

©Borgis

*Krzysztof Smarż, Tomasz Jaxa-Chamiec, Andrzej Budaj

Metody oceny wydolności fizycznej pacjentów kardiologicznych – elektrokardiograficzny, spiroergometryczny i echokardiograficzny test wysiłkowy

Methods of assessing physical capacity in cardiac patients – electrocardiographic, cardio-pulmonary and echocardiographic exercise testing

Klinika Kardiologii, Centrum Medyczne Kształcenia Podyplomowego, Szpital Grochowski, Warszawa
Kierownik Kliniki: prof. dr hab. med. Andrzej Budaj

Słowa kluczowe

wydolność fizyczna, ergospirometria, echokardiografia wysiłkowa, spiroergoechokardiografia

Keywords

exercise capacity, exercise testing, cardiopulmonary exercise testing, exercise echocardiography

Streszczenie

Wydolność fizyczna jest to maksymalne tolerowane przez pacjenta zmęczenie spowodowane wysiłkiem fizycznym. Ograniczenie wydolności fizycznej ma istotne znaczenie rokownicze nie tylko u pacjentów z chorobami układu krążenia, ale również w populacji ogólnej. Na podstawie danych z wywiadu możemy określić stopień aktywności, czas do wystąpienia i rodzaj dolegliwości ograniczających wydolność. Elektrokardiograficzny test wysiłkowy pozwala z pewnym przybliżeniem określić wydolność fizyczną i może wskazać na kardiologiczną przyczynę ograniczającą wydolność. Metodą referencyjną do oceny wydolności fizycznej jest spiroergometria (CPX). Badanie to pozwala odróżnić sercową i płucną przyczynę duszności wysiłkowej, dostarcza również wielu parametrów o znaczeniu rokowniczym. Badanie echokardiograficzne z kolei daje możliwość wizualizacji struktur serca. Echokardiograficzne badanie wysiłkowe (exercise ECHO) jest zalecane do oceny wysiłkowego niedokrwienia, stopnia zaawansowania wad zastawkowych, ustalenia sercowej przyczyny duszności, oceny nadciśnienia płucnego. Jednocześnie wykonywane badania echokardiograficzne i spiroergometryczne (spiroergoechokardiografia, CPXE) wzajemnie się uzupełniają. Ocena wysiłkowych zaburzeń czynności serca przeprowadzana jednocześnie z pomiarami wydolności krążeniowo-oddechowej wnosi dodatkowe informacje u pacjentów z dusznością niewyjaśnionej pochodzenia, przewlekłą niewydolnością serca z obniżoną i zachowaną frakcją wyrzutową, chorobą wieńcową czy wadami zastawkowymi.

Badanie CPXE może w niedalekiej przyszłości stać się rutynowym narzędziem do kompleksowej, „sercowo-płucnej” oceny pacjenta w oddziale kardiologii.

Summary

Exercise capacity is the maximal tolerable fatigue caused by exercise. Exercise capacity limitation plays important prognostic role not only in patients with cardiovascular diseases but also in the general population. Based on data from the interview, we can determine the degree of activity, time to onset and type of exercise limiting symptoms. ECG stress testing can determine with some approximation exercise capacity, may indicate a cardiac cause of limiting capacity. Cardiopulmonary exercise testing can directly measure exercise capacity and can distinguish between cardiac and pulmonary causes of limiting exercise and also provides a number of prognostic parameters. The advantage of imaging studies is the possibility of direct visualization of cardiac structures. Echocardiography is the most available of them. Echocardiographic stress (exercise ECHO) is recommended to evaluate the stress ischemia, severity of valvular disease, cardiac causes of dyspnea, pulmonary hypertension. Simultaneously performed echocardiography and cardio-pulmonary exercise testing (cardio-pulmonary exercise echocardiography, CPXE) can deliver complementary information. Echo visualization and measurements of circulatory and respiratory efficiency bring additional information in patients with unexplained exertional dyspnea, chronic heart failure with reduced and preserved ejection fraction, coronary artery disease and valvular heart disease.

In the future CPXE study may become a routine tool for comprehensive, “cardio-pulmonary” patient assessment in cardiology department.

