

Marzena Trzaska-Sobczak, Władysław Pierzchała

Katedra i Klinika Pneumonologii Wydziału Lekarskiego Śląskiej Akademii Medycznej w Katowicach
Kierownik: prof. dr hab. med. Władysław Pierzchała

Możliwości wnioskowania o zdolności wysiłkowej chorych na przewlekłą obturacyjną chorobę płuc na podstawie krzywej maksymalnego przepływu i objętości

Prediction of exercise capacity in chronic obstructive pulmonary disease patients on the basis of maximum expiratory flow-volume curve

Abstract

Introduction: Patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) often present reduced exercise tolerance. Limitation of exercise capacity in COPD is an essential feature, which can be accurately determined by incremental cycle ergometry. The relationship between resting lung function variables and exercise capacity has been studied extensively in COPD patients. A clear relationship between resting pulmonary function testing and exercise capacity has not been established.

The present study was designed to assess the accuracy of new index such as area under the maximal expiratory flow-volume curve [A(ex)] in predicting exercise capacity (expressed by maximum oxygen uptake — $\dot{V}O_{2max}$ and maximal mechanical work — W_{max}) in COPD patients.

Material and methods: The study was performed on 41 patients with mild — to severe COPD (FEV_1 , $57.2 \pm 15.3\%$ predicted). Each subject underwent resting spirometry (area under the maximal expiratory flow-volume curve — A(ex) was calculated). Subsequently, they performed maximal incremental cycle ergometer exercise for determination of $\dot{V}O_{2max}$, W_{max} .

Results: Significant correlation was found between A(ex) and $\dot{V}O_{2max}$ ($r = 0.57$, $p < 0.001$). In the group of severe COPD significant correlation was found between A(ex) and W_{max} ($r = 0.50$, $p < 0.05$).

Conclusions: In chronic obstructive pulmonary disease, the index — area under the maximal expiratory flow-volume curve — A(ex), could be useful in assesment of COPD severity and in predicting exercise capacity.

Key words: cardiopulmonary exercise testing, chronic obstructive pulmonary disease, maximum oxygen uptake, exercise capacity

Pneumonol. Alergol. Pol. 2007; 75: 213–218

Streszczenie

Wstęp: Chorzy na przewlekłą obturacyjną chorobę płuc (POChP) często wykazują upośledzoną tolerancję wysiłku. Wyrazem tego jest zmniejszona zdolność wysiłkowa, którą najlepiej określić wskaźnikiem maksymalnego zużycia tlenu ($\dot{V}O_{2max}$). Zależność między spoczynkowymi wskaźnikami czynności płuc a wskaźnikami zdolności wysiłkowej była przedmiotem wielu badań, jednak dotychczas nie ustalono jednoznacznie wartości predykcyjnej tych wskaźników w przewidywaniu zdolności wysiłkowej u chorych na POChP. W miarę postępu POChP kształt krzywej MEFV się zmienia. Na skutek dynamicznej kompresji dróg oddechowych podczas natężonego wydechu krzywa ta staje się coraz bardziej wklęsła w kierunku osi objętości.

Celem prezentowanej pracy była ocena przydatności nowego wskaźnika, jakim jest pole powierzchni pod krzywą maksymalnego przepływu wydechowego i objętości płuc [A(ex)], w przewidywaniu zdolności wysiłkowej (wyrażonej wskaźnikiem maksymalnego zużycia tlenu — $\dot{V}O_{2max}$ i maksymalnej pracy mechanicznej — W_{max}).

Adres do korespondencji: Marzena Trzaska-Sobczak, Katedra i Klinika Pneumonologii, Śląska Akademia Medyczna w Katowicach, ul. Medyków 14, 40–752 Katowice, tel./faks: (0 32) 252 38 31, e-mail: trzaska@mp.pl

Praca wpłynęła do Redakcji: 8.03.2007 r.

Copyright © 2007 Via Medica

ISSN 0867–7077

Materiał i metody: W badaniu wzięło udział 41 chorych na POChP w stadium od łagodnego do ciężkiego (FEV_1 $57,2 \pm 15,3\%$ N). U każdego pacjenta wykonano badanie spirometryczne, wyliczono wskaźnik A(ex), a następnie przeprowadzono limitowane objawami badanie wysiłkowe o wzrastającym obciążeniu, określając $V'O_{2max}$ i W_{max} .

