm Hg | nowe zaburzenia kurczliwości odcinkowej |
| indukcja ciężkiej MR | arytmie (VT, SVT, AF, liczna ektopia komorowa) |

Skróty: AF – migotanie przedsionków, MR – niedomykalność mitralna, RVSP – ciśnienie skurczowe w prawej komorze, SVT – częstoskurcz nadkomorowy, VT – częstoskurcz komorowy

TABELA 5. Najczęstsze wskazania do wykonania badania wysiłkowego u chorego z niedomykalnością mitralną (MR) w zależności od jej etiologii

| MR funkcjonalna | MR organiczna |
|--|--|
| kardiomiopatia niedokrwienna: ocena wskazań do jednoczesowej rewaskularyzacji mięśnia sercowego i naprawy/wymiany zastawki mitralnej | chorzy bezobjawowi ocena zaawansowania wady, ustalenie optymalnego czasu leczenia kardiochirurgicznego |
| kardiomiopatia przerostowa: ocena stopnia MR i wskazań do leczenia kardiochirurgicznego współistniejącej MR | chore bezobjawowe przed planowaną ciążą ocena zaawansowania wady, ustalenie optymalnego czasu leczenia kardiochirurgicznego |
| diagnostyka napadowej nocnej duszności, diagnostyka spadku tolerancji wysiłku u chorego ze średnią MR | chorzy objawowi ze średnią MR ocena zaawansowania wady i tolerancji wysiłku oraz sercowej przyczyny duszności |

ność rezerwy kurczliwej i brak niedokrwienia w obszarze ściany tylna-dolno-bocznej i stanowią o dobrym rokowaniu chorego. Najczęstsze wskazania do badania obciążeniowego i wyszczególnienie grup chorych odnoszących potencjalne korzyści z jego wykonania zamieszczono w **TABELI 5**.

Echokardiografia obciążeniowa w stenozie mitralnej

SE wskazane jest u pacjentów, u których stwierdzamy dysproporcję między zgłaszanymi objawami a stopniem wady obserwowanym w badaniu spoczynkowym. SE pozwala nie tylko na doprecyzowanie istotności hemodynamicznej wady natywnej MV, ale też na dynamiczną ocenę funkcji protezy MV (przy podejrzeniu jej obstrukcji lub niedopasowania pacjent-zastawka [PPM]) oraz zastawki po zabiegu naprawczym (przy podejrzeniu jatrogennej, czynnościowej stenozy).^{3,6,17}

W praktyce pierwszą grupę pacjentów, w której wskazane jest wykonanie SE, stanowią osoby objawowe z wynikiem spoczynkowego badania sugerującym nieistotną klinicznie MS, tj. zwiększenie z polem powierzchni zastawki mitralnej (MVA) $>1,5$ cm². Podczas SE może się okazać, że w obliczu zwiększonego przepływu upośle-

dzenie podatności MV powoduje istotne narastanie średniego rozkurczowego gradientu przez zastawkowego (MDG).

Drużyna grupa wskazań do wykonania SE to pacjenci bezobjawowi lub z objawami nietypowymi pomimo MVA wskazującego na istotną MS, u których kontrolowane obciążenie może spowodować wystąpienie objawów. Badanie wskazane jest szczególnie u chorych z MVA w przedziale 1,0–1,5 cm², jeśli oczekują oni na duży zabieg chirurgiczny lub planują zajście w ciążę oraz u wszystkich pozostałych chorych przy MVA $<1,0$ cm².

Wśród pacjentów po wymianie lub naprawie MV typowym wskazaniem do SE są objawy wskazujące na MS przy MDG oscylującym wokół lub jedynie nieznacznie przekraczającym 5 mm Hg w badaniu spoczynkowym. Szczególną podgrupą są tu objawowi pacjenci po zabiegu naprawczym czynnościowej MR, typowo z implantacją ciasnego sztucznego pierścienia zamkniętego. W związku z dysfunkcją skurczową LV w badaniu spoczynkowym możemy mieć do czynienia ze stanem obniżonego przepływu i dlatego już przy MDG >3 mm Hg warto wykonać u nich SE,³ ponieważ może ono ujawnić obecność czynnościowej MS.

