

ZNAČENJE ODREĐIVANJA PLUĆNIH VOLUMENA
I PROTOKA U PROCJENI VENTILACIJSKE
FUNKCIJE PLUĆA

F. Pavičić

Klinička bolnica za plućne bolesti Jordanovac, Zagreb

(Primitljeno 20. X 1983)

Prikazano je značenje određivanja pojedinih testova ventilacije u kliničkom i epidemiološkom ispitivanju te njihovo vrednovanje s kritičkim osvrtom na normalne vrijednosti. Izneseni su i vlastiti rezultati i uspoređeni s referentnim vrijednostima drugih autora.

Posebno je evaluirana vrijednost pojedinog testa u otkrivanju početnih i uznapredovalih poremećaja plućne ventilacije.

Niti jedan test namijenjen ispitivanju ventilacijske funkcije pluća ne zadovoljava potpuno. Uvid u funkcionalno stanje ovog dijela respiracije omogućen je tek primjenom većeg broja testova i analizom njihovih rezultata.

Danas, nakon više od 130 godina, otkako je 1846. *Hutchinson* (1) prvi izmjerio vitalni kapacitet (VC), ili više od 30 godina otkako su 1947. *Tiffeneau i Pinelli* (2) odredili veličinu forsiranog ekspiracijskog volumena u prvoj sekundi izdisaja (FEV_1), *Leuallen i Fowler* (3) 1955. godine utvrdili vrijednost srednjeg protoka forsiranog ekspiriraja (FEF_{25-75}), a 1960. godine *Hyatt i Fry* (4) analizirali odnos tlaka protoka i volumena pluća (krivulja Flow-volume), nakon uvođenja brojnih novih i kompliciranih testova, ponovno se vraćamo ovim izvornim i jednostavnim pokazateljima, koji nam uz dobru suradnju ispitanika i ispitivača pružaju dovoljno objektivnih podataka za procjenu ventilacijske funkcije pluća.

Utvrđivanje volumena i protoka zraka te njihovih međusobnih odnosa najznačajniji su parametri kliničke dijagnostike i epidemioloških ispitivanja ventilacijske sposobnosti ispitanika, ako se primijene kriteriji ATS (5) u kojima su sadržana pravila za procjenu normalnog stanja, restriktivnih, opstruktivnih i kombiniranih poremećaja ventilacije, kao i njihovog stupnjevanja u poremećaju lakog, srednjeg i teškog stupnja (6, 7).

Da bismo mogli ocijeniti rezultate mjerenja, najprije moramo utvrditi normalne vrijednosti protoka i volumena, prema spolu, dobi i visini tijela ispitanika, u uvjetima BTPS (body temperature, pressure, saturated) i njihovu korekciju prema STPD (standardna temperatura 0 °C, atmosferski tlak 101,3 kPa i bez vodene pare).

Veoma je teško odlučiti koje su od referentnih vrijednosti, opisanih u literaturi, najprihvatljivije za našu populaciju. Najčešće upotrebljavane norme ventilacijskih testova u Americi i Evropi (8) su nazvane po autorima (Baldwin, Kory, Morris, Cotes) i CECA.

Sekulić i Slavković (6) su 1962. godine, na Simpoziju posvećenom problemima respiratorne fiziologije i patofiziologije u Golniku izložili rezultate vlastitih mjerenja ventilacijskih funkcija 2 041 ispitanika i njihovu usporedbu s referentnim vrijednostima CECA norma (10) i zastupali opravdanost upotrebe evropskih normi i za našu populaciju. Upotreba različitih referentnih vrijednosti, uobičajena u svijetu i u nas, otežava pa i onemogućuje usporedbu dobivenih rezultata mjerenja. Nesumnjivo najbolja norma za svakog pojedinog ispitanika, dobila bi se utvrđivanjem ventilacijskih parametara prije pojave bolesti, korigirana u odnosu na vrijeme proteklo od tog testiranja do sadašnjih mjerenja, što iz razumljivih razloga najčešće nije moguće. Stoga preporučujemo primjenu referentnih vrijednosti CECA, pri čemu odstupanja niža za 2 standardne devijacije od očekivane srednje vrijednosti s obzirom na spol, dob i visinu ispitanika, smatramo patološkim.

