



REDAKTOR DZIAŁU

dr n. med.

Sebastian Szmít

I Katedra i Klinika

Kardiologii Warszawski

Uniwersytet Medyczny

oraz Klinika Onkologii

Wojskowy Instytut

Medyczny w Warszawie

e-mail: s.szmit@gmail.com

Szanowne Koleżanki, Szanowni Koledzy!

W rehabilitacji kardiologicznej proponowane są dwie metody ćwiczeń: trening ciągły i interwałowy. Nadal nie ma spójnych zaleceń dotyczących dolnej i górnej granicy intensywności ćwiczeń tlenowych u chorych z niewydolnością serca. Wiadomo, że ich charakter powinien być tak dobrany, aby osiągać jak najlepsze cele terapeutyczne przy akceptowalnym ryzyku powikłań. Taka indywidualizacja zaleceń jest możliwa dzięki określeniu tzw. pierwszego i drugiego pułapu tlenowego.

Sebastian Szmít

Optymalna rehabilitacja wysiłkowa w niewydolności serca

PAWEŁ BALSAM,¹ AGNIESZKA SZELĄGOWSKA,¹ PIOTR ROT,¹ SEBASTIAN SZMIT^{1,2}

¹I Katedra i Klinika Kardiologii, Warszawski Uniwersytet Medyczny

²Klinika Onkologii, Wojskowy Instytut Medyczny w Warszawie

Adres do korespondencji: I Katedra i Klinika Kardiologii SP CSK
ul. Banacha 1a, 02-097 Warszawa

Kardiologia po Dyplomie 2011; 10 (6): 76-79

Wprowadzenie

Przewlekła niewydolność serca (chronic heart failure, CHF) jest końcowym patofizjologicznym i klinicznym stadium różnych chorób serca i stanowi istotną przyczynę śmiertelności i zachorowalności na całym świecie, charakteryzuje się nadczynnością układów neurohumoralnych [1], dysfunkcją śródbłonnków [2], nietolerancją wysiłku i zmniejszeniem jakości życia. Trening tlenowy jest potwierdzonym nefarmakologicznym sposobem poprawy procesów patofizjologicznych, stanu klinicznego i rokowania w CHF, a zalecenie odpowiedniej intensywności treningu jest kluczowe dla uzyskania odpowiednich korzyści przy jednoczesnej dobrej kontroli ryzyka związanego z ćwiczeniami. Jednak nadal nie ma spój-

nych informacji o rodzaju wysiłku oraz dolnej i górnej granicy jego intensywności przy zalecaniu ćwiczeń tlenowych u chorych z CHF. Pacjentom z przewlekłą niewydolnością serca zaproponowano dwie metody treningu: ciągły i interwałowy [3]. Ciągły trening tlenowy jest zazwyczaj wykonywany z obciążeniem od umiarkowanego do dużego, pozwalającym uzyskać stabilne warunki wysiłku tlenowego i umożliwiającym długie sesje treningowe (do 45-60 minut). Trening interwałowy składa się natomiast z ćwiczeń o intensywności od dużej do ciężkiej w powtarzanych krótkich seriach (do 2 minut), oddzielonych okresami odpoczynku.

W celu prawidłowego prowadzenia rehabilitacji pacjentów z CHF należy dokładnie ustalić wyjściową wydolność chorego. Złotym standardem w bezwzględnej