Wyniki: Średnia wartość (\pm SD) A(ex) wynosiła $7,22 (\pm 4,37)$, a w grupie A i B odpowiednio $9,38 (\pm 4,54)$ i $4,20 (\pm 1,71)$. Wartości A(ex) między grupą A i B różniły się statystycznie ($p < 0,0002$). Stwierdzono istotną korelację między A(ex) i $V'O_{2max}$ ($r = 0,57$; $p = 0,0009$) w całej badanej grupie. U chorych na ciężką postać POChP stwierdzono istotną korelację między A(ex) i W_{max} ($r = 0,50$; $p = 0,04$).

Wnioski: Pole powierzchni pod krzywą maksymalnego przepływu wydechowego i objętości płuc [A(ex)] może być dodatkowym wskaźnikiem przydatnym w ocenie stopnia ciężkości oraz przewidywania zdolności wysiłkowej chorych na POChP.

Słowa kluczowe: test wysiłkowy, przewlekła obturacyjna choroba płuc, maksymalne zużycie tlenu, wydolność wysiłkowa
Pneumonol. Alergol. Pol. 2007; 75: 213–218

Wstęp

Pogorszenie tolerancji wysiłku jest częstym objawem u chorych na POChP, począwszy od umiarkowanego stopnia ciężkości [1]. Wyrazem tego jest zmniejszenie zdolności wysiłkowej określonej wskaźnikiem maksymalnego zużycia tlenu ($V'O_{2max}$). Badanie wysiłkowe o wzrastającym obciążeniu limitowane objawami pozwala na ustalenie $V'O_{2max}$ [2, 3]. Na zdolność wysiłkową chorych na POChP wpływa wiele czynników [1, 4]. Zaburzenia wentylacji są jedną z istotnych przyczyn pogorszenia tolerancji wysiłku [5, 6].

Określanie zdolności wysiłkowej chorych na POChP ma znaczenie nie tylko w ocenie wielkości zaburzeń czynnościowych, ale także w prognozowaniu przeżywalności w tej grupie chorych [7, 8].

Zależność między spoczynkowymi wskaźnikami wentylacji płuc a wskaźnikami zdolności wysiłkowej była przedmiotem wielu badań [9–17], jednak dotychczas nie udało się jednoznacznie określić wartości predykcyjnej tych wskaźników w przewidywaniu zdolności wysiłkowej chorych na POChP. Jest to istotne zwłaszcza wobec faktu, że dostępność badań wysiłkowych jest ograniczona, ponieważ specjalistyczny sprzęt do badań wysiłkowych jest bardzo kosztowny. Ponadto jego przeprowadzenie wymaga wyszkolonego personelu medycznego oraz dobrej współpracy chorego [2].

Chorzy na POChP wykazują zmniejszony przepływ wydechowy na wszystkich poziomach objętości płuc. Odzwierciedleniem tego jest zmieniony kształt krzywej maksymalnego przepływu wydechowego i objętości płuc (MEFV, *maximum expiratory flow volume*), która wraz z nasileniem obturacji staje się coraz bardziej wklęsła w kierunku osi objętości. Skutkiem tego jest zmniejszanie się pola powierzchni pod krzywą MEFV [A(ex), *area under expiratory curve*].

Celem pracy było określenie, czy wskaźnik pola powierzchni pod krzywą MEFV [A(ex)] koreluje ze zdolnością wysiłkową chorych na POChP,

wyrażoną poprzez maksymalne zużycie tlenu ($V'O_{2max}$) i maksymalną pracę mechaniczną (W_{max}).

Materiał i metody

Badaniem objęto 41 chorych na POChP, 35 mężczyzn i 6 kobiet leczonych w Poradni Przyklinicznej. Natężona objętość wydechowa pierwszosekundowa (FEV_1 , *forced expiratory volume in one second*) wynosiła $57 \pm 15,3\%$ N, natężona pojemność życiowa (FVC, *forced vital capacity*) $68 \pm 10\%$ N; $FEV_1\%$ FVC = $51 \pm 9,9\%$, a średnia wieku $63 \pm 8,4$ roku. Chorobę rozpoznano i klasyfikowano na podstawie kryteriów *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease* (GOLD) [18]. Chorych zakwalifikowano do następujących stadiów ciężkości POChP: 4 osoby — łagodna, 19 osób — umiarkowana (grupa A), 18 osób — ciężka (grupa B).

