

IZBOR SPIROMETRIJSKIH TESTOVA ZA PROCJENU VENTILACIJSKE FUNKCIJE PLUĆA

E. Žuškin, F. Pavičić i B. Kanceljak

*Škola narodnog zdravlja »Andrija Štampar«, Zagreb, Bolnica za tuberkulozu
pluća i plućne bolesti, Jordanovac, Zagreb i Bolnica »Dr J. Kajfeš«, Zagreb*

(Primljeno 4. X 1983)

Prikazani su neki testovi pogodni za kliničko i epidemiološko ispitivanje ventilacijske funkcije pluća. Navedena je relativna vrijednost različitih spirometrijskih parametara za utvrđivanje restriktivnih i opstruktivnih promjena ventilacije. Opisani su osnovni principi ispitivanja i diskutirana evaluacija testova plućne ventilacije.

Posebno je dan pregled aparature najpogodnije za spirometrijsko ispitivanje ventilacijske funkcije pluća.

Ispitivanje funkcije pluća objektivan je način provjere stanja respiracijskog sustava. Poremećaji ventilacije najčešći su primarni defekt i osnova drugih poremećaja ventilacije.

Farmakodinamsko testiranje s bronhodilatatorima odnosno bronhokonstriktorima, bronhalni provokativni testovi sa suspektnim alergenima, kao i ispitivanje pod fizičkim opterećenjem proširuje dijagnostičke mogućnosti spirometrije i omogućuje otkrivanje latentne opstrukcije kao i bronhalne reaktivnosti (1—8). Plućni funkcionalni testovi daju i vrijedne kliničke informacije o reakcijama na primjenu lijekova (9, 10).

Veliko prognostičko značenje ima ponavljanje ventilacijskih testova, posebno onih koji su pri prvom testiranju upućivali na patološke promjene, kao npr. nakon provedene terapije, nakon uklanjanja osobe iz nepovoljne radne sredine ili prestanka pušenja (11—13).

Izbor volumena i protoka, koji su najznačajniji za ocjenu ventilacijske sposobnosti pluća učinjen je prema specifičnosti i osjetljivosti testova za utvrđivanje volumena i protoka zraka, kao i njihovih međusobnih odnosa pogodnih za utvrđivanje restriktivnih i opstruktivnih pore-

mećaja ventilacije pluća ispitanika. Također su izabrani testovi koji služe pretežno za klinička odnosno epidemiološka ispitivanja.

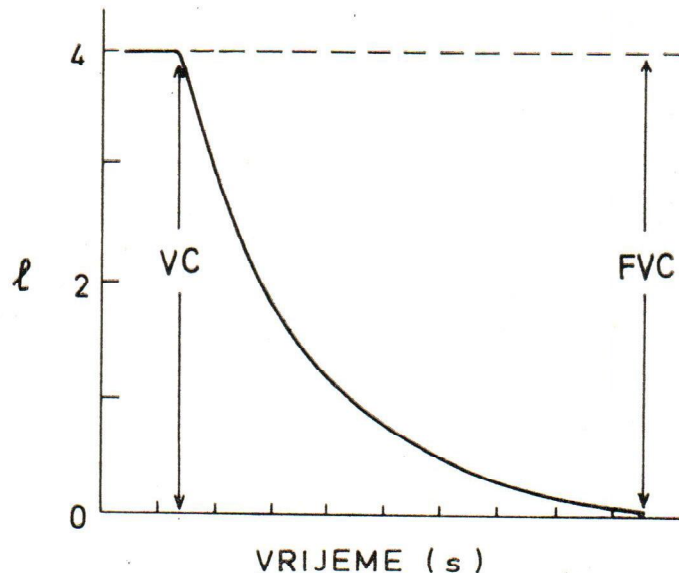
Funkcionalni testovi ventilacije dijele se u statičke, koji nisu vezani uz faktor vremena i daju uvid u volumen zraka u plućima u raznim fazama ventilacije i dinamičke, koji su vezani uz faktor vremena i upućuju na prohodnost dišnih putova.