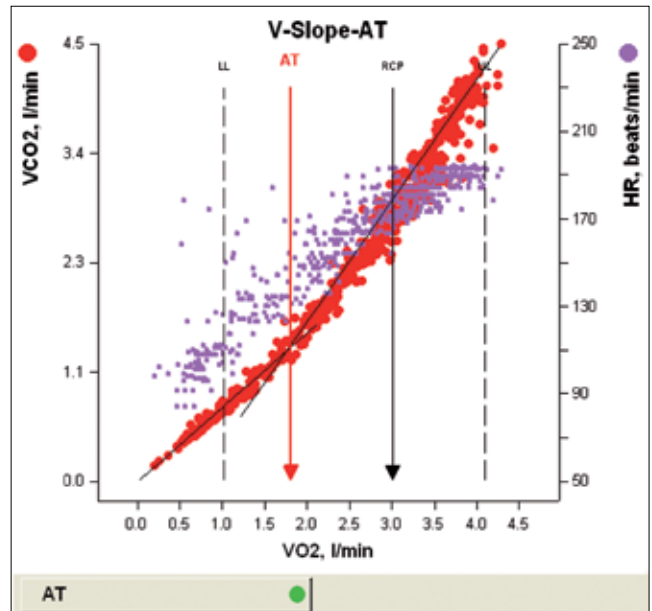
ocenie wydolności wysiłkowej u chorych z CHF (a właściwie u każdego, kto ma przejść program treningu aerobowego) jest kontrolowany wysiłek fizyczny z oceną gazów oddechowych, czyli ergospirometria. Dokładna ocena pierwszego i drugiego pułapu tlenowego, czyli progu beztlenowego (anaerobic threshold, AT), oraz punktu kompensacji oddechowej (respiratory compensation point, RCP) pozwala ocenić wydolność pacjenta oraz zaplanować program treningowy (ryc. 1, 2). Opisywana metoda wydaje się zapewniać najlepszy stosunek ryzyka do korzyści, ustalać zindywidualizowany zakres zalecanych ćwiczeń, w ramach którego intensywność jest dobrana do celów programu rehabilitacyjnego przy zachowanej ocenie ryzyka związanego z ćwiczeniami [4]. Aby ustalić szczytowe pochłanianie tlenu (VO_{2peak}) oraz pochłanianie tlenu VO_2 , przy którym występują pierwszy i drugi pułap tlenowy, pacjent musi wykonać kontrolowany wysiłek fizyczny.

Pierwszy pułap tlenowy – próg anaerobowy

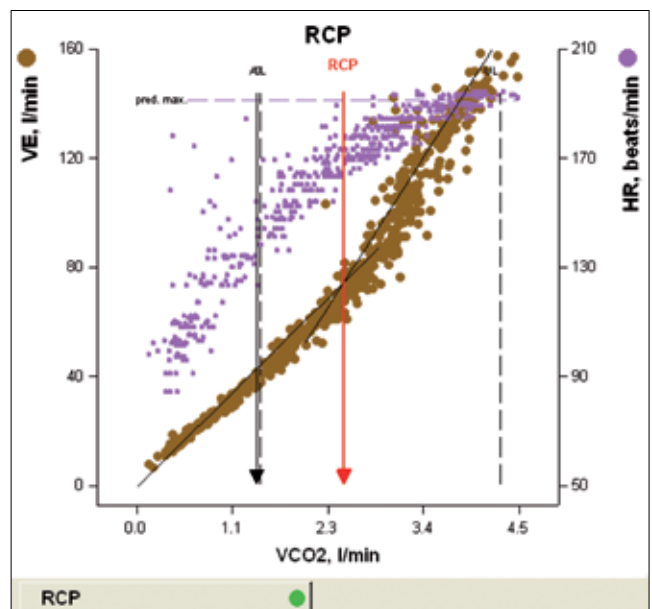
Podczas wysiłku o wzrastającym obciążeniu energia niezbędna do pracy mięśni jest wytwarzana w różnych szlakach metabolicznych, tlenowych lub beztlenowych, w zależności od intensywności wysiłku. W spoczynku i podczas umiarkowanej aktywności fizycznej metabolizm tlenowy pokrywa prawie całe zapotrzebowanie energetyczne. Ze wzrostem obciążenia osiągany jest pierwszy pułap tlenowy (próg beztlenowy), powyżej którego metabolizm tlenowy nie jest w stanie pokryć całego zapotrzebowania na ATP koniecznego do skurczu mięśni. Przy wzrastającym obciążeniu aktywowana jest glikoliza beztlenowa, co skutkuje narastaniem stężenia mlekoczanów we krwi i spadkiem pH. W celu wyrównania bieżącej kwasicy metabolicznej wewnątrzkomórkowe wodorowęglany zużywane są jako bufor jonów wodoru. Podczas buforowania kwasu mlekowego wodorowęglanami CO_2 wytwarzany jest w ilości większej od produkowanej w procesach tlenowych, przez co stosunek VCO_2 do VO_2 rośnie. Mierząc zmiany zawartości tlenu i dwutlenku węgla w wydychanym powietrzu, można określić pułap tlenowy przez analizę nachylenia krzywej zależności VCO_2 i VO_2 (wykreślonych na równych skalach) rejestrowanej podczas wysiłku (metoda V-slope) (ryc. 1). Pierwszy próg wentylacji jest punktem przejścia nachylenia zależności VCO_2 do VO_2 od mniej niż 1 (aktywowany tylko metabolizm tlenowy) do więcej niż 1 (metabolizm beztlenowy plus tlenowy) [5].

