

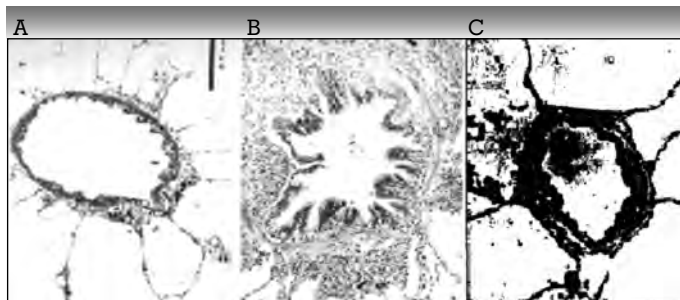
## Obturacyjny typ zaburzeń wentylacji

Obturacja oskrzeli to zwężenie dróg oddechowych, prowadzące do zmniejszenia przepływu powietrza przez oskrzela i pogorszenia wentylacji pęcherzyków płucnych [1, 2, 3]. Spirometria jest podstawowym badaniem służącym do rozpoznawania zwężenia oskrzeli, bardzo często stwierdzanego upośledzenia sprawności wentylacyjnej płuc. Stwierdzenie świstów w badaniu przedmiotowym czy duszności w badaniu podmiotowym nie oznacza rozpoznania obturacji ani choroby obturacyjnej. Z drugiej strony brak tych objawów nie wyklucza zwężenia dróg oddechowych. Zawsze należy wykonać badanie spirometryczne dla potwierdzenia tego podejrzenia.

Drożność dróg oddechowych może być ograniczona na skutek zmian zachodzących w ścianie oskrzela, które są następstwem skurczu i przerostu mięśni gładkich, obrzęku i przerostu błony śluzowej czy nadmiernego wydzielania gęstego śluzu. Skurcz mięśniówki gładkiej oskrzeli najczęściej stanowi wynik działania czynników uwalnianych z ziarnistości komórek tłuszczowych w reakcji alergicznej, wywołanej przez swoiste przeciwciała IgE lub jest związany z pobudzeniem nerwu błędnego i wolnych zakończeń nerwowych (włókien typu C) przez substancje drażniące występujące w powietrzu. Jeśli czynniki kurczące oskrzela działają odpowiednio długo, dochodzi dodatkowo do zwiększenia liczby komórek mięśni gładkich oskrzeli. Światło oskrzeli, szczególnie tych o małym kalibrze, może być również istotnie zwężone przez obrzęk błony śluzowej związany z naciekami komórek zapalnych. Przewlekły nacieki zapalny i obrzęk prowadzą do przerostu błony śluzowej. Dodatkowo dochodzi do zmiany struktury kolagenu na mniej sprężysty (zjawisko remodelingu, czyli przebudowy ściany oskrzeli) i utrwalenia zwężenia oskrzeli. W niemal każdej chorobie, w której zmiany dotyczą również oskrzeli (astma, POChP, mukowiscydoza), dochodzi do zwiększenia liczby komórek kubkowych produkujących śluz, bardzo często gęsty, który dodatkowo zwęża światło oskrzeli.

Do zwężenia dróg oddechowych może również prowadzić zmniejszenie liczby przyczepów przegród pęcherzykowych do ściany drobnych oskrzelików – jest to obturacja zewnątrz oskrzelowa, czyli płucnopochozna. Drożność oskrzelików, które nie mają elementów chrząstnych, utrzymywana jest głównie dzięki korzystnemu gradientowi ciśnień pomiędzy ich wnętrzem a klatką piersiową. Przyczepy pęcherzyków płucnych, z uwagi na swoją sprężystość, działają jak dodatkowa siła odśrodkowa utrzymująca drożność oskrzeli. Podczas wdechu gradient ciśnienia zawsze jest korzystny – ciśnienie w jamie opłucnej jest niższe niż we wnętrzu oskrzelika. Podczas wydechu dochodzi do odwrócenia różnicy ciśnień. W jamie opłucnej narasta ciśnienie, a sprężynujące przegrody międzypęcherzykowe przyczepione do ściany oskrzelików chronią przed zapadaniem. Fizjologicznie wydech jest fazą bierną, w której nie biorą udziału mięśnie oddechowe, a jedynie siły sprężystości miąższu płuc, nasilające się podczas ich wdechowego rozciągnięcia. Doprowadzają one płuca do pozycji spokojnego wydechu. Przy natężonym wydechu, w wyniku dodatkowego działania mięśni wydechowych, dochodzi do nagłego wzrostu ciśnienia w klatce piersiowej, co powoduje niekorzystny gradient ciśnień, prowadzący do zapadania się części oskrzelików nawet u osób zdrowych. Dlatego pojemność życiowa płuc zmierzona podczas spokojnego manewru głębokiego wdechu i wydechu jest zawsze większa niż natężona pojemność życiowa mierzona podczas takiego samego manewru, ale wykonanego forsownie, z maksymalną siłą. Pojemność płuc jest zależna od drożności oskrzeli. Przy nasilonej obturacji, szczególnie płucnopochoznej, ale i oskrzelopochoznej, dochodzi do zamknięcia części oskrzeli podczas wydechu. Powietrze zostaje uwięzione w płucach i pojemność życiowa mierzona podczas wydechu ulega zmniejszeniu, jednakże nie jest to związane z restrykcją.