U daljnjem slijedu prikazujemo vrednovanje pojedinih testova.

Vitalni kapacitet (VC)

Izmjereni VC uspoređuje se s CECA normama, a umanjnost za više od 20% referentne vrijednosti smatra se patološkom. Ako je VC smanjen, postoje restriktivne smetnje ventilacije, a to znači da je respiratorna površina smanjena, odnosno poremećeno širenje pluća.

Restriktivne smetnje ventilacije nastaju najčešće zbog promjena u plućnom parenhimu (upale, tumori, fibroze, emfizem i resekcije), zatim u pleuri (priraslice, izljevi, zrak), u dišnim mišićima (neuromuskularne bolesti), u koštanoj sistemu (deformiteti i prijelomi) te zbog pretilosti i graviditeta. Te smetnje često ne prave bolesniku veće teškoće disanja, a ako ne dolazi do poremećenog odnosa ventilacije i cirkulacije, ostaju stacionarne. Tako bolesnik s odstranjenim jednim plućnim krilom može dobro disati ako su mu ventilacijsko-perfuzijski odnosi na zdravoj strani očuvani.

Smanjen VC u odnosu na referentnu vrijednost može se graduirati u lakši stupanj (80—65% referentne vrijednosti), srednji stupanj (65—50%) i teži stupanj (manje od 50% referentne vrijednosti).

U procjeni značenja smanjenog vitalnog kapaciteta valja uzeti u obzir zanimanje ispitanika (sportaš, fizički radnik, službenik), biološke ka-

rakteristike njegova radnog mjesta (onečišćenja zraka, oscilacije temperature, vlage i tlaka zraka, izloženost atmosferskim nepogodama, ekspozicija infekciji itd.), kao i možebitno poznavanje vrijednosti ranijih mjerenja (na primjer, ako je ispitanik pri ranijem mjerenju imao VC iznad očekivane norme, a sada mu je umanjen za 30%, smatra se patološkim iako spada u granice normalnih vrijednosti za njegovu dob, spol i visinu tijela). Za pravilnu interpretaciju nalaza VC, dragocjeni su podaci o preboljenim bolestima, osobito u posljednjih mjesec dana, načinu liječenja, kliničkoj slici sadašnjeg stanja, te uvid u nalaze ostalih pretraga, osobito radioloških.

Forsirani vitalni kapacitet (FVC)

Vrijednosti FVC zdravih ispitanika iste su kao i VC. Bolesnici s kroničnim bolestima pluća imaju FVC manji od VC, jer pri snažnom ekspiriju uslijed dinamičke kompresije malih dišnih putova povišenim intrapleuralnim tlakom, dolazi do zadržavanja zraka u plućima. Zbog toga je za sigurno utvrđivanje restriktivnih smetnja ventilacije potrebno odrediti uz VC i TLC (oba su parametra smanjena), jer bolesnici s opstruktivnim smetnjama ventilacije mogu imati smanjen VC uz normalan ili povećan TLC, a na račun povećanog RV. Vrednovanje je isto kao i za VC.

Forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi (FEV₁)

Najčešće je primjenjivan test u mjerenju plućne funkcije, kojim otkrivamo opstrukciju strujanja zraka u velikim i malim dišnim putovima. Njegova vrijednost izražava se u litrama. Izmjerene vrijednosti uspoređuju se s CECA normama, a smanjenje za više od 20% referentne vrijednosti smatra se patološkim.

Opstruktivne smetnje ventilacije nastaju zbog opstrukcije u dišnim putovima različitog uzroka (spazma mišića, edema sluznice, prevelikog stvaranja ljepljivog sekreta, oštećene elastičnosti bronha i tumora).

Ove smetnje dominiraju kod kroničnog opstruktivnog bronhitisa, astme, sekundarnog kroničnog opstruktivnog emfizema pluća i kronične opstruktivne bolesti pluća.