Drugi pułap tlenowy – punkt kompensacji oddechowej

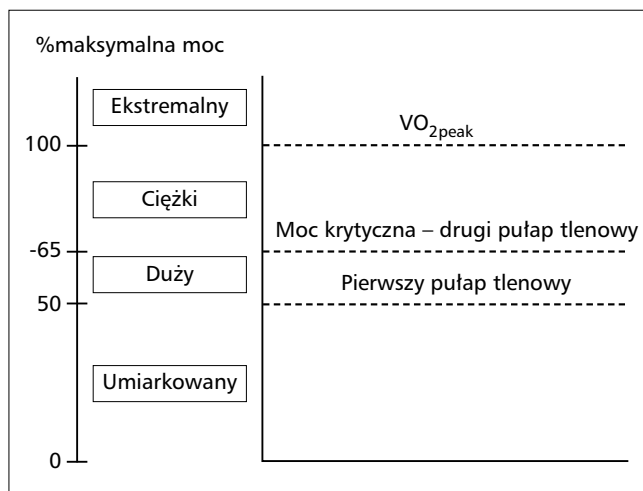
Ze wzrostem intensywności wysiłku i produkcji kwasu mlekowego powyżej pierwszego pułapu tlenowego osią-



RYCINA 1. Stosunek zmian pochłaniania tlenu VO_2 i wydalenia dwutlenku węgla VCO_2 w wydychanym powietrzu podczas wysiłku o narastającym obciążeniu. Zmiana kąta nachylenia krzywych to tzw. pierwszy pułap tlenowy (próg beztlenowy [anaerobic threshold, AT]).



RYCINA 2. Stosunek zmian wentylacji minutowej VE i wydalenia dwutlenku węgla VCO_2 w wydychanym powietrzu podczas wysiłku o narastającym obciążeniu. Zmiana kąta nachylenia krzywych to tzw. drugi pułap tlenowy (punkt kompensacji oddechowej [respiratory compensation point, RCP]).



RYCINA 3. Obciążenie stosowane w trakcie treningu fizycznego. Umiarkowane poniżej pierwszego pułapu tlenowego, duże obciążenie – między pierwszym pułapem tlenowym a mocą krytyczną, ciężkie obciążenie – powyżej mocy krytycznej, a ekstremalne obciążenie – powyżej szczytowego pochłaniania tlenu.

gany jest stan, w którym wewnątrzkomórkowy układ buforu wodorowęglanowego musi być wspomagany przez mechanizmy hiperwentylacji w celu odpowiedniego równoważenia indukowanej wysiłkiem kwasicy metabolicznej [5]. Jest to etap wysiłku (zwany drugim progiem wentylacji lub punktem kompensacji oddechowej), w którym w celu ograniczenia spadku pH wywołanego wzrostem zawartości kwasu mlekowego dochodzi do istotnego wzrostu wentylacji minutowej (VE) względem ilości wydalanego dwutlenku węgla VCO_2 (ryc. 2). Dochodzi do hiperwentylacji będącej odpowiedzią na ilość powstałego w procesach metabolicznych CO_2 .

W wyniku powyższych przemian dochodzi do odwrócenia tendencji stosunku VE/VCO_2 (wzrost w porównaniu z początkowym spadkiem), a drugi próg wentylacji identyfikuje się jako minimalną wartość stosunku VE/VCO_2 względem obciążenia mierzonego w watach (W). Drugi próg wentylacji jest kluczowy w zalecaniu tre-

ningów aerobowych, ponieważ uważa się, że intensywność ćwiczeń powinna być zbliżona do mocy krytycznej (critical power) [6]. To właśnie punkt kompensacji oddechowej powinien stanowić górną granicę intensywności dla długotrwałych ćwiczeń aerobowych [7]. Moc krytyczna stanowi największą moc uzyskiwaną w warunkach stałego poziomu VO_2 i stężenia mleczańców we krwi obwodowej, a energia niezbędna do wykonania wysiłku przy tym obciążeniu powstaje w przemianach tlenowych [8]. Jednocześnie punkt ten stanowi granicę między wysiłkiem o dużym a ciężkim nasileniu (ryc. 3). U pacjentów z CHF moc krytyczna stanowi około 65% mocy szczytowej osiągniętej w próbie wysiłkowej [9].