TESTOVI ZA OTKRIVANJE RESTRIKTIVNIH SMETNJA VENTILACIJE

Vitalni kapacitet je volumen zraka koji se može maksimalno izdahnuti nakon maksimalnog udisaja. Vitalni kapacitet se ubraja u statičke testove ventilacije (slika 1).

Postoje dvije metode registriranja vitalnog kapaciteta: standardni — polagani vitalni kapacitet (VC) — maksimalni polagani udisaj i maksimalni polagani potpuni izdisaj i forsirani vitalni kapacitet (FVC) — maksimalni polagani udisaj i maksimalni brzi i potpuni izdisaj.

Standardni vitalni kapacitet (VC) može se odrediti na dva načina: inspiratorni vitalni kapacitet (VC_I) — maksimalni ekspirij s nivoa mirnog disanja i nakon toga maksimalni inspirij i ekspiratorni vitalni kapacitet (VC_E) — maksimalni inspirij s nivoa mirnog disanja i nakon toga maksimalni ekspirij.



Sl. 1. Krivulja forsiranog ekspiograma koja pokazuje forsirani vitalni kapacitet (FVC). Prikazan je i standardni — polagani vitalni kapacitet (VC).

Preporučuje se izvođenje VC i FVC, budući da se polaganom metodom u osoba s opstruktivnim smetnjama dobiju objektivnije vrijednosti vitalnog kapaciteta. To je vjerojatno zbog toga što se u tih osoba tijekom forsirane ekspiracije povećava intrapleuralni tlak koji dovodi do kolapsa, odnosno do preranog zatvaranja dišnih putova (14).

U slučaju opstrukcije dišnih putova veće vrijednosti se dobiju inspiratornim načinom određivanja vitalnog kapaciteta (15).

Prednost određivanja FVC je u tome što se iz registrirane krivulje forsiranog ekspiriraja može analizirati i više dinamičkih testova ventilacije.

Kao funkcionalni parametar restriktivnih smetnja ventilacije služi i totalni plućni kapacitet (TLC). Kod »čistih« restriktivnih smetnja ventilacije VC i TLC su smanjeni. Određivanje samo VC u većini slučajeva nije dovoljno, jer VC može biti smanjen i kod opstruktivnih smetnja ventilacije, zbog povećanog rezidualnog volumena (RV) uz normalan ili povećan TLC.

TESTOVI ZA OTKRIVANJE OPSTRUKTIVNIH SMETNJA VENTILACIJE

Početni oblici opstruktivnih smetnji ventilacije, tj. povećanje otpora zračnoj struji u dišnim putovima počinje uglavnom u malim dišnim putovima (unutarnjeg promjera do 2 mm) koji zbog svoje ogromne površine čine najveći dio bronhalnog sustava.

Mali dišni putovi sudjeluju u ukupnom bronhalnom otporu mnogo više ukoliko osoba diše pri malim plućnim volumenima (tj. bliže položaju rezidualnog volumena). Pri maksimalnom plućnom volumenu mali dišni putovi gotovo ništa ne doprinose ukupnoj bronhalnoj rezistenciji.

Budući da se promjene otpora na različitim razinama bronhalnog sustava ne mogu odrediti istim testovima ventilacije, odvojeno navodimo testove za registriranje opstruktivnih smetnji ventilacije u većim i manjim dišnim putovima.

Testovi za otkrivanje promjena u većim dišnim putovima

1. Forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi (FEV_1) — najveći volumen zraka koji se maksimalno brzo izdahne iz maksimalnog inspiratornog položaja u 1. sekundi.