Kryteria włączenia do badania przedstawiały się następująco: wiek powyżej 40 lat, spirometria ($FEV_1\%$ FVC) poniżej 70%, $FEV_1 \geq 30\%$ N odwracalność obturacji po salbutamolu ΔFEV_1 poniżej 12%, aktualni bądź byli palacze tytoniu (minimum 20 paczkolet), brak zaostrzenia POChP w ciągu 8 tygodni przed badaniem, brak przeciwwskazań do wykonania badania wysiłkowego, wysycenie krwi tętniczej tlenem mierzone pulsoksymetrycznie (SaO_2) powyżej 92% podczas oddychania powietrzem atmosferycznym.

Uczestnicy zakwalifikowani do badania wysiłkowego byli proszeni o powstrzymanie się od palenia papierosów i stosowania leków rozszerzających oskrzela na 12 godzin przed badaniem, aby wyeliminować potencjalny wpływ tych leków na wynik testu.

Wszystkie badania przeprowadzano w Pracowni Badań Czynnościowych Układu Oddechowego Katedry i Kliniki Pneumonologii w Katowicach.

W ramach kwalifikacji do badania wysiłkowego przeprowadzano:

— badanie lekarskie według ujednoliconego kwestionariusza;

- badanie spirometryczne wykonane po inhalacji salbutamolu w dawce 200 μg na spirometrze MasterLab Firmy Jaeger na podstawie norm opisanych przez Quanjera w 1983 roku, zmodyfikowanych w roku 1993 [19];
- elektrokardiografię (EKG);
- pulsoksymetrię.

Badanie wysiłkowe poprzedzono wykonaniem spirometrii w pozycji siedzącej na aparacie $V_{\text{max}} 29\text{c}$ firmy SensorMedics Yorba Linda, Kalifornia. Spirometr ten jest integralną częścią zestawu do badań wysiłkowych o takiej samej nazwie.

Wynik spoczynkowego badania spirometrycznego uzyskiwano w postaci liczbowych wartości wskaźników przepływu i objętości oraz w postaci graficznej w formie pętli maksymalnego przepływu i objętości płuc (MFVL, *maximum flow-volume loop*).

Pole powierzchni pod krzywą MEFV [A(ex)] obliczono z zastosowaniem własnego programu komputerowego. Wartość A(ex) wyrażono w jednostkach pola [jp]. Za pojedynczą jednostkę pola przyjęto prostokąt utworzony przez oś przepływu i prostą równoległą do tej osi, przeprowadzoną przez wartość 1 na osi objętości oraz oś objętości i prostą równoległą do tej osi, przeprowadzoną przez wartość 1 na osi przepływu.

Do obciążenia wysiłkiem użyto ergometru rowerowego ERM-100 firmy OBREAM, Zabrze. Pomiaru wskaźników wentylacji i wymiany gazowej dokonywano metodą bezpośrednią, oddech po oddechu (*breath by breath*), za pomocą aparatu $V_{\text{max}} 29\text{c}$ firmy SensorMedics Yorba Linda, Kalifornia.

Badanie wysiłkowe przeprowadzono według protokołu Wassermana [20] obejmującego następujące etapy:

- 1) 3-minutowy okres spoczynku (w pozycji siedzącej na rowerze);
- 2) 3-minutowy okres rozgrzewki (jazda na rowerze bez obciążenia z prędkością 60 obrotów na minutę);
- 3) właściwa próba wysiłkowa (wzrost obciążenia co 1 minutę o 5–15 Wat, prędkość obrotów jw.; wzrost obciążenia dobierano na podstawie wartości wskaźnika FEV_1 — 5 Wat, gdy $FEV_1 \leq 1$ l, 10 Wat, gdy $FEV_1 1-1,5$ l i 15 Wat, gdy $FEV_1 \geq 1,5$ l);