Za razliku od restriktivnih smetnja ventilacije, opstruktivne smetnje progrediraju i prognostički su nepovoljne, jer često dovode do stvaranja plućne hipertenzije i kroničnog plućnog srca.

Smanjene vrijednosti FEV₁ mogu se stupnjevati u one:

- a) lakog stupnja (75—60% referentne vrijednosti),
- b) srednjeg stupnja (60—45% referentne vrijednosti),
- c) teškog stupnja (manje od 45% referentne vrijednosti).

Međutim, FEV_1 može biti smanjen kad je umanjen i VC, pa tada na osnovi odnosa FEV_1 prema VC ($FEV_1/VC^{0/0}$) otkrivamo da li postoji ili ne postoji opstruktivni poremećaj ventilacije. Ako je taj odnos manji od graničnih vrijednosti navedenih u tablicama, smatra se patološkim.

Tiffeneauov indeks ($FEV_1/VC^{0/0}$)

Izračunati Tiffeneauov indeks uspoređuje se s referentnim vrijednostima po CECA normama. Smanjenje ovog indeksa upozorava na opstruktivne smetnje ventilacije. Dobivene vrijednosti mogu se graduirati u opstruktivne smetnje lakšeg stupnja (više od 60%), srednjeg stupnja (60—45%) i teškog stupnja (manje od 45%).

Posljednjih godina respiratorni patofiziolozi nastoje uspostaviti testove za otkrivanje početnih oblika opstruktivnih bolesti dišnih putova, kada su promjene još reverzibilne i dostupne liječenju.

Danas raspoložemo nizom funkcionalnih testova, koji upućuju na početne promjene u malim dišnim putovima (bronhi do 2 mm), koje ni jednom drugom dijagnostičkom metodom ne možemo otkriti. To su maksimalni ekspiratorni protoci (11—21).

Forsirani ekspiratorni protok između 25% i 75% forsiranog vitalnog kapaciteta ($FEF_{25-75\%}$)

Test se izvodi isto kao FVC i FEV_1 . Izmjerene vrijednosti izražavaju se u litrama, a uspoređuju se s normama po Cherniacku. Rezultati manji od 70% referentnih vrijednosti smatraju se patološkim.

Snižene vrijednosti upozoravaju na promjene malih dišnih putova koje u zdravih ne postoje. To je dobar skrining test za praćenje dinamike opstruktivnih bolesti i djelovanja terapije. Nedostatak je ovoga testa u nedovoljno pouzdanim referentnim vrijednostima normala, zbog velikih raspona.