Obturacyjny typ zaburzeń wentylacji rozpoznaje się wówczas, gdy następuje nieproporcjonalne zmniejszenie natężonej objętości wydechowej pierwszosekundowej ( $FEV_1$ ) w stosunku do aktualnej pojemności życiowej (VC). Zmniejszenie  $FEV_1$  przy pozornie zmniejszonej pojemności życiowej (zbyt krótki wydech) zachowuje prawidłowe proporcje  $FEV_1/VC$ , co uniemożliwia rozpoznanie obturacji, choć w rzeczywistości ona występuje. Aktualne zalecenia [4] dotyczące wykonywania badania spirometrycznego jednoznacznie określają, że referencyjną metodą pomiaru pojemności życiowej, tak by była ona jak najbliższa rzeczywistej, jest pomiar SVC (*slow vital capacity*) podczas powolnych, maksymalnie pełnych manewrów oddechowych. W trakcie natężonych manewrów w zapisie krzywej przepływ-objętość (najczęściej obecnie



**Ryc. 5.1.** Przekroje oskrzeli: A – osoby zdrowej, B – z obturacją oskrzelopochodną, C – z obturacją płucnopochodną

wykonywany pomiar) otrzymany wynik FVC zwykle jest niższy od VC, a tylko w nielicznych przypadkach równy. Jeśli wartość FVC przewyższa VC, to wynika to z nieprawidłowo wykonanego pomiaru VC. Aby w badaniu natężonym pomiar FVC jak najbardziej odpowiadał realnej pojemności życiowej, niezbędne jest wykonanie jak najdłuższego wydechu. W przypadku, gdy natężony wydech trwa co najmniej 6 s, wartość FVC zazwyczaj odpowiada VC, ale, jeśli jest to możliwe, wydech należy kontynuować.

Największą czułość w rozpoznawaniu obturacji ma wskaźnik  $FEV_1/VC$ .

$$FEV_1/VC < FEV_1/FVC$$

Stopień obturacji rozpoznaje się na podstawie wartości  $FEV_1$ , a nie  $FEV_1/(F)VC$ , ponieważ w cięższych stopniach obturacji dodatkowo dochodzi do zmniejszenia pojemności życiowej i wartość  $FEV_1/(F)VC$  może być bliższa DGN niż w mniej nasilonej obturacji z prawidłową pojemnością życiową.

Odpowiednie przedziały stopni ciężkości obturacji stosuje się w zależności od tego, czy znane jest rozpoznanie kliniczne [4, 5].

#### Obturacja

$$FEV_1/(F)VC < \text{dolnej granicy normy (5. percentyla)}$$

W przypadku astmy:

- ◆ łagodna  $FEV_1 > 80\%$  w.n.,
- ◆ umiarkowana  $FEV_1 79\text{--}60\%$  w.n.,
- ◆ ciężka  $FEV_1 < 60\%$  w.n.

