

TESTOVI VENTILACIJSKE FUNKCIJE PLUĆA
U EPIDEMIOLOŠKIM ISPITIVANJIMA
KRONIČNIH NESPECIFIČNIH
RESPIRATORNIH BOLESTI U INDUSTRIJI

EUGENIJA ŽUŠKIN, F. VALIĆ, M. ŠARIĆ

*Skola narodnog zdravlja »Andrija Štampar Medicinskog fakulteta Sveučilišta
i Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Jugoslavenske akademije
znanosti i umjetnosti, Zagreb*

(Primljeno 28. VI 1973)

Opisane su najpraktičnije metode za terenska ispitivanja plućnih ventilacijskih funkcija u industrijskim uvjetima. Kritički su analizirane prednosti i nedostaci pojedinih metoda uz ilustraciju vlastitim rezultatima.

Posebno je dan pregled aparatura koje autori smatraju najpogodnijima za terenska ispitivanja. Navedene su i preporučene normalne vrijednosti za ventilacijske testove.

Epidemiološka ispitivanja u uvjetima profesionalne ekspozicije obično se vrše u situacijama u kojima su mogućnosti rada znatno manje povoljne nego u laboratorijima. Prilikom izbora testa plućne funkcije uvijek treba prethodno definirati populaciju i radnu okolinu, odnosno štetnosti kojima su ispitivane osobe izložene.

Jednostavni testovi plućne funkcije mnogo su objektivniji znak promjena plućne funkcije nego odgovori na pitanja iz standardnih upitnika za respiratorne simptome. Nalaz kroničnog bronhitisa koji je definiran na osnovi subjektivnih simptoma registriranih standardnim upitnikom samo je dijelom povezan s istovremenim objektivnim znacima ventilacijske opstrukcije (1). Testovi plućne funkcije u epidemiološkim ispitivanjima najčešće služe za rešetanje (screening), tj. za izdvajanje osoba s izraženim promjenama. Upotrebom metode rešetanja izdvajaju se dvije skupine ljudi: 1. oni u kojih testovi upućuju na respiratorne promjene i u kojih treba izvršiti dodatna detaljna ispitivanja; 2. oni u kojih nisu utvrđene promjene i koje više ne treba dodatno ispitati.

O naravi problema, odnosno o mehanizmu djelovanja štetnog agensa, ovisi da li treba mjeriti ventilacijsku funkciju pluća, distribuciju plinova ili difuziju. U terenskim uvjetima rada spirometrijska metoda pokazala se kao najpogodniji način ispitivanja plućne funkcije, ali ne otkriva sve

funkcionalne poremećaje kod profesionalnih plućnih oboljenja već samo određene promjene ventilacije. Međutim, kako u većini industrijskih plućnih bolesti najprije dolazi do oštećenja ventilacije, spirometrijsko ispitivanje je ipak podesno za objektivnije procjenjivanje utjecaja faktora radne okoline na funkciju pluća.

Pri izboru plućnih funkcionalnih testova u industrijskim uvjetima preporučuju se slijedeći kriteriji (2):

1. Jednostavnost i brzo izvođenje testa. Postupak mora biti jednostavan i lako objašnjiv ispitaniku. Registriranje testa ne treba trajati dulje od 10 minuta.
2. Objektivnost testa, tj. što manja ovisnost o suradnji ispitanika.
3. Što manja varijabilnost testa tokom ponavljanih mjerenja na istom ispitaniku. Koeficijent varijabilnosti ne bi smio prelaziti 10%.
4. Dovoljna osjetljivost testa da diferencira tip promjena ventilacijske funkcije pluća i da registrira već i mala odstupanja od normalnih vrijednosti.