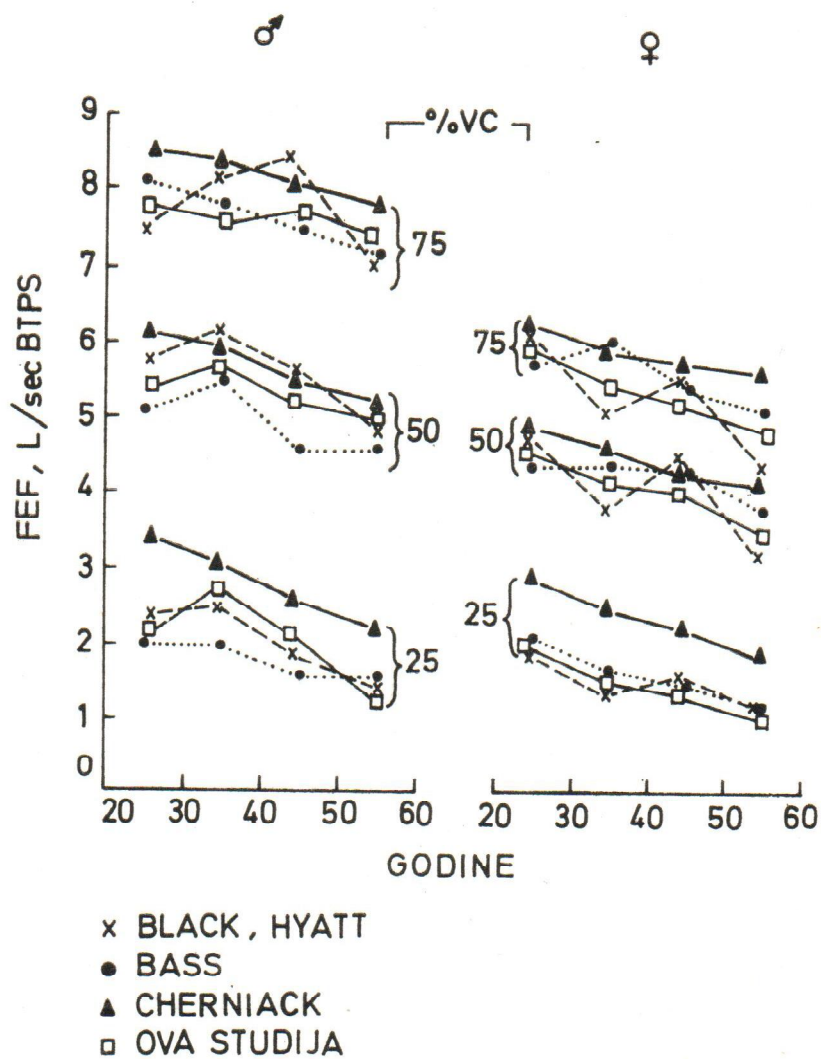
Najveći ekspiratorni protok u toku forsiranog ekspirija, nakon maksimalnog inspirija (PEF)

Ovaj test označava protok zraka u početnom dijelu ekspirija, tj. iz velikih dišnih putova i ovisan je o snazi ekspiratornih mišića.

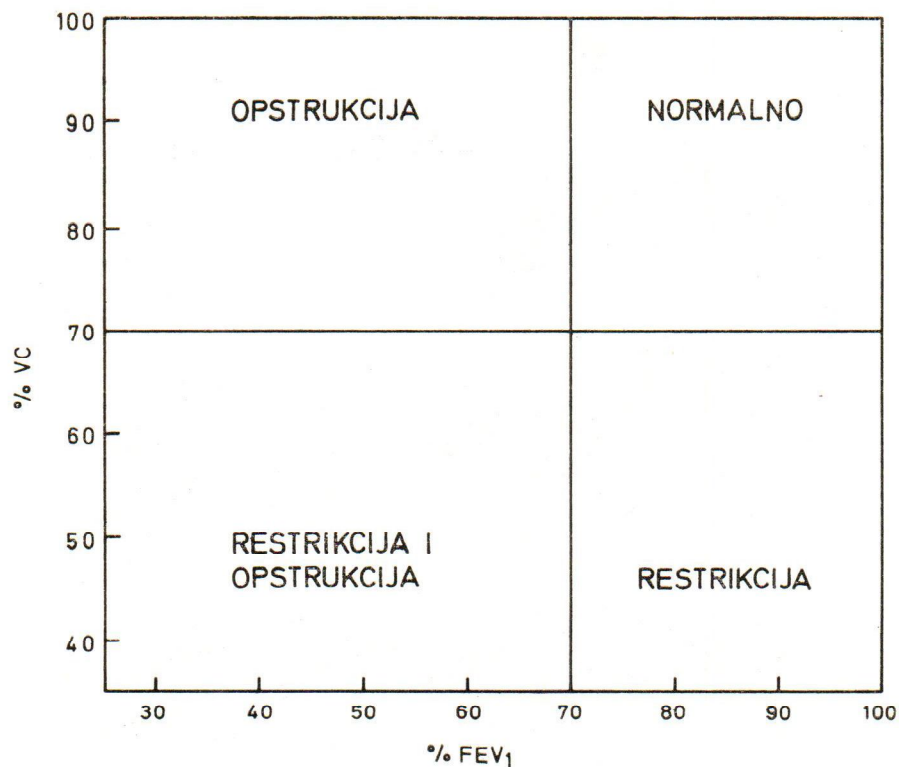
Dobivene vrijednosti izražavaju se u l/s, a uspoređuju se s referentnim vrijednostima po Cherniack-Raberu (22). One predstavljaju odnos izdahnutog volumena prema vremenskoj jedinici protoka zraka (l/s). Rezultati manji od 60% referentnih vrijednosti smatraju se patološkim.