Adres/address:

*Krzysztof Smarż
Klinika Kardiologii CMKP,
Szpital Grochowski
ul. Grenadierów 51/59, 04-073 Warszawa
tel. +48 (22) 810-17-38
krzysztofsmarz@hotmail.com

WSTĘP

Wydolność fizyczna (wydolność wysiłkowa, tolerancja wysiłku) jest to maksymalne tolerowane przez pacjenta zmęczenie spowodowane wysiłkiem fizycznym (1). Według AHA wydolność fizyczna to zdolność do wykonywania wysiłku tlenowego określonego maksymalnym pochłanianiem tlenu. W praktyce oznacza zdolność do prowadzenia aktywności życia codziennego w oparciu o metabolizm tlenowy (2). Wysiłek fizyczny (aktywność fizyczna) to każdy ruch ciała powodowany przez mięśnie szkieletowe i związany z wydatkiem energii (3). Wymaga skoordynowanego działania wielu układów: krążenia, oddychania, mięśniowego, kostno-szkieletowego, endokrynnego i nerwowego.

Stopień wydolności fizycznej pacjentów ma znaczenie zarówno diagnostyczne, jak i rokownicze. Wiele danych wskazuje na to, że obniżona wydolność fizyczna jest wyznacznikiem złego rokowania zarówno w populacji osób zdrowych, jak i z chorobami układu krążenia (4-6).

TESTY SŁUŻĄCE DO OCENY NIEWYDOLNOŚCI FIZYCZNEJ

Ocena wydolności jest jednym z podstawowych elementów badania podmiotowego. Określając zdolność do wykonania wysiłku, codzienną aktywność oraz czas do wystąpienia dolegliwości możemy sklasyfikować pacjenta w zależności od aktywności fizycznej, przy której pojawiają się dolegliwości (tab. 1 i 2) (7, 8).

Tabela 1. Czynnościowa klasyfikacja wg NYHA uwzględniająca zaawansowanie objawów i aktywność fizyczną (7).

Klasa I	Bez ograniczenia aktywności fizycznej. Zwykła aktywność fizyczna nie powoduje uczucia duszności, zmęczenia lub kołatania serca.
Klasa II	Niewielkie ograniczenie aktywności fizycznej. Bez dolegliwości w spoczynku, natomiast zwykła aktywność fizyczna powoduje uczucie duszności, zmęczenia lub kołatania serca.
Klasa III	Znaczne ograniczenie aktywności fizycznej. Bez dolegliwości w spoczynku, natomiast mniejsza niż przeciętna aktywność fizyczna powoduje uczucie duszności, zmęczenia lub kołatania serca.
Klasa IV	Niemożliwość wykonywania jakiejkolwiek aktywności fizycznej bez wystąpienia dyskomfortu. Dolegliwości mogą być obecne w spoczynku. Po podjęciu jakiejkolwiek aktywności fizycznej dyskomfort wzrasta.

NYHA – New York Heart Association

Subiektywna ocena wydolności wymaga często zobiektywizowania za pomocą badań laboratoryjnych. Spośród testów stosowanych do oceny wydolności wymienić należy test sześciominutowego marszu (ang. *6-minute walking test* – 6-MWT), elektrokardiograficzny test wysiłkowy i spiroergometryczny test wysiłkowy (ang. *cardiopulmonary exercise testing* – CPX).

6-MWT jest najprostszym i zarazem najtańszym testem do obiektywizacji wydolności fizycznej. Wykonany zgodnie ze standardami jest cennym narzędziem do oceny stopnia zaawansowania i postępów leczenia pacjentów z przewlekłą niewydolnością serca (9).

Tabela 2. Klasyfikacja nasilenia dławicy wg Kanadyjskiego Towarzystwa Kardiologicznego (CCS) (8).

Klasa I	Zwykła aktywność, taka jak chodzenie i wchodzenie po schodach, nie wywołuje dławicy. Dławica podczas nasilonego lub szybko wykonywanego lub długotrwałego wysiłku w pracy lub podczas rekreacji.
Klasa II	Niewielkie ograniczenie zwykłej aktywności. Dławica podczas szybkiego chodzenia lub wchodzenia po schodach, chodzenia lub wchodzenia po schodach po posiłkach, w niskiej temperaturze otoczenia, pod wiatr lub w warunkach stresu emocjonalnego, lub też w ciągu pierwszych kilku godzin po przebudzeniu. Możliwość pokonania odległości ponad 100-200 m w płaskim terenie oraz wejścia więcej niż jedno piętro do góry po zwykłych schodach w normalnym tempie i w normalnych warunkach.
Klasa III	Znaczne ograniczenie zwykłej aktywności. Dławica podczas pokonywania odległości mniejszej niż 100-200 m w płaskim terenie lub jednego piętra po schodach w normalnych warunkach i w normalnym tempie.
Klasa IV	Niemożliwość wykonania jakiejkolwiek aktywności fizycznej bez pojawienia się dyskomfortu. Dolegliwości dławicowe mogą występować w spoczynku.