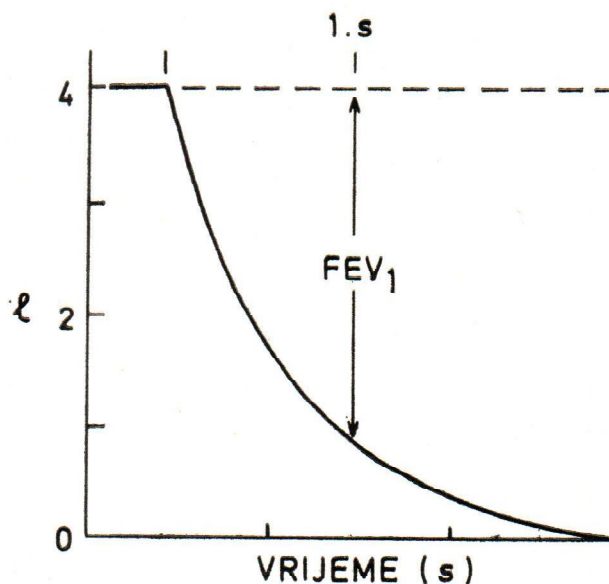
2. Tiffeneauov indeks ($FEV_1/VC \times 100$)

Postoje varijante izvođenja FEV_1 , ali nisu našle širu primjenu u rutinskoj kliničkoj praksi. To su:

3. Relaksirani forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi ($RFEV_1$) — volumen zraka koji se nakon maksimalnog udisaja izdahne u toku normalnog ekspiriraja.

4. Forsirani ekspiratorni volumen iz položaja normalne ekspiracije, tj. funkcionalnog rezidualnog kapaciteta (end-tidal FEV_1) — volumen zraka koji se maksimalno brzo izdahne iz položaja normalne ekspiracije.

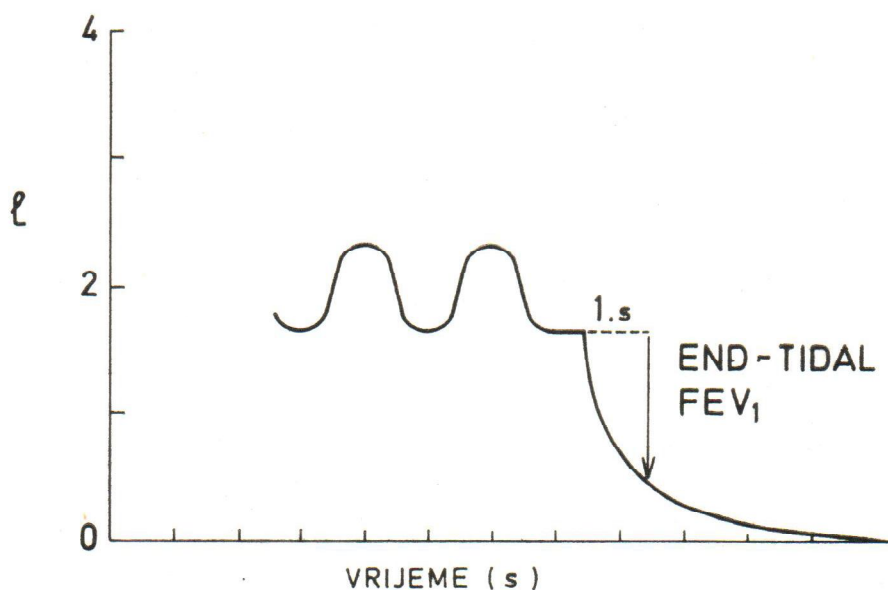
Slika 2. prikazuje krivulju forsiranog ekspiririja s određivanjem FEV_1 , a slika 3. prikazuje određivanje end-tidal FEV_1 .



Sl. 2. Krivulja forsiranog ekspiograma koja pokazuje forsirani ekspiratorni volumen u 1. sekundi (FEV_1)

FEV_1 se za sada još uvijek najčešće upotrebljava za utvrđivanje rasprostranjenih opstruktivnih bolesti dišnih putova, za utvrđivanje reakcija na bronhodilatatore, kao i za probir (screening) osoba s početnim simptomima i znakovima opstruktivnih smetnja ventilacije. Međutim, treba naglasiti da FEV_1 nije dovoljno osjetljiv test za utvrđivanje ranih opstruktivnih promjena (18).