Forsirani ekspiratorni protok pri 50% i 25% preostalog vitalnog kapaciteta (FEF_{50} i FEF_{25})

Ovi testovi označavaju protok zraka u srednjem, odnosno krajnjem dijelu ekspirija prema rezidualnom volumenu i upozorava na struktural-



Sl. 1. Krivulja protok-volumen. PEF (najveći ekspiracijski protok), FEF_{75} (ekspiracijski protok kod 75% VC), FEF_{50} (ekspiracijski protok kod 50%), FEF_{25} (ekspiracijski protok kod 25% VC)



Sl. 2. Poremećaji ventilacije po Milleru, Wu i Johnsonu, 1956.

ne promjene u malim dišnim putevima. Izmjerene vrijednosti uspoređuju se s referentnim vrijednostima po Cherniack-Raberu. Rezultati manji od 60% referentnih vrijednosti smatraju se patološkim.

Izgled krivulje koja prikazuje odnos protoka i volumena izdahnutog zraka karakteristično se mijenja s pojavom opstrukcije u malim dišnim putovima (23).

Naši rezultati ispitivanja krivulje protok-volumen (po 20 ispitanika različite dobne skupine) prikazuju nešto niže vrijednosti FEF_{25} od Cherniackovih čije norme upotrebljavamo. To se poklapa s nalazima Black-Hyatta i Bassa što je vidljivo na slici 1.

Vrijednosti VC i FEV_1 pojedinih ispitanika mogu se unijeti u dijagram za utvrđivanje vrste poremećaja ventilacije po Milleru, Wu i Johnsonu (24); pouzdanost procjene je veća ako poznamo kliničku sliku bolesnika i neke druge nalaze (slika 2).

Zbog izvjesnih razmimoilaženja u ocjeni vrijednosti i pouzdanosti testa $FEF_{25-75\%}$ i krivulje protok-volumen, poželjna je njihova provjera na većem broju ispitanika i usporedba dobivenih rezultata s njihovom kliničkom slikom i drugim parametrima ventilacije.

Ovaj kratki prikaz u kojem smo iznijeli rutinske testove ispitivanja pluća i njihovo značenje u suvremenoj kliničkoj praksi u skladu je s načelom moderne medicine da je najvažnije što ranije otkriti početne oblike bolesti, kad je još klinički i rendgenološki nalaz pluća normalan, jer je tada terapija jednostavnija, svrsishodnija i s ekonomskog gledišta jeftinija, a liječenje uspješnije. To je i najveći izazov proučavanju bronhiopulmonalnih bolesti u sadašnjem trenutku.

Kako bolesnicima koji imaju anemiju, treba kontrolirati krvnu sliku ili onima koji pate od hipertenzije redovito mjeriti krvni tlak, tako ispitivanje plućne funkcije mora biti integralni dio kliničkog pregleda ne samo plućnih bolesnika, već i zdravih ljudi da bismo spriječili nastanak različitih oblika bolesti, koje su sve češće uzrokovane onečišćenjem čovjekove okoline i sve brojnijim alergizirajućim činiocima (25—27).