Preferowanym stresorem jest wysiłek fizyczny z wykorzystaniem cykloergometru leżankowego.

TABELA 6. Kryteria rozpoznania istotnego klinicznie zwężenia zastawki mitralnej (MS) na podstawie wartości średniego rozkurczowego gradientu przez zastawkowego (MDG) w echokardiograficznym badaniu obciążeniowym (SE)^{3,17}

| sytuacja kliniczna | punkt odcięcia |
|--|--|
| zwężenie zastawki natywnej | wartość bezwzględna MDG – w zależności od stresora: >15 mm Hg (ESE) >18 mm Hg (DSE) |
| podejrzenie PPM lub dysfunkcji protezy | przyrost MDG – w zależności od źródła rekomendacji: >10 mm Hg ³ >12 mm Hg ¹⁷ |
| czynnościowa MS po naprawie MV | przyrost MDG: >7 mm Hg |

Skróty: DSE – echokardiograficzna próba dobutaminowa, ESE – echokardiografia wysiłkowa, MDG – średni rozkurczowy gradient przez zastawkowy, MS – zwężenie zastawki mitralnej, MV – zastawka mitralna, PPM – niedopasowanie pacjent–zastawka, SE – echokardiograficzne badanie obciążeniowe

Wyjściowo na poszczególnych etapach obciążenia i po jego zakończeniu oceniamy za pomocą dopplera fali ciągłej zmiany w zakresie SPAP (kalkulowane na podstawie prędkości fali zwrotnej przez zastawkę trójdzielną) oraz stopień narastania MDG. Jeżeli nie dysponujemy odpowiednim sprzętem, możliwe jest również wykonanie klasycznego testu wysiłkowego (cykloergometr, bieżnia) z oceną echokardiograficzną ograniczoną do badania spoczynkowego bezpośrednio przed wysiłkiem i po jego zakończeniu. Alternatywą dla obciążenia wysiłkiem fizycznym jest DSE z dawką maksymalną dobutaminy do 20 µg/kg/min – ze względu na charakterystykę jej działania w takim przypadku oceniamy jedynie MDG.^{3,17}

Za wartość wskazującą na istotną MS przyjmuje się przekroczenie przez SPAP wartości 60 mm Hg w odpowiedzi na wysiłek. Kryteria oceny MDG przedstawiono w TABELI 6.

Echokardiografia obciążeniowa z oceną zastawki trójdzielnej

Ocena niedomykalności zastawki trójdzielnej (TR) podczas wysiłku jest narzędziem służącym do oceny zaawansowania lewostronnych VHD i ich następstw hemodynamicznych. SE z użyciem cykloergometru leżankowego jest preferowaną metodą pozwalającą na oszacowanie SPAP na podstawie oceny TR. Gradient fali zwrotnej trójdzielnej powinien być rejestrowany na każdym etapie obciążenia w ocenie AS i AR oraz MS i MR.⁷ Indukowany wysiłkiem fizycznym SPAP ≥ 60 mm Hg jest zwiastunem niekorzystnego rokowania.⁷ Ważne jest, aby mierzyć prędkość strumienia TR za pomocą badania dopplerowskiego fali ciągłej już na wczesnych etapach wysiłku, ponieważ wczesny wzrost SPAP świadczy o istotniejszych hemodynamicznych konsekwencjach VHD.³ Należy podkreślić, że wysiłkowa ocena SPAP nie została ujęta w kryteriach diagnostycznych rozpoznawania nadciśnienia płucnego.