Badanie kończono w chwili zgłoszenia przez pacjenta maksymalnego zmęczenia, duszności lub gdy stwierdzono inne obiektywne przyczyny przerwania badania (np. maksymalna częstość rytmu serca) [2, 20]. Powodem zakończenia badania wysiłkowego w badanej grupie było uczucie maksymalnego zmęczenia uniemożliwiającego utrzymanie prędkości pedałowania 60 obrotów na minutę

oraz duszność i ból kończyn dolnych. W zapisie EKG nie obserwowano nieprawidłowości nakazujących wcześniejsze zakończenie badania wysiłkowego;

- 4) okres powysiłkowy (jazda na rowerze bez obciążenia, z prędkością 30 obrotów na minutę, monitorowanie pacjenta do czasu powrotu do wartości spoczynkowych, ale nie mniej niż 3 minuty).

Analizy statystyczne danych wykonano w programie Statistica, wersja 6.0. Posługując się narzędziami statystyki opisowej, obliczono średnie oraz odchylenia standardowe (\pm SD). Porównania między grupami dokonano, stosując jednoczynnikową wielowymiarową analizę wariancji (MANOVA, *multivariate analysis of variance*).

W badaniach statystycznych przeprowadzono analizę korelacji z zastosowaniem współczynnika r korelacji rangowej Spearmana (podany poziom testu istotności), a także analizę regresji liniowej (z podaniem równania regresji, istotności współczynników regresji i wartości poprawionych współczynników determinacji R^2_p).

Wyniki

Średnia wartość (\pm SD) pola pod krzywą MEFV [A(ex)] w całej grupie chorych na POChP wynosiła 7,22 (\pm 4,37), a w grupie A i B odpowiednio 9,38 (\pm 4,54) i 4,20 (\pm 1,71) (tab. 1). Wartości A(ex) między grupą A i B różniły się znamienne (p < 0,0002), co wykazano na podstawie jednoczynnikowej wielowymiarowej analizy wariancji (MANOVA). Mediany A(ex) przedstawiono na rycinie 1.

Średnia wartość (\pm SD) maksymalnego zużycia tlenu [l/min] wynosiła 1,13 (\pm 0,26), a w grupach A i B odpowiednio 1,19 (\pm 0,26) i 1,03 (\pm 0,23) (tab. 1).

Nie stwierdzono znamiennych różnic $V'O_{2\text{max}}$ między grupami A i B (p = 0,2).

Średnia wartość (\pm SD) maksymalnej pracy mechanicznej W_{max} [W] w całej grupie chorych wynosiła 87,9 (\pm 22,7), a w grupach A i B odpowiednio 91,9 (\pm 23,3) i 81,6 (\pm 21,8) (tab. 1). Wartości W_{max} nie różniły się znamienne między grupami A i B.

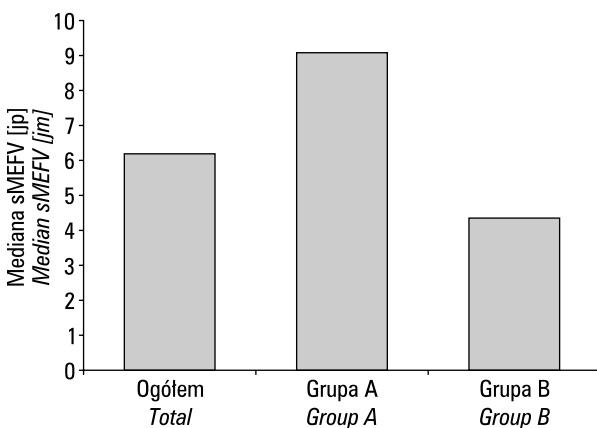
Badając zależności między $V'O_{2\text{max}}$, W_{max} a A(ex) stwierdzono, że w całej grupie zachodzi dodatnia korelacja A(ex) z $V'O_{2\text{max}}$ [l/min] (r = 0,57; p = 0,0009) i mniejsza, ale istotna korelacja z W_{max} [W] (r = 0,38; p = 0,01). W grupie lżej chorych (grupa A) ujawniono jedynie dodatnią korelację A(ex) i $V'O_{2\text{max}}$ (r = 0,48; p = 0,04). Natomiast w grupie ciężko chorych (grupa B) dodatnia korelacja A(ex) dotyczyła obu wskaźników zdolności wysiłkowej: $V'O_{2\text{max}}$ (r = 0,47; p = 0,05) i W_{max} (r = 0,50; p = 0,004) (tab. 2).