Zalecanie treningu aerobowego

Standardy dla określenia dolnej granicy intensywności zalecanego treningu aerobowego nie zostały jeszcze ustalone, zarówno dla osób zdrowych, jak i z chorobami serca. Zgodnie z zasadą „mała wydolność – małe obciążenie” [10] intensywności treningu aerobowego już tak małe jak 40% VO_{2peak} okazują się skuteczne u chorych z CHF, nawet ze znacznie ograniczonym VO_{2peak} przed treningiem [11]. W przeciwieństwie do tego górna granica intensywności treningu jest fizjologicznie określona i reprezentowana przez moc krytyczną, która jest ściśle związana z drugim pułapem tlenowym [9].

Pierwszy pułap tlenowy uznany został za poziom intensywności treningu, który przez pacjentów z CHF nie powinien zostać przekroczony [4,12], co pozwala uniknąć ryzyka związanego z ćwiczeniami. Jednak pojawiają się dowody na możliwość treningu chorych z CHF także powyżej pierwszego pułapu tlenowego, ćwiczeniami o intensywności blisko mocy krytycznej, bez dodatkowego ryzyka [13]. Możliwość trenowania chorych z CHF przy obciążeniu zbliżonym do mocy krytycznej jest istotna, ponieważ pacjenci z CHF podczas wykonywania codziennych czynności zmuszeni są do osiągania większego procentu VO_{2peak} w porównaniu z osobami zdro-

TABELA 1. Zalecane górne i dolne granice wysiłku w zależności od klasy niewydolności serca

	Trening fizjologiczny	Trening wydolnościowy
Klasa I-II wg NYHA		
Dolny limit	%HR _{peak} przy pierwszym VT	%maksymalna moc przy pierwszym VT
Górny limit	%HRR przy pierwszym VT	%maksymalna moc przy drugim VT
Klasa III wg NYHA		
Dolny limit	40% VO_{2peak} (?)	Moc przy 40% VO_{2peak} (?)
Górny limit	%HR _{peak} przy pierwszym VT %HRR przy pierwszym VT	%maksymalna moc przy pierwszym VT (?)

Znaki zapytania (?) oznaczają niepewność dotyczącą zaleceń treningowych chorych z CHF, wymagającą dalszych badań.

VT – pułap tlenowy, %HRR – procent rezerwy częstości rytmu serca, % VO_{2peak} – procent szczytowego pochłaniania tlenu, %HR_{peak} – procent szczytowej częstości rytmu serca, %maksymalna moc – procent maksymalnej mocy.

TABELA 2. Inne wskaźniki pozwalające określić intensywność treningu

	%HRR	%VO _{2peak}	%HR _{peak}
Bardzo lekki	<20	<25	<35
Lekki	20-39	25-44	35-54
Umiarkowany	40-59	45-59	55-69
Ciężki	60-84	60-84	70-89
Bardzo ciężki	≥85	≥85	≥90
Maksymalny	100	100	100

%HRR – procent rezerwy częstości rytmu serca, %VO_{2peak} – procent szczytowego pochłaniania tlenu, %HR_{peak} – procent szczytowej częstości rytmu serca.

wymi. Rzeczywiście, pojawiły się doniesienia, że w teście 6-minutowego marszu (mającego naśladować zwykły spacer) u pacjentów z CHF odnotowano duże VO_{2peak}, często powyżej pierwszego pułapu tlenowego [14]. W tym kontekście trening z obciążeniem powyżej pierwszego pułapu wentylacji może mieć kluczowe znaczenie dla uniknięcia nadmiernej męczliwości i ograniczania codziennych czynności. Uzyskanie intensywności zbliżonej do mocy krytycznej może być korzystne wśród chorych z niewydolnością serca w klasie I i II wg NYHA, natomiast u bardziej zagrożonych pacjentów (np. w klasie III wg NYHA) przekraczanie pierwszego pułapu tlenowego może nie być uzasadnione, choć kwestia ta nie została jeszcze zbadana. U chorych z niewydolnością serca w klasie IV wg NYHA objawy występują już w spoczynku i dlatego nie powinni oni być poddawani treningowi aerobowemu. Wniosek na temat zalecanych górnych i dolnych granic wysiłku u chorych z CHF w zależności od upośledzenia czynnościowego (klasa NYHA) umieszczono w tabeli 1.