Echokardiografia obciążeniowa w ocenie protez zastawkowych

Ocena funkcji wszczepionych u chorego zastawek serca wymaga zazwyczaj dużego doświadczenia badającego. Diagnostykę utrudnia różnorodność typów i rozmiarów zastawek powodujących różnego stopnia utrudnienie przepływu. Przy podejrzeniu dysfunkcji protezy wykonanie badania TTE, uzupełnionego o badanie TEE, może nie być wystarczające.^{6,18} W przypadku protezy mechanicznej pomocna może być fluoroskopia RTG, a niekiedy też wykonanie badania tomograficznego.¹⁷ Dodatkowych cennych informacji diagnostycznych dostarczyć może SE. Aktualne wytyczne towarzystw naukowych takich jak European Association of Cardiovascular Imaging i American Society of Echocardiography (EACVI/ASE) podają wskazania i zasady wykonywania SE u chorych z protezą zastawkową.³ SE jest wskazane, gdy występuje rozbieżność między symptomatologią a obrazem TTE/TEE. Do wykonania SE stosuje się badanie ESE, najlepiej na cykloergometrze leżankowym (dla chorych bezobjawowych lub z łagodnymi objawami), a u chorych z istotnymi dolegliwościami lepiej wybrać badanie DSE z zastosowaniem dawki dobutaminy nieprzekraczającej 20 µg/kg/min.

Badanie SE służy do diagnostyki zwężenia zastawki lub utrudnienia przepływu przy zbyt małym rozmiarze zastawki u chorych z nieco podwyższonym w spoczynku gradientem przez zastawkę. Duży przyrost gradientu w czasie SE (w pozycji aortalnej o >20 mm Hg; w pozycji mitralnej o >10 mm Hg) wskazuje na zwężenie zastawki lub PPM, szczególnie gdy SPAP wzrasta do >60 mm Hg. Drugim ważnym wskazaniem do SE z zastosowaniem DSE jest ocena protezy w pozycji aortalnej przy małym rzucie serca dla różnicowania prawdziwego zwężenia z rzekomym zwężeniem lub niedopasowaniem rozmiaru protezy. Wskazaniem do DSE jest:

mały przepływ (SVi <35 ml/m²), stosunkowo niski gradient i efektywna powierzchnia ujścia (EOA <1 cm²; iEOA <0,85 cm²/m²; DVI <0,35). W przypadku rzekomego zwężenia/niedopasowania zastawki pod wpływem dobutaminy dochodzi do poszerzenia EOA $\geq 0,3$ cm² przy braku lub niewielkim wzroście gradientu. Przy prawdziwie ciężkiej AS istotnie wzrasta gradient przy braku zmian EOA (zmiana nie przekracza 0,3 cm²). Ograniczeniem w różnicowaniu jest brak wzrostu wielkości przepływu przez protezę o co najmniej 20%.

Nowe techniki ilościowe w echokardiograficznej obciążeniowej ocenie wad zastawkowych serca

W ostatnich dekadach znacznie wzrosło doświadczenie w wykorzystaniu zaawansowanych technik oceny ilościowej funkcji miokardium, szczególnie w odniesieniu do pomiarów GLS. Coraz szerzej stosowana jest także echokardiografia trójwymiarowa do uzyskania dokładniejszych echokardiograficznych pomiarów objętości jam serca oraz innych parametrów, takich jak poprawne anatomiczne pole powierzchni drogi odpływu LV. Zastosowanie tych metod w protokołach obciążeniowych jest jednak mało rozpowszechnione. Mimo znacznej poprawy jakości obrazowania echokardiografia 3D nie zawsze zapewnia dostateczną jakość detekcji wsierdza, zwłaszcza na szczycie obciążenia wysiłkiem lub dobutaminą. Znaczenie kliniczne parametrów obciążeniowych uzyskanych tą metodą u pacjentów z wadami serca pozostaje nieustalone. Najprostszy protokół badania SE z wykorzystaniem obrazowania 3D powinien zawierać dodatkową rejestrację *full-volume LV* przy częstotliwości odświeżania >15 vol/s w spoczynku i na szczytowym etapie obciążenia.