Tabela 1. Pole powierzchni pod krzywą MEFV, maksymalne zużycie tlenu ($V'O_{2max}$) i maksymalna praca mechaniczna (W_{max}) w poszczególnych grupach chorych na przewlekłą obturacyjną chorobę płuc

Table 1. Area under the curve MEFV, maximum oxygen uptake ($V'O_{2max}$) and maximum mechanical work (W_{max}) in the group of chronic obstructive pulmonary disease

Wskaźniki Parameters	Cała grupa All patients	Grupa A Group A	Grupa B Group B
A(ex) [jp]	7,22 ± 4,37	9,38 ± 4,54	4,20 ± 1,71
$V'O_{2max}$ [l/min]	1,13 ± 0,26	1,19 ± 0,26	1,03 ± 0,23
W_{max} [W]	87,9 ± 22,7	91,9 ± 21,3	81,1 ± 21,8

MEFV (maximum expiratory flow volume) — maksymalny przepływ wydechowy i objętość płuc; A(ex) (area under curve) — pole powierzchni pod krzywą; $V'O_{2max}$ (maximum oxygen uptake) — maksymalne zużycie tlenu; W_{max} (maximum mechanical work) — maksymalna praca mechaniczna



Rycina 1. Mediany pola powierzchni pod krzywą maksymalnego przepływu wydechowego i objętość płuc (MEFV) u chorych na przewlekłą obturacyjną chorobę płuc

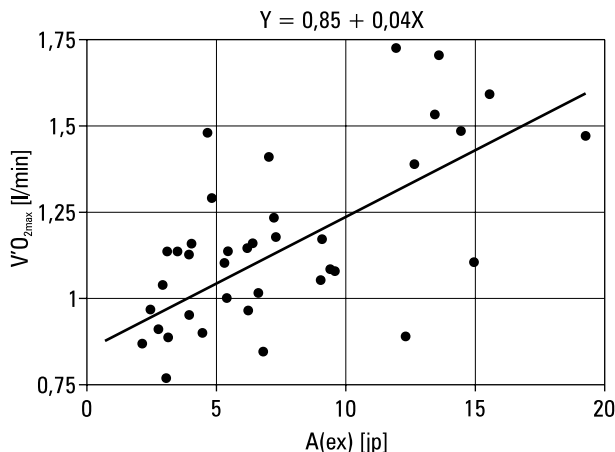
Figure 1. Median area under the maximum expiratory flow volume (MEFV) curve in the chronic obstructive pulmonary disease

Tabela 2. Współczynniki r korelacji rangowej Spearmana zależności analizowanych w poszczególnych grupach chorych na przewlekłą obturacyjną chorobę płuc

Table 2. Spearman's correlation coefficients in the group of chronic obstructive pulmonary disease

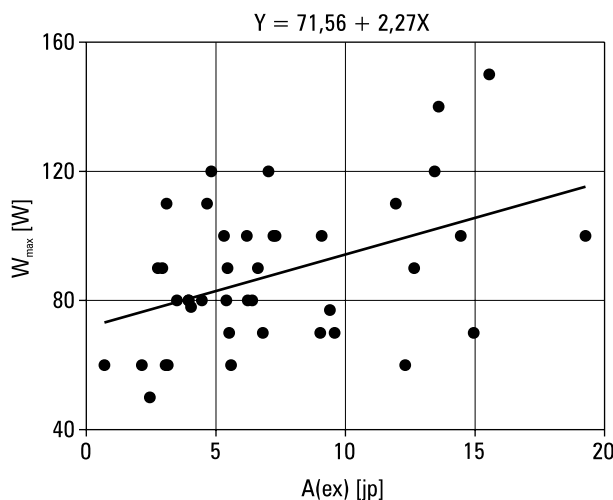
Zależność Relationship	Ogółem (n = 41) Total	Grupa A (n = 19) Group A	Grupa B (n = 18) Group B
$V'O_{2max}$ [l/min]	r = 0,57	r = 0,48	r = 0,47
— A(ex) [jp]	p = 0,0009	p = 0,04	p = 0,05
W_{max} [W]	r = 0,38	r = 0,13	r = 0,50
— A(ex) [jp]	p = 0,01	NS	p = 0,04