W przypadku POChP:

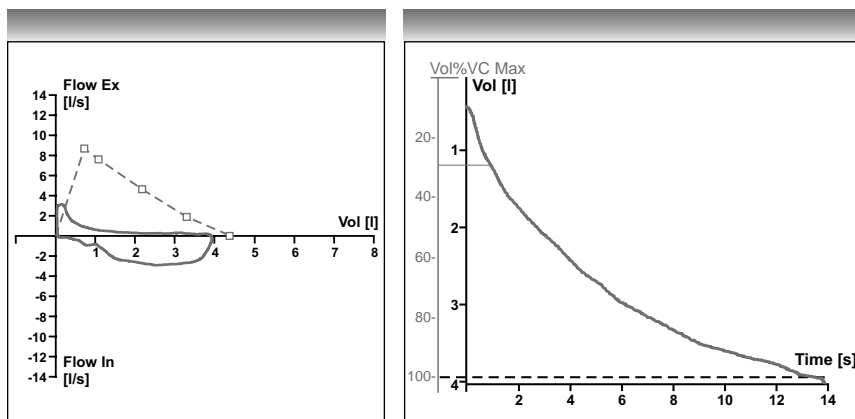
- ◆ łagodna  $FEV_1 > 80\%$  w.n.,
- ◆ umiarkowana  $FEV_1 79-50\%$  w.n.,
- ◆ ciężka  $FEV_1 49-30\%$  w.n.,
- ◆ bardzo ciężka  $FEV_1 < 30\%$  w.n.

W przypadku braku rozpoznania klinicznego:

- ◆  $FEV_1 > 100\%$  w. n. – może być fizjologiczne,
- ◆ łagodna  $FEV_1 < 100 >$  lub  $= 70\%$  w. n.,
- ◆ umiarkowana  $FEV_1 69-60\%$  w. n.,
- ◆ umiarkowanie ciężka  $FEV_1 59-50\%$  w. n.,
- ◆ ciężka  $FEV_1 49-35\%$  w. n.,
- ◆ bardzo ciężka  $FEV_1 < 35\%$  w. n.

Dodatkowego omówienia wymagają zaburzenia przepływu przy małych objętościach płuc, czyli zmniejszenie  $MEF_{50}$  ( $FEF_{50}$ ) czy  $MEF_{25-75}$  ( $FEF_{25-75}$ ), spowodowane zwężeniem drobnych oskrzeli. Jeśli stwierdza się obturacyjny typ zaburzeń wentylacji, wówczas dochodzi również do zmniejszenia tych przepływów i nie należy oddzielnie uwzględniać tego faktu w opisie badania. Jednakże praktyka kliniczna wskazuje, że tego typu zaburzenia, przy prawidłowo technicznie wykonanym badaniu i pozostałych zmiennych spirometrycznych mieszczących się w granicach wartości prawidłowych, mogą na kilka lat wyprzedzać pojawienie się obturacji, szczególnie u osób palących papierosy. Takie zaburzenia przepływu można również stwierdzić u chorych na astmę oskrzelową w okresie zacinza lub na skutek zakażenia. Rozpoznanie zmniejszenia przepływu przy małych objętościach płuc (nieprawidłowy test drobnych oskrzeli) nie może być utożsamiane z rozpoznaniem choroby. Wskazane jest wówczas coroczne badanie kontrolne oraz zalecenie zaprzestania palenia tytoniu. U osób z klinicznym podejrzeniem astmy wskazane jest w tym przypadku wykonanie próby prowokacyjnej.

Poniżej podano kilka przykładów poszczególnych stopni obturacji:

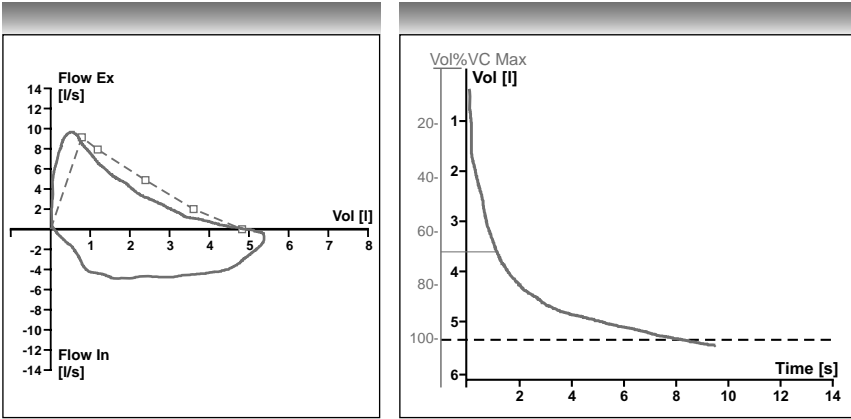


	Pred	Obs	Obs/P [%]
FVC.....[L]	4.39	3.94	89.8
FEV <sub>1</sub> .....[L]	3.51	1.12	31.9
FEV <sub>1</sub> %FVC.....[%]		28.4	
PEF .....[L/s]	8.63	3.29	38.1
FEF 25.....[L/s]	7.57	.770	10.2
FEF 50.....[L/s]	4.65	.340	7.32
FEF 75.....[L/s]	1.85	.220	11.9
FET .....[s]		14.3	