Literatura

1. Hutchinson, D. C. S., Barter, C. E., Martell, N. A.: Errors in the measurements of vital capacity. *Thorax*, 28 (1973) 584.
2. Tiffeneau, R., Pinelli, A.: Air circulant et air captif dans l'exploration de la fonction ventilatrice pulmonaire. *Paris Medical*, 37 (1947) 624.
3. Leuallen, E. C., Fowler, W. S.: Maximal midexpiratory flow. *Am. Rev. Tuberc. Pulm. Dis.*, 72 (1955) 783.
4. Hyatt, R. E., Black, L. F.: The flow volume curve. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 107 (1973) 191.
5. Report of Snowbird Workshop on Standardisation of Spirometry, *ATS News*, Snowbird, Utah, 1978.
6. Morris, J. F., Koski, A., Johnson, L. C.: Spirometric standards for healthy nonsmoking adults. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 103 (1971) 57.
7. Bass, H.: The flow volume loop: Normal standards and abnormalities in chronic obstructive pulmonary disease. *Chest*, 63 (1973) 171.
8. Cotes, J. E.: Lung function. Blackwell Scientific Publications, Oxford — Edinburgh, 1968.
9. Sekulić, S., Slavković, V., Veljković, V.: Prilog određivanju normi vitalnog kapaciteta u spirometrijskim ispitivanjima, Zbornik XII golničkog simpozijuma o respiratornoj patofiziologiji, 1962.
10. CECA (Commission des communautés européennes): Aide-memoire pour la pratique l'examen de la fonction ventilatoire par la spirométrie, Luxembourg, 1971.
11. Björn, B.: Is maximum mid-expiratory flow rate sensitive to small airways obstruction? *Eur. J. Respir. Dis.*, 62 (1981) 150.
12. 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.
13. Buist, A. S.: Early detection of airways obstruction by closing volume technique. *Chest*, 64 (1973) 495.
14. Fortič, M., Stangl, B., Bizjak, M., Kandare, F.: Maksimalni ekspiracioni protok kod malih plućnih volumena. *Plućne Bolesti Tuberk.*, 29 (1977) 69.

15. Knudson, R. J., Slatin, R. C., Burrows, B.: The maximal expiratory flow-volume curve. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 113 (1976) 587.
16. Kuperman, A. S., Riker, J. B.: The predicted normal maximal midexpiratory flow. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 107 (1973) 231.
17. McCarthy, D. S., Spencer, R., Greene, R., Milic-Emili, I.: Measurement of »closing volume« as a simple and sensitive test for early detection of small airways disease. *Am. J. Med.*, 52 (1972) 747.
18. Sobol, B. J.: A method of assuring maximal flow in forced expiratory maneuvers. *Chest*, 64 (1973) 472.
19. Sobol, B. J., Emirgil, C.: Subject effort and the expiratory flow rate. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 89 (1964) 402.
20. Burrows, B., Knudson, R. J., Kettel, L. J.: Respiratory insufficiency. Year Book Medical Publishers Inc., Chicago, 1975.
21. Sobol, B. J., Emirgil, C.: Relative value of various spirometric tests in the early detection of chronic obstructive pulmonary disease. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 107 (1973) 753.
22. Cherniack, R. M., Raber, M. B.: Normal standards for ventilatory function using an automated wedge spirometer. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 106 (1972) 38.
23. Pride, N. B.: Analysis of forced expiration — a return to the recording spirometer. *Thorax*, 34 (1979) 144.
24. Miller, W. F., Wu, N., Johnson, R. L.: Convenient method of evaluating pulmonary function with single breath test. *Anesthesiology*, 17 (1956) 488.
25. Maclem, P. T.: Workshop on Screening Programs for Early Diagnosis of Airway Obstruction. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 109 (1974) 567.
26. Mead, J.: Volume displacement body plethysmograph for respiratory measurements in human subjects. *J. Appl. Physiol.*, 15 (1960) 736.
27. Murray, A. B., Ferguson, A. C.: A comparison of spirometric measurements in allergen bronchial challenge testing. *Clin. Allergy*, 11 (1981) 87.

Summary

THE IMPORTANCE OF VENTILATORY TESTS FOR EVALUATING VENTILATORY LUNG CAPACITY

The importance of applying some ventilatory tests in clinical and epidemiological studies and of evaluating results in respect to normal values is discussed. Own results are also presented and compared to those of other authors.

The usefulness of certain tests for discovering early and advanced impairments of pulmonary ventilation is assessed.

*Clinical Hospital for
Pulmonary Tuberculosis and
Diseases of the Lungs,
Jordanovac, Zagreb*

*Received for publication
October 20, 1983*