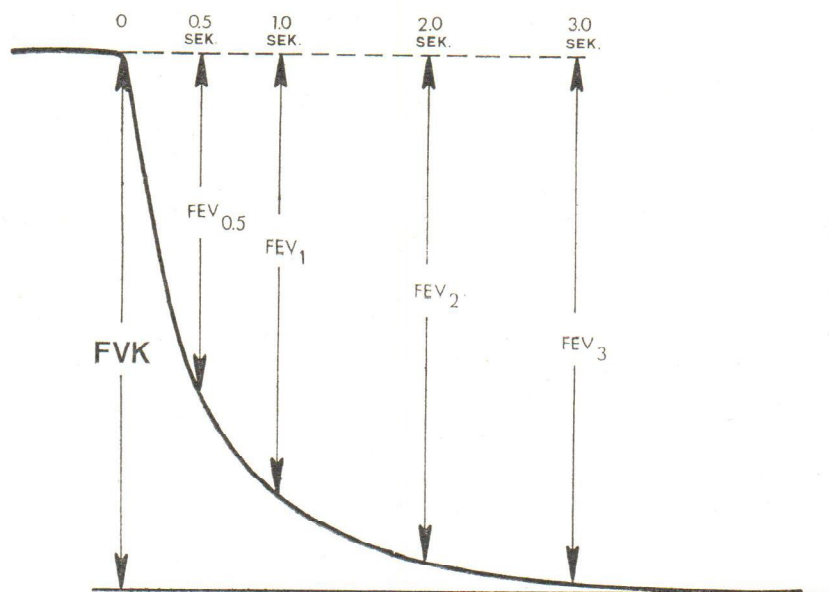
TESTOVI VENTILACIJSKE FUNKCIJE PLUĆA

U toku posljednjih 15 godina opisani su brojni jednostavni testovi ventilacijske funkcije pluća kojima se mjere ne samo vitalni kapacitet nego i neki parametri koji ovise o brzini strujanja zraka u toku ekspiracije (2). Testovi ventilacijske funkcije pluća koji su vezani uz faktor vremena nazivaju se dinamičkim testovima ventilacije i ukazuju na prohodnost dišnih puteva i na elastičnu sposobnost ventilacijskog sistema. Statički testovi ventilacije nisu vezani uz faktor vremena i daju uvid u volumen zraka koji pluća mogu sadržavati.

Najčešće upotrebljavani testovi za određivanje ventilacijske funkcije pluća su forsirani vitalni kapacitet (FVK) i forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi (FEV₁). Pri izvođenju forsiranog ekspirograma, ispitanik maksimalno duboko udahne i brzo do kraja izdahne (*sl. 1*). Registriranjem FVK umjesto standardnog polaganog izvođenja vitalnog kapaciteta (VK) dobije se krivulja sa koje se mogu istovremeno očitati i FEV₁ i FVK. Ako se uzmu u obzir vrijednosti forsiranog ekspiratornog volumena u toku dvije ili tri sekunde (FEV₂ ili FEV₃), izmjereni volumen u zdravih osoba približit će se vrijednostima vitalnog kapaciteta i time je izgubljena dinamička kvaliteta testa. S druge strane, forsirani ekspiratorni volumen u 0,50 sekundi (FEV_{0,50}) ili u 0,75 sekundi (FEV_{0,75}) više je pod utjecajem eventualnih tehničkih pogrešaka pri registriranju početnog dijela krivulje (inercija spirometra). *McKerrow, McDermott* i *Gilson* (3) razvili su jednadžbu za preračunavanje FEV_{0,75} u FEV₁:

$$: FEV_1 = 1,08 FEV_{0,75} + 0,09.$$

Naša ispitivanja u radnica tekstilnih industrija (4-9) pokazala su da su spomenuti testovi jednostavni i podesni za terenska epidemiološka ispitivanja. Tablica 1 pokazuje rezultate mjerenja FEV_{0,75} tekstilnih rad-



Sl. 1. Forsirani ekspiragram koji pokazuje forsirani vitalni kapacitet (FVK), forsirani ekspiratorni volumen u 0,50 sekundi ($FEV_{0,50}$), u 0,75 sekundi ($FEV_{0,75}$), u prvoj, drugoj i trećoj sekundi (FEV_1 , FEV_2 i FEV_3)

Tablica 1

Srednje promjene $FEV_{0,75}$ tokom smjene radnica u dvije predionice pamuka

Tvornica	Spol	$FEV_{0,75}$ (ml)				P
		Prije smjene	Nakon smjene	Razlika 1-2 ml	%	
A	M	3627	3284	-343	-9,5	<0,01
	F	2819	2484	-335	-11,9	<0,01
B	M	3486	3476	-10	-0,3	NS
	F	2565	2523	-42	-1,6	NS

NS — razlika statistički neznačajna ($P > 0,05$)

nica prije i nakon radne smjene u dvije predionice pamuka. U tvornici A dobivene su značajno niže vrijednosti $FEV_{0,75}$ nakon ekspozicije prašini ($P < 0,01$), dok su u tvornici B te promjene bile neznačajne ($P > 0,05$), mada se u oba slučaja radilo o ekspoziciji sličnim koncentracijama pra-

šine pamuka. Kasnija farmakološko-biokemijska ispitivanja pokazala su da je pamučna prašina u tvornici A bila biološki značajno aktivnija. Na taj način nam je $FEV_{0,75}$ poslužio kao objektivni test za utvrđivanje stupnja akutnog štetnog djelovanja prašine u toku radne smjese bez kompliciranog ispitivanja biološke aktivnosti prašine kojima su radnice bile izložene.