Wstępne doświadczenia kliniczne są ograniczone do oceny wysiłkowej GLS u pacjentów z bezobjawową AS, u których poszukiwane są wczesne wskaźniki dysfunkcji komór, potencjalnie użyteczne do oceny rokowania lub kwalifikacji zabiegowej. U ludzi zdrowych GLS wzrasta podczas próby wysiłkowej o $\frac{1}{4}$ wartości wyjściowych, nieco wyraźniej w części koniuszkowej lewej komory. U pacjentów z AS wzrost GLS nie następuje lub jest mniejszy (do $\frac{1}{10}$ wartości wyjściowych),¹⁹ co koreluje z nieprawidłowym testem wysiłkowym.²⁰ Wartości wysiłkowego odkształcenia podłużnego segmentów podstawnych <18% wiążą się z gorszym rokowaniem.²¹ Wstępne obserwacje wskazują też na przydatność wysiłkowej oceny pochodnej strainu – wskaźnika globalnej pracy lewej komory (GWI) – w tej grupie chorych. Parametr ten estymowany jest na podstawie krzywych odkształcenia podłużne–ciśnienie uzyskiwanych techniką śledzenia markerów akustycznych.

U bezobjawowych pacjentów z istotną pierwotną MR wysiłkowa zmiana wartości GLS $\geq 2\%$

może służyć jako wskaźnik zachowanej rezerwy kurczliwości, powiązany z lepszym 2-letnim rokowaniem.²²

Protokół badania z rejestracją obrazów do analizy GLS powinien zawierać rejestrację 3 projekcji koniuszkowych w trybie 2D, zoptymalizowanych pod kątem kompletnej rejestracji ściany komory i przy zachowaniu częstotliwości odświeżania obrazu >40 Hz (optymalnie 60–80 Hz) w spoczynku i na szczytowym etapie obciążenia.

Zastosowanie środków kontrastowych w SE do poprawy oceny wad serca jest ograniczone do sytuacji, gdy w teście oceniana jest kurczliwość odcinkowa – wtedy komercyjne środki kontrastowe przechodzące przez krążenie płucne mogą zostać użyte do poprawy oceny źle widocznej granicy wsierdza. Zastosowanie kontrastu do wzmocnienia sygnału dopplerowskiego, zwłaszcza podczas wysiłku, nie jest zalecane i przy braku dużego doświadczenia w stosowaniu kontrastów może stanowić przyczynę zafałszowania obrysu spektrum.

Podsumowując, w ośrodkach o odpowiednim doświadczeniu zastosowanie praktyczne do oceny pacjentów z wadami serca mogą obecnie znaleźć pomiary wysiłkowe GLS u bezobjawowych/skąpoobjawowych pacjentów z istotną AS lub istotną pierwotną MR przy zachowanej spoczynkowej funkcji LV. Zastosowanie nowych technik w SE innych wad serca stanowi pole do dalszych badań naukowych.

Echokardiografia obciążeniowa w kwalifikacji do zabiegu pozasercowego u pacjenta z wadą zastawkową serca

Nieinwazyjna diagnostyka układu sercowo-naczyniowego stanowi element przedoperacyjnej oceny ryzyka powikłań sercowo-naczyniowych. U pacjentów z VHD poddawanych operacjom pozasercowym chorobowość i śmiertelność sercowo-naczyniowa są zwiększone. Stąd echokardiografia powinna zostać wykonana u każdego chorego z podejrzeniem VHD w celu jej potwierdzenia i oceny zaawansowania. Objawowa ciężka AS, objawowa istotna MS lub MS u pacjenta z ciśnieniem skurczowym w tętnicy płucnej >50 mm Hg mogą wymagać wymiany zastawki lub interwencji przezskórnej przed operacją pozasercową. Zabiegi pozasercowe mogą zostać wykonane bezpiecznie u chorych z bezobjawową ciężką MR i AR z zachowaną funkcją LV. Obecność objawów lub dysfunkcji LV nieznacznie podwyższa ryzyko okołozabiegowe, ale korekta wady rzadko jest przeprowadzana przed planowym zabiegiem niekardiologicznym.⁶