Objaśnienia skrótów — zob. tabela 1/Abbreviation — see table 1



Rycina 2. Regresja liniowa $V'O_{2max}$ i A(ex) w całej grupie pacjentów z przewlekłą obturacyjną chorobą płuc; $V'O_{2max}$ — maksymalne zużycie tlenu; A(ex) — pole powierzchni pod krzywą

Figure 2. Regression analysis $V'O_{2max}$ and A(ex) in the whole chronic obstructive pulmonary disease group; $V'O_{2max}$ — maximum oxygen uptake; A(ex) — area under curve



Rycina 3. Regresja liniowa W_{max} i A(ex) w całej grupie pacjentów z przewlekłą obturacyjną chorobą płuc; W_{max} — maksymalna praca mechaniczna; A(ex) — pole powierzchni pod krzywą

Figure 3. Linear regression analysis W_{max} and A(ex) in the whole chronic obstructive pulmonary disease group; W_{max} — maximum mechanical work; A(ex) — area under curve

Na podstawie analizy regresji liniowej w całej grupie chorych na POChP ujawniono istotną statystycznie wartość predykcyjną modelu regresji dla zależności między $V'O_{2max}$ i A(ex) ($R^2_p = 0,40$; $p < 0,001$) (ryc. 2) oraz W_{max} i A(ex) ($R^2_p = 0,17$; $p < 0,004$) (ryc. 3).

Omówienie

Chorzy na POChP, począwszy od umiarkowanego stopnia ciężkości, wykazują mniejszą zdolność

wysiłkową. Zaburzenia wentylacji to jedna z istotnych przyczyn pogorszenia tolerancji wysiłku w tej grupie pacjentów i wiąże się z dynamicznym rozdęciem płuc [5, 6].

Zależność między zdolnością wysiłkową (mierzona $V'O_{2max}$) a zdolnością wentylacyjną płuc do tej pory badano, posługując się wskaźnikami spirometrycznymi wyrażającymi zależność objętościowo-czasową płuc.

Innego opisu natężonego wydechu dostarcza jednoczesna analiza przepływu i objętości realizowana podczas rejestracji wypadkowej MEFV. Wypadkowa (krzywa przepływ/objętość) przedstawia chwilową zależność między objętością płuc i możliwością rozwinięcia przy tej objętości maksymalnego przepływu wydechowego. Wielkość tego przepływu nagle maleje w drugiej połowie natężonego wydechu, gdy dochodzi do dynamicznej kompresji dróg oddechowych. W tej części wydechu maksymalny przepływ wydechowy nie zależy już od zastosowanego wysiłku wydechowego, ale jest ilorazem ciśnienia skoku sprężystego płuc i oporu obwodowych dróg oddechowych [21]. Utrata sprężystości płuc spowodowana rozedmą i wzrost oporu oskrzelików są odpowiedzialne w POChP za bardzo niskie przepływy wydechowe przy malejącej objętości płuc w drugiej połowie wydechu. Przejawia się to gwałtownie malejącą powierzchnią pod krzywą MEFV, począwszy od chwili dynamicznej kompresji, tym bardziej że zjawisko to u chorych na POChP występuje przy wyższych objętościach płuc niż u osób zdrowych.

Wartość wskaźnika A(ex) różniła się istotnie między grupą A (umiarkowana POChP) a grupą B (ciężka POChP), co jest zrozumiałe w tym kontekście patofizjologicznym i może być dodatkowym kryterium oceny stopnia ciężkości POChP.

Aby zrealizować cele pracy, poddano analizie zależność między A(ex) i wskaźnikami zdolności wysiłkowej, określonymi przez maksymalne zużycie tlenu i maksymalną pracę mechaniczną.

Wykazano w ten sposób dodatnią korelację między A(ex) i $V'O_{2max}$ ($r = 0,57$; $p = 0,0009$) w całej badanej grupie oraz w grupach z umiarkowanym i ciężkim stopniem ciężkości POChP (tab. 1).