Neki autori preporučuju $RFEV_1$ kao bolji test od FEV_1 za utvrđivanje djelotvornosti bronhodilatatora (19), a end-tidal FEV_1 kao mnogo osjetljiviji od FEV_1 za utvrđivanje početnih opstruktivnih promjena pušača u usporedbi s nepušačima (20).



Sl. 3. Krivulja forsiranog ekspirija sa nivoa normalne ekspiracije koja pokazuje end-tidal FEV_1

Testovi za otkrivanje promjena u manjim dišnim putovima

1. Testovi na krivulji forsiranog ekspirija:

a) Maksimalni ekspiratorni protok između 25–75% FVC ($FEF_{25-75\%}$) — prosječni protok ekspiratorne zračne struje između 25% i 75% izdahnutog FVC.

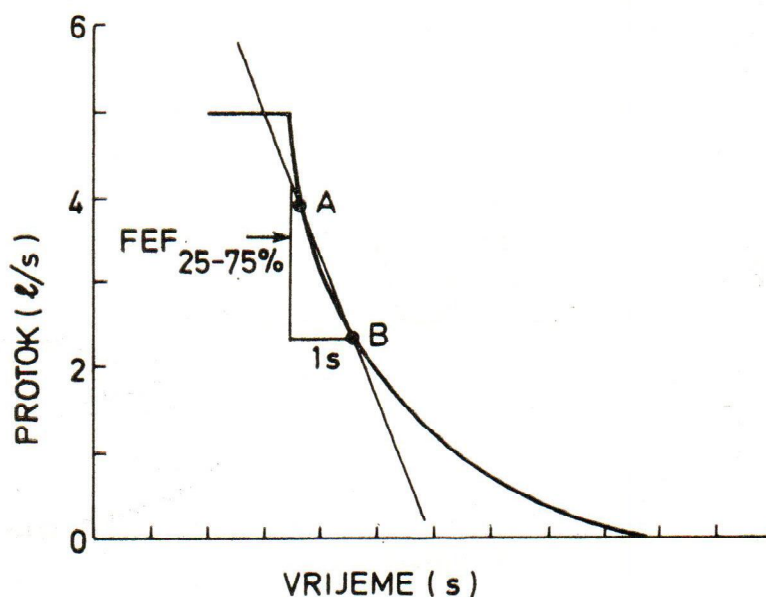
b) Maksimalni ekspiratorni protok između 75%–85% FVC ($FEF_{75-85\%}$) — prosječni protok ekspiratorne zračne struje između 75% i 85% izdahnutog FVC.

Krivulja forsiranog ekspirija s određivanjem $FEF_{25-75\%}$ prikazana je na slici 4, a s određivanjem $FEF_{75-85\%}$ na slici 5.

$FEF_{25-75\%}$ reflektira promjene u manjim dišnim putovima, tj. ne uključuje brzi protok u gornjim dijelovima ekspiratorne krivulje, ali reflektira protok u malim dišnim putovima (14).

2. Testovi na krivulji maksimalni ekspiratorni protok-volumen (registracija volumena zraka i pripadajuće zračne struje ili protoka)

a) Maksimalni ekspiratorni protok pri 75% VC (FEF_{75}) — maksimalni ekspiratorni protok pri 75% izdahnutog vitalnog kapaciteta nakon maksimalnog udisaja.



Sl. 4. Određivanje maksimalnog ekspiratornog protoka između 25–75% vitalnog kapaciteta ($FEF_{25-75\%}$) na krivulji forsiranog ekspirija

b) Maksimalni ekspiratorni protok pri 50% VC (FEF_{50}) — maksimalni ekspiratorni protok pri 50% izdahnutog vitalnog kapaciteta nakon maksimalnog udisaja

c) Maksimalni ekspiratorni protok pri 25% VC (FEF_{25}) — maksimalni ekspiratorni protok pri plućnom volumenu kada je izdahnuo 75% VC odnosno pri zadnjih 25% VC nakon maksimalnog udisaja.