Przedoperacyjne postępowanie u chorych z VHD niespełniających powyższych kryteriów nie odbiega od stosowanego w populacji ogólnej. Właściwie wybór metod diagnostycznych (m.in. SE) w ocenie przedzabiegowej powinien uwzględniać wydolność fizyczną pacjenta, kli-

niczne wskaźniki ryzyka oraz ryzyko chirurgiczne zależne od typu zabiegu chirurgicznego. Do klinicznych czynników ryzyka należą: choroba niedokrwienna serca, niewydolność serca, udar mózgu lub przejściowy atak niedokrwienny mózgu, niewydolność nerek, cukrzyca wymagająca insulinoterapii.²³ Ryzyko chirurgiczne zależne od typu operacji jest szacowane jako: niskie (<1%, np. zabiegi okulistyczne), pośrednie (1–5%, np. cholecysektomia) bądź wysokie (>5%, np. operacja aorty).²³

SE jest zalecana przed zabiegami wysokiego ryzyka u chorych ze słabą (<4 MET) wydolnością fizyczną i więcej niż dwoma klinicznymi czynnikami ryzyka [klasa I, poziom dowodów C]. Zastosowanie SE można także rozważyć u chorych z jednym lub dwoma czynnikami ryzyka [IIb, C]. Podobne rekomendacje dotyczą chorych poddawanych zabiegom pośredniego ryzyka. Biorąc pod uwagę małe ryzyko incydentów u chorych kierowanych do zabiegów niskiego ryzyka, rutynowe badania z użyciem nieinwazyjnych testów obciążeniowych nie są zalecane w tej grupie [III, C].²³

Preferowaną metodą jest ESE. U pacjentów z ograniczoną zdolnością wykonania wysiłku najczęściej stosuje się DSE.²³⁻²⁵ SE ma wysoką negatywną wartość predykcyjną, stąd wynik ujemny testu wskazuje na bardzo niskie ryzyko incydentu sercowego u chorego poddanego zabiegowi pozasercowemu.

INFORMACJE O ARTYKULE

KONFLIKT INTERESÓW: nie zgłoszono.

PIŚMIENNICTWO

- 1 Płońska-Gościński E, Kasprzak JD, Olędzki S i wsp. Polish Stress Echocardiography Registry (Pol-STRESS registry) – a multicentre study. Stress echocardiography in Poland: numbers, settings, results, and complications. *Kardiologia Pol.* 2017; 75: 922–930.
- 2 Lancellotti P, Płońska-Gościński E, Garbi M i wsp. Cardiovascular imaging practice in Europe: a report from the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2015; 16: 697–702.
- 3 Lancellotti P, Pellikka PA, Budts W i wsp. 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 Płońska-Gościński E, Gackowski A, Gąsior Z i wsp. Echocardiography Working Group of the Polish Cardiac Society. Recommendations of the Echocardiography Working Group of the Polish Cardiac Society for stress echocardiography use in clinical practice 2011. *Kardiologia Pol.* 2011; 69: 642–648.
- 5 Sicari R, Nihoyannopoulos P, Evangelista A i wsp.; European Association of Echocardiography. Stress echocardiography expert consensus statement: European Association of Echocardiography (EAE). *Eur J Echocardiogr.* 2008; 9: 415–437.
- 6 Baumgartner H, Falk V, Bax JJ i wsp. ESC Scientific Document Group. 2017 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J.* 2017; 38: 2739–2791.
- 7 Lancellotti P, Dulgheru R, Go YY i wsp. Stress echocardiography in patients with native valvular heart disease. *Heart.* 2018; 104: 807–813.
- 8 Kane GC, Hepinstall MJ, Kidd GM i wsp. Safety of stress echocardiography supervised by registered nurses: results of a 2-year audit of 15,404 patients. *J Am Soc Echocardiogr.* 2008; 21: 337–341.
- 9 Fennich N, Ellouali F, Abdelali S i wsp. Stress echocardiography: safety and tolerability. *Cardiovascular Ultrasound.* 2013; 11: 30.
- 10 Baumgartner Chair H, Hung Co-Chair J, Bermejo J i wsp. Recommendations on the echocardiographic assessment of aortic valve stenosis: a focused update from the European Association of Cardiovascular Imaging and the American Society of Echocardiography. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2017; 18: 254–275.