**Ryc. 5.2.** Wynik badania spirometrycznego mężczyzny (54 lata).

Pred – wartość należąca; Obs – wartość uzyskana; Obs/P [%] – wartość uzyskana wyrażona w procencie wartości należącej

FEV<sub>1</sub>/FVC [%] wynosi 28%, co potwierdza obturację, a FEV<sub>1</sub> = 31,9% w. n. upoważnia do rozpoznania bardzo ciężkiego stopnia obturacji. Pojemność życiowa jest prawidłowa. Wydech trwał 14 s. Jeśli wydech zakończyłby się w 7 sekundzie, stwierdzono by również zmniejszenie FVC. Badanie to potwierdza, że czas wydechu w badaniu spirometrycznym musi być maksymalnie długi i powinien wynosić minimum 6 s, a jeśli jest to możliwe, nawet po osiągnięciu tego minimum wydech należy kontynuować.

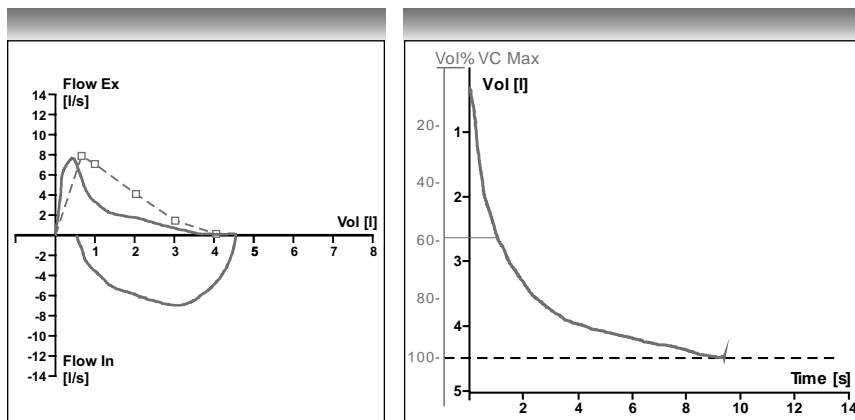


	Pred	Obs	Obs/P [%]
FVC.....[L]	4.79	5.34	111
VC IN .....[L]	5.00	5.24	105
FEV <sub>1</sub> .....[L]	3.83	3.60	94.0
FEV <sub>1</sub> %FVC.....[%]		67.4	
PEF.....[L/s]	9.09	9.72	107
FEF 25 .....[L/s]	7.96	6.31	79.3
FEF 50 .....[L/s]	4.94	2.85	57.7
FEF 75 .....[L/s]	2.06	.630	30.6
FET .....[s]		9.43	

**Ryc. 5.3.** Wynik badania spirometrycznego mężczyzny (52 lata).

Pred – wartość należna; Obs – wartość uzyskana; Obs/P [%] – wartość uzyskana wyrażona w procencie wartości należnej

Wynik badania spirometrycznego wskazuje na obturacyjny zespół zaburzeń sprawności wentylacyjnej płuc łagodnego stopnia. Zmienna FEV<sub>1</sub>/FVC [%] wynosi 67,4%, co u mężczyzny 52-letniego stanowi wynik poniżej dolnej granicy normy i świadczy o obturacji, FEV<sub>1</sub> = 94% w. n., czyli jest prawidłowe, dlatego rozpoznano łagodny jej stopień, polegający na stwierdzeniu dysproporcji pomiędzy aktualną pojemnością życiową a wartością FEV<sub>1</sub>.