Slika 6. prikazuje krivulju maksimalni ekspiratorni protok-volumen s određivanjem protoka pri 75%, 50% i 25% vitalnog kapaciteta.

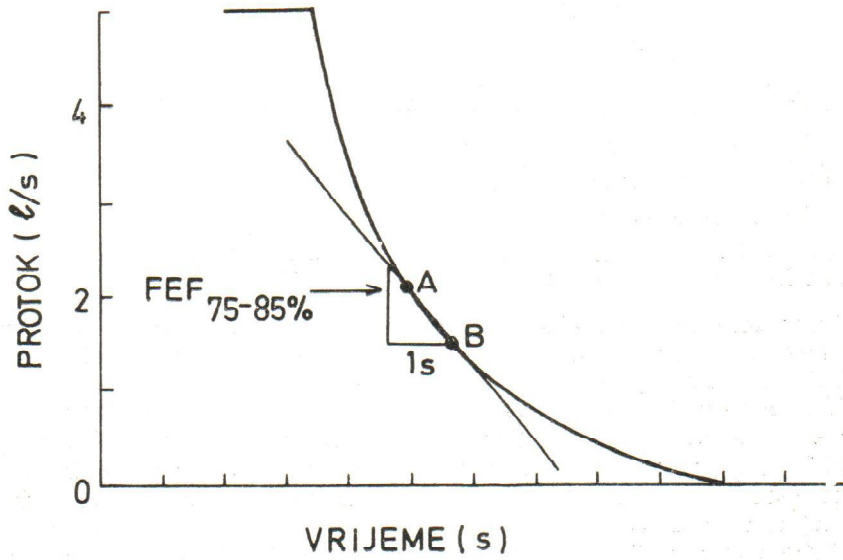
Usprkos osjetljivosti, protok između 25–75% i 75–85% na krivulji forsiranog ekspirija, kao i protoci pri 50% i 25% na krivulji maksimalni i parcijalni ekspiratorni protok-volumen pokazuju relativno veliku varijabilnost unutar populacije, na što treba misliti pri evaluaciji rezultata testova u odnosu na preporučene normalne vrijednosti (21, 22).

IZBOR TESTOVA VENTILACIJE

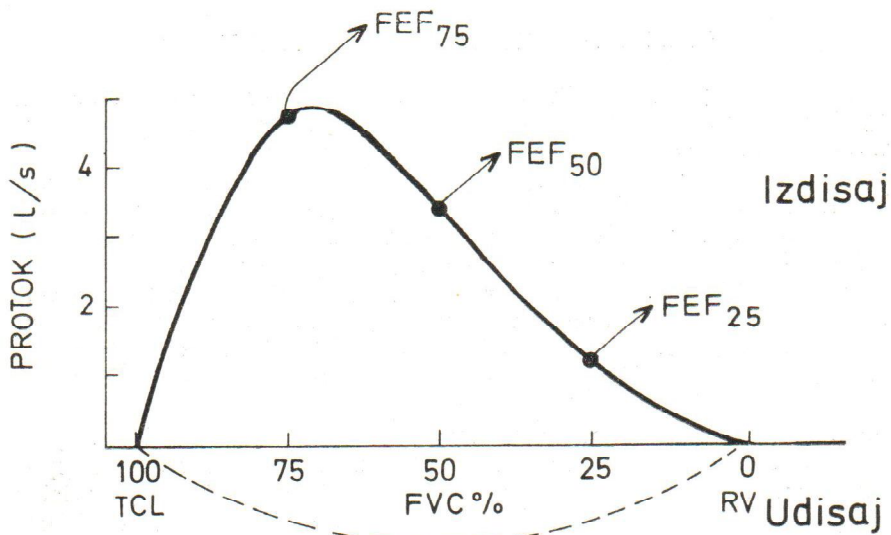
1. Testovi za klinička ispitivanja

a) Početne promjene:

$FEF_{25-75\%}$, $FEF_{75-85\%}$, FEF_{75} , FEF_{50} , FEF_{25}



Sl. 5. Određivanje maksimalnog ekspiratornog protoka između 75—85% vitalnog kapaciteta ($FEF_{25-75\%}$) na krivulji forsiranog ekspirija



Sl. 6. Krivulja maksimalni ekspiratorni protok-volumen sa određivanjem protoka pri 75%, 50% i zadnjih 25% vitalnog kapaciteta (FEF_{75} , FEF_{50} , FEF_{25})

b) uznapredovale promjene:

VC, FVC, FEV₁

2. Testovi za epidemiološka ispitivanja

a) akutne promjene:

FEF_{25-75%}, FEF_{75-85%}, FEF₇₅, FEF₅₀, FEF₂₅

b) Kronične promjene:

VC, FVC, FEV₁, FEF_{25-75%}; mogu se iskoristiti i druge promjene protoka kao i krivulja protok-volumen i parametri koji se iz nje izvode.

Smatramo da test maksimalne minutne ventilacije (MMV) nema vrijednost u kliničkoj praksi jer je odraz više faktora u poremećaju ventilacijske funkcije pluća.

Također smatramo da test maksimalne srednje brzine ekspiracije između početnih 200—1200 ml na krivulji forsirane ekspiracije (FEF₂₀₀₋₁₂₀₀) nije vrijedan test jer se odnosi na protok pri velikim plućnim volumenima s maksimalno dilatiranim dišnim putovima, zbog čega je taj test ovisan o naporu koji ispitanik ulaže pri ispitivanju (14).

Dišni volumen (TV) i frekvencija (f) mjere se još uvijek u odjelima intenzivne njege. Mjerenje izoliranog maksimalnog ekspiratornog zračnog protoka prikladno je u svakodnevnom praktičnom radu u ambulanti i uz krevet bolesnika, a naročito za ocjenu djelotvornosti bronhodilatatora (23).

EVALUACIJA SPIROMETRIJSKIH TESTOVA

Postavlja se pitanje koliko mjerenja treba izvršiti i koju vrijednost registriranog testa prikazati za rezultat. Prema nekim autorima preporučuju se tri zadovoljavajuća mjerenja i konačnu vrijednost treba izraziti najboljim testom od tri mjerenja (24—26). Ispitivati se može u sjedećem ili stojećem položaju, s nosnom štipaljkom ili bez nje (24), ovisno o tome da li se mjeri u otvorenom ili zatvorenom sistemu.

U preporukama Američkog torakalnog društva o standardizaciji spirometrijskog ispitivanja opisani su postupci za registriranje testova ventilacijske funkcije pluća kao i osjetljivost pojedinih testova za utvrđivanje određenih promjena u kliničkim i epidemiološkim ispitivanjima (26). *Higgins i Keller* (27) preporučuju za epidemiološka ispitivanja testove: FVC, FEV₁, FEV₁/FVC i FEF₅₀ kao osjetljive parametre za diferenciranje osoba s kroničnim respiratornim simptomima ili bolestima i bez njih.

U evaluaciji rezultata spirometrijskih testova treba uzeti u obzir spol, dob i visinu ispitivane osobe budući da ventilacijska funkcija ovisi o tim parametrima. Spirometrijski testovi se mogu interpretirati: 1. uzimajući ispitanika kao svoju vlastitu kontrolu ili 2. uspoređujući ispitanika s »normalnom« populacijom (24). Ispitanik kao vlastita kontrola točniji je i osjetljiviji pokazatelj nastalih promjena nego uspoređivanje

s normalnim vrijednostima. Koeficijent varijacije unutar ispitanika iznosi 4% do 6% za FVC a oko 14% unutar populacije. Budući da je normalni godišnji pad u ventilaciji vrlo malen (npr. oko 25 ml/god. za FVC i do 30 ml/god. za FEV₁), da bi se utvrdile abnormalnosti, pad mora biti velik ili ispitanika treba pratiti dulje vrijeme (24, 25). U sadašnjim uvjetima pokazalo se najopravdanije uspoređivanje izmjerene vrijednosti s podacima odgovarajuće populacije (28—31).