CCS – Canadian Cardiovascular Society

ELEKTROKARDIOGRAFICZNY TEST WYSIŁKOWY

Elektrokardiograficzny test wysiłkowy na cykloergometrze lub bieżni ruchomej umożliwia pośredni pomiar wydolności fizycznej. Dla oceny wydolności fizycznej wykonuje się testy ograniczone objawami, czyli do osiągnięcia przez pacjenta dużego zmęczenia ocenianego skalą Borga (tab. 3) lub wystąpienia objawów zmuszających do przerwania badania (10). Maksymalny wysiłek jest oceniany w odniesieniu do jego intensywności i czasu trwania. Intensywność wysiłku może być mierzona w jednostkach pracy (wat) lub ekwiwalentach metabolicznych (ang. *metabolic equivalent* – MET). W przypadku elektrokardiograficznych testów wysiłkowych wykonywanych na cykloergometrze mierzy się bezpośrednio wykonaną pracę zewnętrzną (wat), natomiast na ruchomej bieżni w ocenie intensywności wysiłku posługujemy się przypisanymi do danego etapu obciążenia wartościami ekwiwalentów metabolicznych (MET). 1 MET odpowiada zużyciu 3,5 mililitra tlenu na kilogram masy ciała na minutę. Wartość ta została ustalona na podstawie spoczynkowego pochłaniania tlenu dla mężczyzny w wieku 40 lat o masie ciała 70 kilogramów. Mimo że szacunkowa ocena wydolności za pomocą MET, z prędkości i stopnia nachylenia bieżni, może prowadzić do przeszacowania stopnia wydolności o około 30% u mężczyzn i 20% u kobiet (11), to jednak elektrokardiograficzna próba wysiłkowa jako łatwo dostępna i tania pozostaje wartościowym narzędziem do „przesiewowej” oceny wydolności. Jej przydatność natomiast w diagnostyce choroby wieńcowej jest ograniczona ze względu na niewysoką czułość diagnostyczną wysiłkowych zmian ST. Często występujące nieprawidłowości elektrokardiogramu, takie jak zaburzenia przewodzenia śródkomorowego związane z blokiem lewej odnogi pęczka Hisa, przerostem lewej komory czy dodatkową drogą przewodzenia, jak również spoczynkowe zmia-

ny ST wykluczają możliwość rozpoznania niedokrwienia za pomocą elektrokardiograficznego testu wysiłkowego. Dodatkowym ograniczeniem badania jest słaba korelacja lokalizacji zmian ST z lokalizacją niedokrwienia w badaniach obrazowych. Wyniki fałszywie dodatnie lub graniczne elektrokardiograficznych testów wymagają dodatkowego potwierdzenia w metodach obrazowych. Czułość i swoistość elektrokardiograficznej próby wysiłkowej w rozpoznawaniu choroby wieńcowej (zwiększenie tętnicy wieńcowej $\geq 50\%$) wynosi odpowiednio 45-50% i 85-90% (8). Wylczenie wskaźnika Duke'a (Duke Treadmill Score – DTS) na podstawie łącznej oceny wystąpienia dławicy podczas wysiłku, zmian odcinka ST oraz czasu trwania wysiłku (lub maksymalnego osiągniętego obciążenia) umożliwia szacowanie rocznego ryzyka zgonu (8). Wylczenie wskaźnika Duke'a ułatwia kalkulator dostępny na stronie internetowej (<http://www.cardiology.org/tools/medcalc/duke/>). Poza elektrokardiograficzną oceną niedokrwienia test wysiłkowy dostarcza informacji o odpowiedzi akcji serca i ciśnienia tętniczego na wysiłek.

Tabela 3. Skala Borga 20- i 10-punktowa określająca intensywność odczuwanego wysiłku.