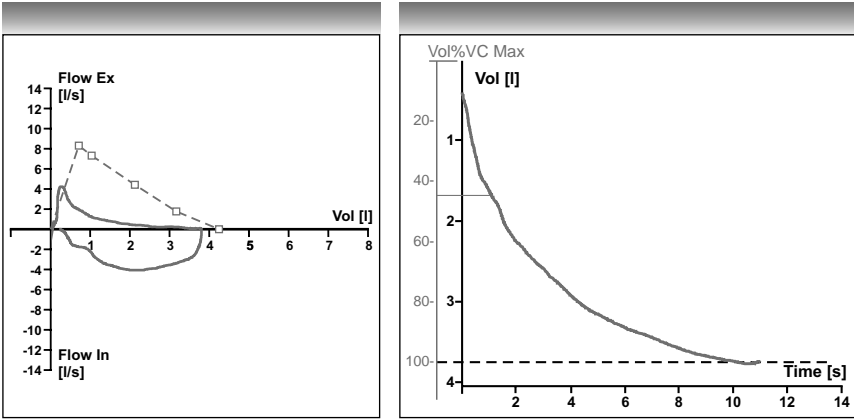


	Pred	Obs	Obs/P [%]
FVC.....[L]	4.00	4.49	112
VC IN .....[L]	4.15	3.96	95.4
FEV <sub>1</sub> .....[L]	3.08	2.60	84.5
FEV <sub>1</sub> %FVC.....[%]		58.0	
PEF .....[l/s]	7.99	7.79	97.5
FEF 25 .....[L/s]	7.14	3.04	42.6
FEF 50 .....[L/s]	4.18	1.55	37.1
FEF 75 .....[L/s]	1.46	.510	34.9
FET .....[s]		9.18	

**Ryc. 5.4.** Wynik badania spirometrycznego mężczyzny (69 lat).

Pred – wartość należna; Obs – wartość uzyskana; Obs/P [%] – wartość uzyskana wyrażona w procencie wartości należnej

Wynik badania spirometrycznego wskazuje na obturacyjny zespół zaburzeń sprawności wentylacyjnej płuc łagodnego stopnia. Za powstanie dysproporcji pomiędzy aktualną pojemnością życiową a FEV<sub>1</sub> odpowiedzialne jest zmniejszenie przepływu w połowie pojemności życiowej płuc.



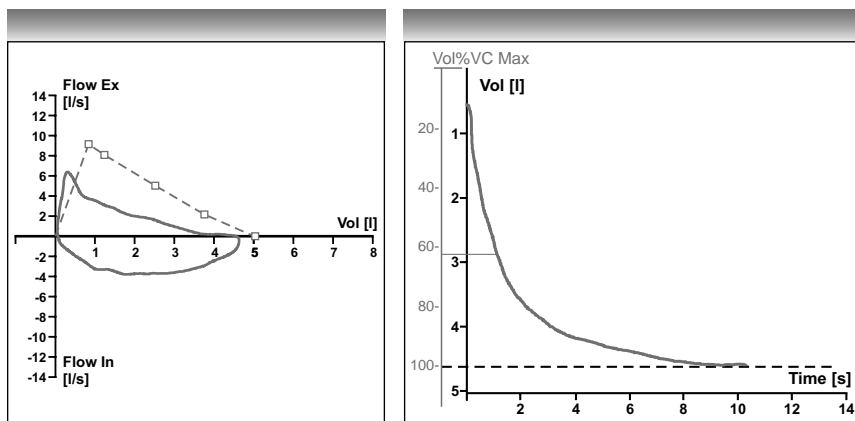
	Pred	Obs	Obs/P [%]
FVC.....[L]	4,67	4.19	89.6
VC IN .....[L]	4.36	3.44	78.8
FEV <sub>1</sub> .....[L]	3.35	1.60	47.7
FEV <sub>1</sub> %FVC.....[%]		42.6	
PEF .....[L/s]	8.41	4.58	54.5
FEF 25 .....[L/s]	7.38	1.47	19.9
FEF 50 .....[L/s]	4.50	.680	15.1
FEF 75 .....[L/s]	1.75	.310	17.8
FET .....[s]		10.7	

**Ryc. 5.5.** Wynik badania spirometrycznego mężczyzny (55 lat).

Pred – wartość należna; Obs – wartość uzyskana; Obs/P [%] – wartość uzyskana wyrażona w procencie wartości należnej

FEV<sub>1</sub>/FVC [%] wynosi 42%, co potwierdza obturację. FEV<sub>1</sub> = 47,7% w. n. upoważnia do rozpoznania ciężkiego jej stopnia. Pojemność życiowa jest prawidłowa.