Uz anamnestičke podatke i fizikalni nalaz, spirometrijsko ispitivanje omogućuje pravovremeno postavljanje dijagnoze, primjenu odgovarajuće terapije i ispravnu procjenu ventilacijske sposobnosti.

APARATURA ZA MJERENJE VENTILACIJSKE FUNKCIJE PLUĆA

Od aparata za spirometrijsko ispitivanje ventilacijske funkcije pluća pokazali su se prikladnim »vodeni spirometri« tipa Bernstein, Pulmonet tvrtke Godart, spirometar tvrtke Collins, ili Odelft. »Suhi« spirometri pokazali su se naročito prikladnim za epidemiološka ispitivanja. To su npr. »Pulmonor« (Jones Medical Instrumentation Corp.), »Vitalograf« (Vitalograph Medical Instrumentation) ili »Vicatet« (Mijnhardt). Navedeni spirometri registriraju krivulju forsiranog ekspirija.

Za registriranje krivulje protoka i volumena služe elektronski spirometri koji integriraju protok zraka (Pneumoscreen tvrtke Jaeger, Spirotron tvrtke Draeger i drugi).

Za registriranje maksimalne brzine ekspiracije može se upotrijebiti aparat po Wrightu.

Aparatura kojom se registrira krivulja spirograma ima prednost pred aparaturom na kojoj se direktno na skali očitavaju vrijednosti, jer se na taj način omogućuje kontrola i praćenje izvođenja testa, mogu se uočiti promjene u obliku krivulje i bolje pratiti suradnja ispitanika.

Literatura

1. Kang, B., Townley, R. G., Lee, C. K., Miller-Kolotkin, B.: Bronchial reactivity to histamine before and after sodium cromoglycate in bronchial asthma. *Br. Med. J.*, 1 (1976) 867.
2. Murray, A. B., Ferguson, A. C.: A comparison of spirometric measurements in allergen bronchial challenge testing. *Clin. Allergy*, 11 (1981) 87.
3. Chatham, M., Bleecker, E. R., Smith, P. L., Rosenthal, R. R., Mason, P., Norman, P. S.: A comparison of histamine, methacholine, and exercise airway reactivity in normal and asthmatic subjects. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 126 (1982) 235.
4. Townley, R. G., Bewtra, A. K., Nair, N. M., Brodkey, F. D., Watt, G. D., Burke, B. S.: Methacholine inhalation challenge studies. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 64 (1979) 569.
5. Boushey, H. A., Holtzman, M. J., Sheller, J. R., Nadel, J. A.: Bronchial hyperreactivity. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 121 (1980) 389.