Skala 6-20	Skala 1-10	Wysiłek	Charakterystyka
6	0		Bez wysiłku
9	1		Bardzo lekki
11	2		Lekki
12	3	Umiarkowany	Umiarkowany
13	4		Dość ciężki
14			
15	5	Intensywny	Ciężki
16	6		
17	7		Bardzo ciężki
19	9		Ekstremalnie ciężki
20	10		Maksymalny

SPIROERGOMETRYCZNY TEST WYSIŁKOWY

Metodą referencyjną do oceny wydolności fizycznej jest spiroergometryczny test wysiłkowy (CPX) (2). W badaniu tym poza ocenianymi w elektrokardiograficznym teście wysiłkowym parametrami mierzy się pochłanianie tlenu, wydalanie dwutlenku węgla oraz objętości oddechowe (12-14). W badaniu CPX miarą wydolności wysiłkowej jest maksymalne pochłanianie tlenu (pułap tlenowy, wydolność aerobowa organizmu). Jest to objętość tlenu, którą może pobrać osoba z wdychanego powietrza w trakcie wysiłku fizycznego obejmującego dużą część masy mięśniowej. Pochłanianie tlenu (VO_2) może być wyrażone w litrach na minutę, mililitrach na kilogram masy ciała na minutę lub jako procent maksymalnych wartości należnych. VO_2 odpowiada iloczynowi objętości minutowej serca i tętniczo-żylną różnicę wysycenia krwi tlenem. Maksymalna różnica tętniczo-żylna wysycenia krwi tlenem w trakcie wysiłku koreluje liniowo z VO_2 i osiąga fizjologiczną

granice (15-17 ml/dl), dlatego VO_2 na szczycie wysiłku zależy głównie od rzutu serca (15). Czas osiągnięcia VO_2 max zależy od obciążenia. Im większe obciążenie, tym VO_2 max osiągany jest szybciej. W każdym jednak przypadku wartość VO_2 max jest jednakowa. Uzyskanie maksymalnego pochłaniania tlenu wymaga wykonania ostatniego etapu testu przy bardzo dużym zmęczeniu, tak aby osiągnąć stały poziom pochłaniania tlenu pomimo narastającego obciążenia. Jest to możliwe do uzyskania tylko u aktywnych fizycznie, zdrowych, młodych osób. U pacjentów z chorobami układu krążenia osiągnięcie tego stopnia zmęczenia nie jest możliwe lub jest wręcz niebezpieczne. Dlatego w praktyce najczęściej posługujemy się pochłanianiem tlenu na szczycie wysiłku. Jest to pochłanianie tlenu przy dużym zmęczeniu – odpowiadającemu 7-8 punktom w 10-punktowej skali Borga. Dodatkowo oceniamy pochłanianie tlenu na progu przemian beztlenowych (AT). Jest to stopień obciążenia, przy którym na poziomie komórkowym zaczynają dominować procesy glikolizy beztlenowej. Na czas pojawienia się AT ma wpływ metabolizm pracujących mięśni. Jest to parametr niezależny od motywacji pacjenta do wykonania wysiłku. Wartości VO_2 na szczycie wysiłku i na AT zostały wykorzystane do określenia stopnia zaawansowania niewydolności serca (tab. 4) (16). Analizując zachowanie pulsu tlenowego (VO_2/HR), a także mocy tlenowej (VO_2/WR), można zwiększyć czułość i swoistość testu w rozpoznaniu niedokrwienia do odpowiednio 87 i 74% (17). Poza parametrami pochłaniania tlenu i wydalania dwutlenku węgla CPX daje możliwość oceny wentylacji. Współczynnik wentylacji minutowej do wydalania dwutlenku węgla (VE/VCO_2 slope) i wskaźnik wydajności zużycia tlenu (OUES) charakteryzują odpowiedź oddechową na wysiłek. Nie zależą od stopnia zmęczenia na szczycie wysiłku i mają znaczenie rokownicze.

Tabela 4. Klasyfikacja zaawansowania niewydolności serca w zależności od wyniku spiroergometrii (16).