- 11 Chambers JB, Garbi M, Nieman K i wsp. Appropriateness criteria for the use of cardiovascular imaging in heart valve disease in adults: a European Association of Cardiovascular Imaging report of literature review and current practice. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2017; 18: 489–498.
- 12 Clavel MA, Burwash IG, Pibarot P. Cardiac imaging for assessing low-gradient severe aortic stenosis. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2017; 10: 185–202.
- 13 Annabi MS, Clisson M, Clavel MA, Pibarot P. Workup and management of patients with paradoxical low-flow, low-gradient aortic stenosis. *Curr Treat Options Cardiovasc Med.* 2018; 20: 49.
- 14 Chahal NS, Drakopoulou M, Gonzalez-Gonzalez AM i wsp. Resting aortic valve area at normal transaortic flow rate reflects true valve area in suspected low-gradient severe aortic stenosis. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2015; 8: 1133–1139.
- 15 Marechaux S, Hachicha Z, Bellouin A i wsp. Usefulness of exercise-stress echocardiography for risk stratification of true asymptomatic patients with aortic valve stenosis. *Eur Heart J.* 2010; 31: 1390–1397.
- 16 Clavel MA, Ennezat PV, Marechaux S i wsp. Stress echocardiography to assess stenosis severity and predict outcome in patients with paradoxical low-flow, low-gradient aortic stenosis and preserved LVEF. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2013; 6: 175–183.
- 17 Lancellotti P, Pibarot P, Chambers J i wsp. Recommendations for the imaging assessment of prosthetic heart valves: a report from the European Association of Cardiovascular Imaging endorsed by the Chinese Society of Echocardiography, the Inter-American Society of Echocardiography, and the Brazilian Department of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2016; 17: 589–590.
- 18 Picano E, Pellikka PA. Stress echo applications beyond coronary artery disease. *Eur Heart J.* 2014; 35: 1033–1040.
- 19 Lech AK, Dobrowolski PP, Klisiewicz A, Hoffman P. Exercise-induced changes in left ventricular global longitudinal strain in asymptomatic severe aortic stenosis. *Kardiologia Pol.* 2017; 75: 143–149.
- 20 Donal E, Thebault C, O'Connor K i wsp. Impact of aortic stenosis on longitudinal myocardial deformation during exercise. *Eur J Echocardiogr.* 2011; 12: 235–241.
- 21 Levy-Neuman S, Meledin G, Gandelman G i wsp. The association between longitudinal strain at rest and stress and outcome in asymptomatic patients with moderate and severe aortic stenosis. *J Am Soc Echocardiogr.* 2019; 32: 722–729.
- 22 Magne J, Mahjoub H, Dulgheru R i wsp. Left ventricular contractile reserve in asymptomatic primary mitral regurgitation. *Eur Heart J.* 2014; 35: 1608–1616.
- 23 Kristensen SD, Knutti J, Saraste A i wsp. Authors/Task Force Members. 2014 ESC/ESA Guidelines on non-cardiac surgery: cardiovascular assessment and management: The Joint Task Force on non-cardiac surgery: cardiovascular assessment and management of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Society of Anaesthesiology (ESA). *Eur Heart J.* 2014; 35: 2383–2431.
- 24 Fleisher LA. Cardiac risk stratification for noncardiac surgery: update from the American College of Cardiology/American Heart Association 2007 guidelines. *Cleve Clin J Med.* 2009; 76 (Suppl 4): S9–15.
- 25 Pannell LM, Reyes EM, Underwood SR. Cardiac risk assessment before non-cardiac surgery. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2013; 14: 316–322.