6. Kanceljak-Macan, B., Paleček, I., Čvorišćec, B., Tuđman, Z.: Ispitivanje specifične bronhalne preosjetljivosti kod alergijskih bolesti respiratornog trakta. Lij. vjes., 105 (1983) 43.
7. Godfrey, S.: Exercise induced asthma. Allergy, 33 (1978) 229.
8. Silverman, M., Andrea, T.: Time course of effect of disodium cromoglycate on exercise induced asthma. Arch. Dis. Child., 47 (1972) 419.
9. Sherter, C. B., Connolly, J. J., Schilder, D. P.: The significance of volume-adjusting the maximal midexpiratory flow in assessing the response to a bronchodilator drug. Chest, 73 (1978) 568.
10. Tittner, M. R., Tashkin, D. P., Calvarese, B., Bautista, M.: Acute bronchial and cardiovascular effects of increasing doses of pirbuterol acetate aerosol in asthma. Ann. Allergy, 48 (1982) 14.
11. Bouhuys, A.: Pulmonary function measurements in epidemiological studies. Bull. Physio-Pathol. Respir., 6 (1970) 561.
12. Žuškin, E., Harambašić, H.: Ispitivanje ventilacijske funkcije pluća u procjeni radne sposobnosti. Lij. vjes., 103 (1981) 260.
13. Žuškin, E., Valić, F., Šarić, M.: Evaluacija rezultata testova ventilacijske funkcije pluća za potrebe medicine rada. Arh. hig. rada toksikol., 28 (1977) 55.
14. Avery, W. G.: Maximizing spirometry in reversible airways diseases. Ann. Allergy, 47 (1981) 410.
15. Hutchinson, D. C. S., Barter, C. E., Martell, N. A.: Errors in the measurements of vital capacity. Thorax, 28 (1973) 584.
16. Pride, N. B.: Analysis of forced expiration — a return to the recording spirometer. Thorax, 34 (1979) 144.
17. Sobol, B. J.: A method of assuring maximal flow in forced expiratory maneuvers. Chest, 64 (1973) 472.
18. Sobol, B. J., Park, S. S., Emirgil, C.: Relative value of various spirometric tests in the early detection of chronic obstructive pulmonary disease. Am. Rev. Respir. Dis., 107 (1973) 753.
19. Tandon, M. K., Campbell, A. H.: The relaxed expiratory volume and forced inspiratory volume after bronchodilators. Br. J. Dis. Chest, 64 (1970) 73.
20. Lim, T. P. K.: Airway obstruction among high school students. Am. Rev. Respir. Dis., 108 (1973) 985.
21. Black, L. F., Offord, K., Hyatt, R. E.: Variability in the maximal expiratory flow volume curve in asymptomatic smokers and in nonsmokers. Am. Rev. Respir. Dis., 110 (1974) 282.
22. Hyatt, R. E., Black, L. F.: The flow-volume curve. Am. Rev. Respir. Dis., 107 (1973) 191.
23. Wright, B. M., McKerrow, C. B.: Maximum forced expiratory flow rates as a measure of ventilatory capacity with a description of a new portable instrument for measuring it. Br. Med. J., 2 (1959) 1041.
24. American Thoracic Society: Surveillance for respiratory hazards. ATS News, Winter (1982) 12.
25. Solomon, D. A.: Clinical significance of pulmonary function tests. Chest, 74 (1978) 567.
26. American Thoracic Society: ATS Statement — Snowbird workshop on standardization of spirometry. Am. Rev. Respir. Dis., 119 (1979) 831.
27. Higgins, M. W., Keller, J. B.: Seven measures of ventilatory lung function. Am. Rev. Respir. Dis., 108 (1973) 258.
28. CECA: Aide-memoire pour la pratique de l'examen de la fonction ventilatoire par la spirometric, Luxemburg, 1971.

29. Cherniack, R. M., Raber, M. B.: Normal standards for ventilatory function using an automated wedge spirometer. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 106 (1972) 38.
30. Morris, J., Koski, A., Johnson, L. C.: Spirometric standards for healthy nonsmoking adults. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 103 (1971) 57.
31. Morris, J., Koski, A., Breese, J. E.: Normal values and evaluation of forced end-expiratory flow. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 11 (1975) 755.

Summary

SELECTION OF SPIROMETRIC TESTS IN EVALUATION OF VENTILATORY CAPACITY

Tests for clinical and epidemiological studies of ventilatory capacity are presented. Relative value of various spirometric parameters in detection of restrictive and obstructive ventilatory changes is illustrated. The methodology for ventilatory capacity assessment is described. Evaluation of spirometric tests is discussed. Instruments for lung function testing are also reviewed.

»Andrija Štampar« School of
Public Health, Zagreb, Clinical
Hospital for Pulmonary Tuberculosis
and the Diseases of the Lungs,
Jordanovac, Zagreb and
»Dr J. Kajfeš« General Hospital,
Zagreb

*Received for publication
October 4, 1983*