Klasa	Zaawansowanie niewydolności serca	Pochłanianie tlenu na szczycie wysiłku VO_2 peak (ml/kg/min)	Pochłanianie tlenu na progu beztlenowym VO_2 -AT (ml/kg/min)
A	Łagodna lub brak	> 20	> 14
B	Łagodna/umiarkowana	16-20	11-14
C	Umiarkowana/ciężka	10-16	8-11
D	Ciężka	6-10	5-8
E	Bardzo ciężka	< 6	< 4

ECHOKARDIOGRAFIA OBciążENIOWA

CPX pozwala odróżnić sercowe i płucne przyczyny ograniczenia tolerancji wysiłku (tab. 5), nie można natomiast zróżnicować chorób mięśnia serca i zastawek (14). Takich informacji dostarcza badanie echokardiograficzne. Badanie echokardiograficzne pozwala

la ocenić morfologię mięśnia, zastawek, dużych naczyń, funkcję skurczową i rozkurczową prawej i lewej komory, odcinkowe zaburzenia kurczliwości mięśnia serca, przepływy i ciśnienia w jamach serca. Badanie echokardiograficzne wykonane w spoczynku i na szczycie wysiłku daje obraz zmian w pracy serca podczas wysiłku fizycznego z kontrolowanym obciążeniem (18). Czułość i swoistość echokardiografii wysiłkowej w diagnostyce niedokrwienia jest porównywalna z metodami radioizotopowymi i wynosi odpowiednio 80-85% i 80-88%. Echokardiografia obciążeniowa charakteryzuje się także doskonałą ujemną wartością predykcyjną u pacjentów z negatywnym wynikiem badania (bez zaburzeń czynności skurczowej wywołanych obciążeniem), w których częstość występowania „twardych” incydentów (zgon lub zawał serca) jest mniejsza niż 0,5% rocznie. U pacjentów z prawidłową czynnością lewej komory w spoczynku ryzyko przyszłych incydentów zwiększa się wraz ze wzrostem rozległości i nasilenia dysfunkcji skurczowej wywołanej obciążeniem. Rzadziej w praktyce klinicznej wykorzystywane są inne możliwości echokardiografii wysiłkowej – ocena funkcji rozkurczowej lewej komory, ocena wad zastawkowych, czynności prawej komory i nadciśnienia płucnego.

BADANIA SPIROERGOCHEKARDIOGRAFICZNE

Badanie spiroergoechokardiograficzne (ang. *cardiopulmonary exercise echocardiography* – CPXE)

polega na jednoczesowym wykonywaniu echokardiografii wysiłkowej i badania spiroergometrycznego na półleżącym cykloergometrze. Stosowanie powyższych technik stwarza możliwość skorelowania zmian czynnościowych ocenianych w badaniu obrazowym z dynamiką parametrów elektrokardiograficznych oraz metabolicznych i wentylacyjnych (19). Dołączenie do badania echokardiograficznego spiroergometrii pozwala dodatkowo zobiektywizować stopień zmęczenia (osiągnięcie AT, RER \geq 1) szczególnie u pacjentów z niewydolnością chronotropową lub migotaniem przedsionków. Jednoczesna ocena kurczliwości i pochłaniania tlenu może zwiększyć czułość i swoistość metody w wykrywaniu niedokrwienia, poprzez ocenę zmian w krzywej pochłaniania tlenu, pulsu tlenowego i wysiłkowych odcinkowych zaburzeń kurczliwości. Ocena wysiłkowych zaburzeń czynności serca przeprowadzana jednocześnie z pomiarami wydolności krążeniowo-oddechowej może wnieść również dodatkowe informacje u pacjentów z dusznością niewyjaśnionego pochodzenia, przewlekłą niewydolnością serca czy wadami zastawkowymi (20).

Spoczynkowa frakcja wyrzutowa lewej komory słabo koreluje z wydolnością wysiłkową, dlatego istnieje potrzeba sprawdzenia innych parametrów lewo- i prawokomorowych. Do tej pory wykazano istotną kore-

Tabela 5. Stratyfikacja diagnostyczna pacjenta z wysiłkową dusznością niewyjaśnionego pochodzenia na podstawie badania spiroergometrycznego (CPX) (14).