W wielu badaniach z udziałem chorych na POChP oceniano wpływ spoczynkowych wskaźników spirometrycznych na zdolność wysiłkową. Badania te wykazały dużą rozpiętość współczynnika korelacji między $V'O_{2max}$ i FEV_1 w zakresie od 0,35 do 0,75 [9–17, 22, 23].

Ortega i wsp. [16], badając zależność między $V'O_{2max}$ i wskaźnikami spirometrycznymi (FEV_1 , FVC, $FEV_1\%FVC$) w grupie 78 chorych na POChP,

wykazali najwyższą korelację dla $V'O_{2max}$ i FEV_1 ($r = 0,54$).

Również Pineda i wsp. [17] u 11 osób zdrowych i 19 chorych na POChP udowodnili, że FEV_1 dobrze koreluje zarówno z $V'O_{2max}$ ($r = 0,74$), jak i W_{max} ($r = 0,77$). Jednak ze względu na małą liczebność, nie potwierdzili takiej korelacji w wydzielonych podgrupach o różnej ciężkości POChP.

Bauerle i wsp. [11] w grupie 53 chorych na POChP dokonali podobnej analizy i zanotowali podobne wnioski, to znaczy korelację $V'O_{2max}$ z FEV_1 ($r = 0,56$). W innej pracy Bauerle i wsp. [10] wykazali wyższą korelację między FEV_1 a $V'O_{2max}$ dla wskaźników wyrażonych w wartościach bezwzględnych ($r = 0,75$), a nie w odsetkach wartości należnej ($r = 0,43$). Zastosowali ponadto nowy wskaźnik uwzględniający zmienność w kształcie krzywej MEFV (wpływający na powierzchnię pod krzywą MEFV), opisując go wskaźnikiem FEV_{50}/PEF (szczytowy przepływ wydechowy; *peak expiratory flow*), jednak nie wykazali jego korelacji z $V'O_{2max}$ [10]. Prawdopodobnie samo nagłe zmniejszenie maksymalnego przepływu wydechowego w środku natężonego wydechu (FEV_{50}) nie jest wskaźnikiem wystarczającym do oceny zdolności wysiłkowej u chorych na POChP, w przeciwieństwie do pola powierzchni pod tą krzywą.

W pracy własnej wykazano jednak słabą, chociaż znamioną korelację między A(ex) i W_{max} ($r = 0,38$; $p = 0,01$) w grupie badanej. Prawdopodobnie jest to wynikiem mniejszej powtarzalności W_{max} w porównaniu z $V'O_{2max}$ u tych chorych [24]. Korelacja A(ex) z W_{max} była wyższa ($r = 0,50$; $p = 0,04$) w grupie ciężko chorych (grupa B) w porównaniu z pozostałymi.

Podobnie obserwacje poczynili Fink i wsp. [25] w badaniach dotyczących dużej grupy chorych na POChP (260 osób). Wykazali, że rozbieżność między zachowaniem się wskaźników spirometrycznych a wynikami testów wysiłkowych dotyczyła głównie chorych na łagodną i umiarkowaną, a nie ciężką postać POChP.

Zbliżone wyniki uzyskali także Wijkastra i wsp. [26] w pracy z udziałem 40 chorych na ciężką postać POChP.

Wnioski

1. Pole powierzchni pod krzywą maksymalnego przepływu wydechowego i objętości [A(ex)] może być dodatkowym, uzupełniającym wskaźnikiem oceny stopnia ciężkości POChP.
2. Na podstawie zmniejszenia A(ex) u chorych na POChP można przewidywać obniżenie

maksymalnego zużycia tlenu, a u chorych na ciężką postać również obniżenie wielkości pracy maksymalnej.