Wydaje się, że w przypadku braku możliwości bezpośredniej oceny za pomocą ergospirometrii w zakresie ćwiczeń o umiarkowanej intensywności można używać innych wskaźników (tab. 2), w których wysiłek wyrażony jest jako procent szczytowej częstości rytmu serca (%HR_{peak}) lub procent rezerwy częstości rytmu serca (%HRR). W celu minimalizowania ryzyka sugerowane na początku treningu są wartości blisko dolnej granicy zakresu umiarkowanej intensywności (tab. 2), czyli około 50% wartości szczytowego HR lub 40% HRR. Jednak u wybranych chorych ze znacznie zmniejszoną tolerancją wysiłku lub dużym ryzykiem związanym z wysiłkiem fizycznym należy rozważyć wprowadzenie treningu, którego natężenie mieści się w zakresie lekkiej intensywności (tab. 2). Następnie w miarę polepszania wydolności pacjenta ciężkość wysiłku należy zwiększać aż do osiągnięcia przewidywanej górnej granicy wysiłku (tab. 2).

Podsumowanie

Bardzo ważnym aspektem klinicznym jest prowadzenie rehabilitacji kardiologicznej pacjentów z niewydolnością serca – wystarczy, że ośrodek posiada bieżnię i urządzenie do wykonywania elektrokardiograficznej próby wysiłkowej. Na podstawie takiego badania można zaplanować program rehabilitacji kardiologicznej. Oczywiście ergospirometria pozwala precyzyjnie ustalić wyjściową wydolność fizyczną i kontrolować optymalnie proces rehabilitacji.

Piśmiennictwo

1. Chizzola PR, Goncalves de Freitas HF, et al. The effect of beta-adrenergic receptor antagonism in cardiac sympathetic neuronal remodeling in patients with heart failure. *Int J Cardiol* 2006; 106 (1): 29-34.
2. Bauersachs J, Widder JD. Endothelial dysfunction in heart failure. *Pharmacol Rep* 2008; 60 (1): 119-126.
3. Piepoli MF, Conraads V, Corra U, et al. Exercise training in heart failure: from theory to practice. A consensus document of the Heart Failure Association and the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *Eur J Heart Fail* 2011; 13 (4): 347-357.
4. Meyer T, Lucia A, Earnest CP, et al. A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters-theory and application. *Int J Sports Med* 2005; 26 (1): S38-S48.
5. 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 (3): 249-267.
6. Binder RK, Wonisch M, Corra U, et al. Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2008; 15 (6): 726-734.
7. Vandewalle H, Vautier JF, Kachouri M, et al. Work-exhaustion time relationships and the critical power concept. A critical review. *J Sports Med Phys Fitness* 1997; 37 (2): 89-102.
8. Jones AM, Burnley M. Oxygen uptake kinetics: an underappreciated determinant of exercise performance. *Int J Sports Physiol Perform* 2009; 4 (4): 524-532.
9. Mezzani A, Corra U, Giordano A, et al. Upper intensity limit for prolonged aerobic exercise in chronic heart failure. *Med Sci Sports Exerc* 2010; 42 (4): 633-639.
10. Durstine JL, Painter P, Franklin BA, et al. Physical activity for the chronically ill and disabled. *Sports Med* 2000; 30 (3): 207-219.
11. Demopoulos L, Bijou R, Fergus I, et al. Exercise training in patients with severe congestive heart failure: enhancing peak aerobic capacity while minimizing the increase in ventricular wall stress. *J Am Coll Cardiol* 1997; 29 (3): 597-603.
12. Chen MJ, Fan X, Moe ST. Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: a meta-analysis. *J Sports Sci* 2002; 20 (11): 73-899.
13. Roveda F, Middlekauff HR, Rondon MU, et al. The effects of exercise training on sympathetic neural activation in advanced heart failure: a randomized controlled trial. *J Am Coll Cardiol* 2003; 42 (5): 854-860.
14. Kervio G, Ville NS, Leclercq C, et al. Cardiorespiratory adaptations during the six-minute walk test in chronic heart failure patients. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2004; 11 (2): 171-177.