Parametry CPX			
VE/VCO ₂ slope	%VO ₂	PETCO ₂	VE/MVV
Klasa wentylacyjna I VE/VCO ₂ slope < 30,0	\geq 100%	Spoczynkowe PETCO ₂ 36-42 mmHg	> 0,80
Klasa wentylacyjna II VE/VCO ₂ slope 30,0-35,9	75-99%	Wzrost wysiłkowy 3-8 mmHg	
Klasa wentylacyjna III VE/VCO ₂ slope 36,0-44,9	50-75%	Spoczynkowe PETCO ₂ < 36 mmHg	\leq 0,80
Klasa wentylacyjna IV VE/VCO ₂ slope > 45,0	< 50%	Wzrost wysiłkowy < 3 mmHg	
Parametry spirometryczne: FEV1 i PEF			
Bez zmian przed i po CPX		\geq 15% redukcja po CPX	
Odpowiedź hemodynamiczna na wysiłek		EKG	Pulsoksymetria
Wzrost ciśnienia skurczowego o 10 mmHg/3,5 ml O ₂ /kg/min wzrostu VO ₂		Bez utrwalonej arytmii, pobudzeń dodatkowych i/lub zmian ST w wysiłku i/lub odpoczynku	
Brak wzrostu lub spadek ciśnienia skurczowego		Zaburzenia rytmu, pobudzenia dodatkowe i/lub zmiany ST w wysiłku i/lub odpoczynku: niezmuszające do przerwania testu	
Wzrost ciśnienia skurczowego o \geq 20 mmHg/3,5 ml O ₂ /kg/min wzrostu VO ₂		Zaburzenia rytmu, pobudzenia dodatkowe i/lub zmiany ST w wysiłku i/lub odpoczynku: zmuszające do przerwania testu	
Interpretacja			
– Progresa % wartości należnych od pól zielonych do czerwonych odzwierciedla stopień upośledzenia wydolności niezależnie od mechanizmu – Progresa VE/VCO ₂ slope z pól żółtych, przez pomarańczowe do czerwonego i PETCO ₂ do czerwonego potwierdza wysiłkowe nadciśnienie płucne jako mechanizm ograniczenia wydolności – Wartość pulsoksymetrii (SpO ₂) w polu czerwonym wskazuje na zaburzony stosunek wentylacji do perfuzji – VE/MVV, FEV1 i PEF wskazują na płucną przyczynę – Hemodynamiczne i/lub EKG reakcje w polach czerwonych wskazują na kardiologiczną przyczynę			

VO₂ – pochłanianie tlenu, VE – wentylacja minutowa, VCO₂ – wydalanie dwutlenku węgla, MVV – maksymalna wentylacja dowolna, PETCO₂ – ciśnienie dwutlenku węgla w powietrzu końcowowdechowym, FEV1 – natężona objętość wydechowa pierwszosekundowa, PEF – szczytowy przepływ wydechu, EACPR – European Association for Cardiovascular Prevention & Rehabilitation, AHA – American Heart Association

lację między prędkościami miokardialnymi lewej komory, dysfunkcją rozkurczową, funkcją prawej komory i ciśnieniem w prawej komorze a wydolnością wysiłkową (21, 22).

Korzyści, jakie może dać łączenie echokardiografii wysiłkowej i spiroergometrii (CPXE), są następujące:

- łączna ocena kardiologiczna, płucna i metaboliczna,
- ocena funkcjonalna,
- uzupełnienie badania CPX badaniem echokardiograficznym,
- zwiększenie wartości prognostycznej echokardiografii wysiłkowej poprzez dołączenie parametrów spiroergometrycznych,
- monitorowanie terapii.

Możliwości klinicznego zastosowania CPXE:

- niewydolność serca z obniżoną i zachowaną frakcją wyrzutową (ocena rezerwy kurczliwości, niedokrwienia, niedomykalności mitralnej, nadciśnienia płucnego, funkcji rozkurczowej, VO_2 peak, VO_2 -AT, pulsu tlenowego, VE/VCO₂ slope, reakcji akcji serca i ciśnienia tętniczego),

- stenoza aortalna (ocena średniego gradientu, funkcji skurczowej lewej komory, nadciśnienia płucnego, niedomykalności mitralnej, hipotonii wysiłkowej, zaburzeń rytmu serca, spłaszczenia krzywej VO_2),
- niedomykalność mitralna (ocena stopnia nasilenia niedomykalności, ERO, rezerwy kurczliwości i odcinkowych zaburzeń kurczliwości lewej komory, wielkości lewego przedsionka, VO_2 , VE/VCO₂ slope),
- choroba wieńcowa (ocena kurczliwości lewej komory, odcinkowych zaburzeń kurczliwości, niedomykalności mitralnej, spłaszczenie krzywej VO_2 i pulsu tlenowego).

PODSUMOWANIE

Szerokie możliwości diagnostyczne jednoczesnego stosowania echokardiografii wysiłkowej i spiroergometrii zachęcają do częstszego stosowania w praktyce klinicznej. Badanie spiroergoechokardiograficzne może w niedalekiej przyszłości stać się rutynowym narzędziem do kompleksowej, „sercowo-płucnej” oceny pacjenta w oddziale kardiologii.