	Pred	Obs	Obs/P [%]
FVC.....[L]	4.99	4.60	92.1
VC IN .....[L]	5.21	4.62	88.7
FEV <sub>1</sub> .....[L]	3.99	2.75	69.1
FEV <sub>1</sub> %FVC.....[%]		60.9	
PEF .....[L/s]	9.32	6.43	69.0
FEF 25 .....[L/s]	8.15	3.46	42.4
FEF 50 .....[L/s]	5.08	1.84	36.2
FEF 75 .....[L/s]	2.16	.610	28.2
FET .....[s]		10.1	

**Ryc. 5.6.** Wynik badania spirometrycznego mężczyzny (51 lat).

Pred – wartość należąca; Obs – wartość uzyskana; Obs/P [%] – wartość uzyskana wyrażona w procencie wartości należącej

Wynik badania spirometrycznego wskazuje na obturacyjny zespół zaburzeń sprawności wentylacyjnej płuc umiarkowanego stopnia. FEV<sub>1</sub>/FVC [%] wynosi 60,9%, co u mężczyzny 51-letniego świadczy o obturacji, FEV<sub>1</sub> = 69,1% w. n. upoważnia do rozpoznania umiarkowanej obturacji.

Do szybkiej oceny drożności oskrzeli często, szczególnie w praktyce ambulatoryjnej, stosuje się izolowany pomiar szczytowego przepływu wydechowego. Wartość PEF jest zależna od siły mięśni oddechowych i drożności dużych oskrzeli, co stanowi pewne ograniczenie tego pomiaru.

Jeśli badany nie jest w stanie wykonać natężonego wydechu, niezbędnego do prawidłowego przeprowadzenia badania spirometrycznego, można ocenić drożność oskrzeli poprzez wartość oporu oskrzelowego mierzonego w trakcie badania pletyzmograficznego. Opór

oskrzelowy ( $R_{aw}$ ) wylicza się z ciśnienia napędowego występującego w czasie oddychania (pęcherzyki płucne – jama ustna) i przepływu powietrza w drogach oddechowych. U zdrowych dorosłych średnia wartość oporu oskrzelowego wynosi  $0,35 \text{ kPa/L} \times \text{s}^{-1}$  ( $3,5 \text{ cm H}_2\text{O/L} \times \text{s}^{-1}$ ). Oznacza to, że do przepływu wielkości  $1 \text{ L/s}$  konieczne jest ciśnienie napędowe  $0,35 \text{ kPa}$  ( $3,5 \text{ cm H}_2\text{O}$ ) [6,7]. Wielkość oporu dróg oddechowych jest zróżnicowana na poszczególnych poziomach drzewa oskrzelowego. U osób zdrowych najwyższe wartości oporu występują w górnym odcinku dróg oddechowych, najniższe w odcinku obwodowym. Wielkość oporu oskrzelowego jest w dużym stopniu uzależniona od aktualnej objętości płuc. Wielką zaletę badania oporu oskrzelowego stanowi możliwość pomiaru w czasie spokojnego oddychania. Należy podkreślić, że badanie oporu oskrzelowego obejmuje nie tylko wielkość  $R_{aw}$ , ale przede wszystkim zapis pętli ciśnienia pęcherzykowego i przepływu gazu zarejestrowanej w układzie współrzędnych prostokątnych. Wzrost oporu wydechowego jest charakterystyczny dla znacznej utraty sprężystości tkanki płucnej w przebiegu rozedmy.

### **Piśmiennictwo:**

1. Standardization of Spirometry, 1987 Update. Statement of the American Thoracic Society. *Am Rev Respir Dis* 1987; 136: 1285–1298.
2. Standardization of Spirometry, 1994 Update, American Thoracic Society. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152: 1107–1136.
3. Standardized lung function testing. Official Statement of the European Respiratory Society. *Eur Respir J* 1993; 6 (suppl 16): 1–83.
4. Zalecenia Polskiego Towarzystwa Ftyzjopneumonologicznego dotyczące wykonywania badań spirometrycznych. *Pneumonol Alergol Pol* 2006; 74 (supl 1): 1–49.
5. Boros P: Rozpoznawanie obturacji a rozpoznawanie POChP – metoda ta sama, ale inne kryteria. *Pneumonol Alergol Pol* 2002; 70: 343–346.
6. Hughes J.M.B., Pride N.B.: Lung Function Tests. W B Saunders, London 1999.
7. Kowalski J., Koziarowski A., Radwan L.: Ocena czynności płuc w chorobach układu oddechowego. Wydawnictwo Borgis. Warszawa 2004.