Piśmiennictwo

- Kilian K.J., LeBlanc P., Martin D.H., Summers N.L., Jones N.L., Campbell E.J.M. Exercise capacity and ventilatory, circulatory and symptom limitation in patients with chronic airflow limitation. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1992; 146: 935–940.
- Weisman I.M., Zeballos J.R. (red). *clinical exercise testing. Progress in respiratory research.* T. 32. Karger, Basel 2002.
- Zieliński J. *Badania wysiłkowe w ocenie czynności płuc.* PZWL, Warszawa 1992.
- Chodosowska E., Zieliński J. Evaluation of the relations between exercise tolerance, dyspnea and pulmonary function in patients with chronic obstructive lung diseases. *Pneumonol. Alergol. Pol.* 1992; 60: 54–61.
- Dodd D.S., Brancastisano T., Engel L.A. Chest wall mechanics during exercise in patients with severe chronic air-flow obstruction. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1984; 129: 33–38.
- Stubbing D.G., Pengelly L.D., Morse J.L., Jones N.L. Pulmonary mechanics during exercise in subjects with chronic airflow obstruction. *J. Appl. Physiol.* 1980; 49: 511–515.
- Anthonisen N.R., Wright E.C., Hodgkin J.E. Prognosis in chronic obstructive pulmonary disease. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1986; 133: 14–20.
- Oga T., Nishimura K., Tsukino M., Sato S., Hajiro T. Analysis of the factors related to mortality in chronic obstructive pulmonary disease: role of exercise capacity and health status. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2003; 167: 544–549.
- Baarends E.M., Schls A.M.W.J., Mostert R., Wouters E.F.M. Peak exercise response in relation to tissue depletion in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *E. Respir. J.* 1997; 10: 2807–2813.
- Baurele O., Chrusch C.A., Younes M. Mechanisms by which COPD affects exercise tolerance. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1998; 157: 57–68.
- Baurele O., Younes M. Role of ventilatory response to exercise in determining exercise capacity in COPD. *J. Appl. Physiol.* 1995; 79: 1870–1877.
- Carlson D.J., Ries A.L., Kaplan R.M. Prediction of maximum exercise tolerance in patients with COPD. *Chest* 1991; 100: 307–311.
- Czernicka-Cierpisz E. Exercise tolerance in patients with chronic obstructive pulmonary disease in various stages of advanced disease. *Pneumonol Alergol. Pol.* 1996; 64: 604–614.
- Dillard T.A., Piantadosi S., Rajagopal K.R. Determinants of maximum exercise capacity in patients with chronic airflow obstruction. *Chest* 1989; 96: 267–271.
- Mahler D.A., Harver A. Prediction of peak oxygen consumption in chronic obstructive airway disease. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1988; 20: 574–578.
- Ortega F., Montemayor T., Sanchez A., Cabello F., Castillo J. Role of cardiopulmonary exercise testing and criteria used to determine disability in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1994; 150: 747–751.
- Pineda H., Hass F., Axen K., Hass A. Accuracy of pulmonary function tests in predicting exercise tolerance in chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 1984; 86: 564–567.
- Podręczny przewodnik rozpoznawania, leczenia i prewencji przewlekłej obturacyjnej choroby płuc. *Med. Prakt.* 2003; 10 (supl. 152).
- Quanjer P.H., Tammelin G.J., Cotec J.E. i wsp. Lung volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party Standardization of Lung Function Tests. European Coal and Steel Community. *Eur. Respir. J.* 1993; 16 (supl. 16): 85–100.
- Wasserman K., Hansen J.E., Sue D.Y., Whipp B.J., Casaburi R. *Principles of exercise testing and interpretation: including pathophysiology and clinical applications.* Wyd. 3. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 1999.
- Zamel Improved expiratory airflow dynamics with smoking cessation. *N. Bull. Eur. Physioptahol. Respir.* 1984; 20: 19–23.
- Cote C.G., Celli B.R. Factors affecting peak oxygen uptake (VO_{2max}) during cardiopulmonary exercise testing (CPET) in patients with COPD. *Chest* 1999; 116 (supl. 2): 332.
- Murariu C., Ghezzi H., Milic-Emili J., Gauthier H. Exercise limitation in obstructive lung disease. *Chest* 1998; 114: 965–968.
- Nosedá A., Carpioux J.P., Prigogine T., Schmerber J. Lung function, maximum and submaximum exercise testing in COPD patients: reproducibility over a long interval. *Lung* 1989; 167: 247–257.
- Fink G., Moshe S., Goshen J. Functional evaluation in patients with chronic obstructive pulmonary disease: pulmonary function tests versus cardiopulmonary test. *J. Occup. Environ. Med.* 2002; 44: 54–58.
- Wijkstra P.J., Ten Vergert E.M., Van der Mark Th.W. i wsp. Relation of lung function, maximal inspiratory pressure, dyspnoea, and quality of life with exercise capacity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 1994; 49: 468–472.