PIŚMIENNICTWO

1. Goldstein RE: Exercise Capacity. [In:] Walker HK, Hall WD, Hurst JW (eds.): Clinical Methods: The History, Physical, and Laboratory Examinations. 3rd edition. Butterorths, Boston 1990: 69-71 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK404/>).
2. Arena R, Myers J, Williams MA et al.: Assessment of functional capacity in clinical and research settings. A scientific statement from the American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention of the Council on Clinical Cardiology and the Council on Cardiovascular Nursing. *Circulation* 2007; 116: 329-343.
3. Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM: Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep* 1985; 100: 126-131.
4. Valeur N, Clemmensen P, Saunamaki K et al.: The prognostic value of pre-discharge exercise testing after myocardial infarction treated with either primary PCI or fibrinolysis: a DANAMI-2 substudy. *Eur Heart J* 2005; 26: 119-127.
5. Kokkinos P, Myers J, Kokkinos JP et al.: Exercise capacity and mortality in black and white men. *Circulation* 2008; 117: 614-622.
6. Keteyian SJ, Brawner CA, Savage PD et al.: Peak aerobic capacity predicts prognosis in patients with coronary heart disease. *Am Heart J* 2008; 156: 292-300.
7. McMurray JJ, Adamopoulos S, Anker SD et al.: ESC Committee for Practice Guidelines. ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012: The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure 2012 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur Heart J* 2012; 33: 1787-1847.
8. Montalescot G, Sechtem U, Achenbach S et al.: 2013 ESC guidelines on the management of stable coronary artery disease: the Task Force on the management of stable coronary artery disease of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J* 2013; 34: 2949-3003.
9. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166: 111-117.
10. Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P et al.: Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2013; 128: 873-934.
11. Ades P, Savage P, Brawner C et al.: Aerobic capacity in patients entering cardiac rehabilitation. *Circulation* 2006; 113: 2706-2712.
12. Weisman IM, Beck KC, Casaburi R et al.: ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 167: 211-277.
13. Mezzani A, Agostoni P, Cohen-Solal A et al.: Standards for the use of cardiopulmonary exercise testing for the functional evaluation of cardiac patients: a report from the Exercise Physiology Section of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2009; 16: 249-267.
14. Guazzi M, Adams V, Conraads V et al.: EACPR/AHA Scientific Statement. Clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *Circulation* 2012; 126: 2261-2274.
15. Froelicher VF: Podręcznik testów wysiłkowych. Rozdział: Interpretacja reakcji hemodynamicznych na test wysiłkowy. Bel CORP Scientific Publ. Co, Warszawa 1999: 35-61.
16. Weber KT, Kinasewitz GT, Janicki JS et al.: Oxygen utilization and ventilation during exercise in patients with chronic cardiac failure. *Circulation* 1982; 65: 1213-1223.
17. Belardinelli R, Lacalaprice F, Carle F et al.: Exercise-induced myocardial ischaemia detected by cardiopulmonary exercise testing. *Eur Heart J* 2003; 24: 1304-1313.
18. Sicari R, Nihoyannopoulos P, Evangelista A et al.: European Association of Echocardiography Stress Echocardiography Expert Consensus Statement-Executive Summary: European Association of Echocardiography (EAE) (a registered branch of the ESC). *Eur Heart J* 2009; 30: 278-289.
19. Borghi-Silva A, Labate V, Arena R et al.: Exercise ventilatory power in heart failure patients: functional phenotypes definition by combining cardiopulmonary exercise testing with stress echocardiography. *Int J Cardiol* 2014; 176: 1348-1349.
20. Thaden JJ, McCully RB, Kopecky SL et al.: Echocardiographic determinants of peak aerobic capacity and breathing efficiency in patients with undifferentiated dyspnea. *Am J Cardiol* 2014; 114: 473-478.
21. McIntosh RA, Silberbauer J, Veasey RA et al.: Tissue Doppler-derived contractile reserve is a simple and strong predictor of cardiopulmonary exercise performance across a range of cardiac diseases. *Echocardiography* 2013; 30: 527-533.
22. Bandera F, Generati G, Pellegrino M et al.: Role of right ventricle and dynamic pulmonary hypertension on determining $\Delta VO_2/\Delta$ Work Rate flattening: insights from cardiopulmonary exercise test combined with exercise echocardiography. *Circ Heart Fail* 2014; 7: 782-790.