Tablica 2 prikazuje vrijednosti FEV_1 i FVK kao i njihov procentualni odnos $FEV_1/FVK\%$ u tekstilnih radnica izloženih djelovanju prašine pamuka i konoplje. FEV_1 test pokazao se kao znatno bolji diskriminator osoba sa simptomima bisinoze. Kako pri preradi pamuka, tako i pri preradi konoplje radnice sa simptomima bisinoze imale su znatno veće promjene FEV_1 tokom osamsatne ekspozicije tim prašinama od radnica bez bisinoze. Procentualni odnos $FEV_1/FVK\%$ jasno upućuje da se radi o akutnoj promjeni ventilacijske funkcije pretežno opstruktivnog tipa sa sniženim FEV_1 u toku radne smjene. Ta je opstruktivna komponenta bila naročito izražena u osoba sa simptomima bisinoze. Rezultati osim toga pokazuju da prašina konoplje uzrokuje jači spazam glatkih mišića respiratornog sistema od prašine pamuka, što bi se inače moglo ustanoviti samo složenim analizama uzoraka tih dviju prašina.

Naša ispitivanja također su pokazala (1) da su testovi ventilacijske funkcije pluća, FEV_1 i procentualni odnos $FEV_1/FVK\%$, značajno niži u rudara u rudnicima ugljena i radnika u proizvodnji cementa sa simptomima kroničnog bronhitisa nego u onih u kojih nisu registrirani simptomi koji upućuju na kronični bronhitis ($P < 0.01$).

FEV_1 može biti naročito koristan podatak za utvrđivanje stupnja opstruktivnih promjena ako ga izrazimo u postotku od vrijednosti vitalnog kapaciteta ($FEV_1/FVK\%$). U zdravih osoba $FEV_1/FVK\%$ iznosi preko 75% (10). $FEV_{0,50}$ izražen u postotku vitalnog kapaciteta morao bi prelaziti 50% (10). Kod opstruktivnih plućnih bolesti, tj. kod povećanog otpora strujanju zraka u dišnim putovima, taj je procentualni odnos smanjen.

Na krivulji forsiranog ekspiograma mogu se očitati i drugi parametri kao na pr. maksimalna srednja brzina ekspiracije u dijelu ekspiratorne krivulje između 200 i 1200 ml (11) (sl. 2), kao i maksimalna srednja brzina ekspiracije između 25% i 75% ekspiriranog FVK (12) (sl. 3).

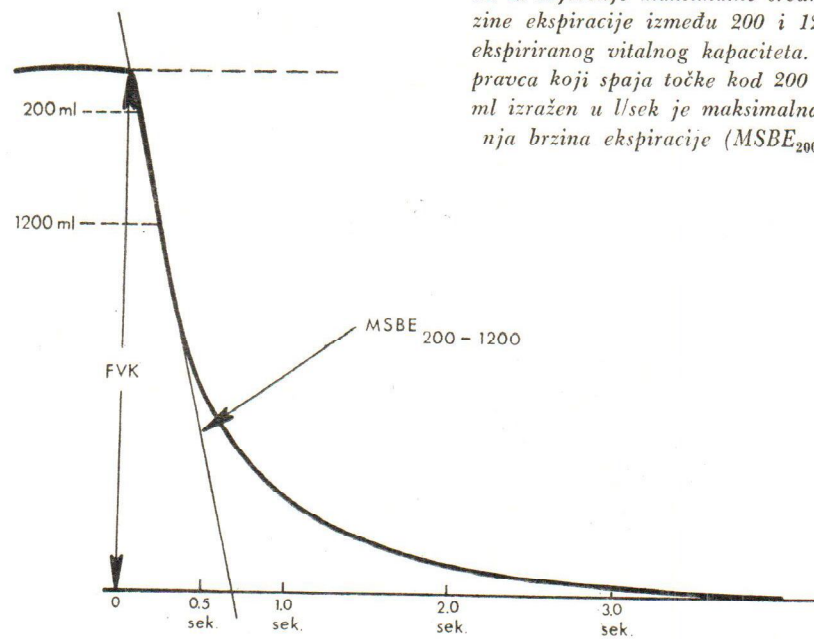
Maksimalna srednja brzina ekspiracije između 200 i 1200 ml ekspiriranog vitalnog kapaciteta ima nekoliko nedostataka: 1. uzima u obzir početni dio ekspiracije kada je lumen dišnih putova najviše proširen i efekt opstrukcije najmanje izražen; 2. pokazuje znatne varijacije i u zdravih osoba – ispitanici često ne ekspiriraju dovoljno brzo u početku ekspiracije bilo zbog loše motivacije ili zbog loše tehnike izvođenja; 3. inercija većine spirometara uvjetuje da se i pri potpuno ispravnom izvođenju testa taj dio krivulje donekle razlikuje od one koja bi se registrala idealnim spirometrom bez inercije.

Test maksimalne srednje brzine ekspiracije između 25% i 75% ekspiriranog FVK naročito je osjetljiv na promjene opstruktivnog tipa (13). Početna brzina strujanja zraka kod forsirane ekspiracije nakon maksi-

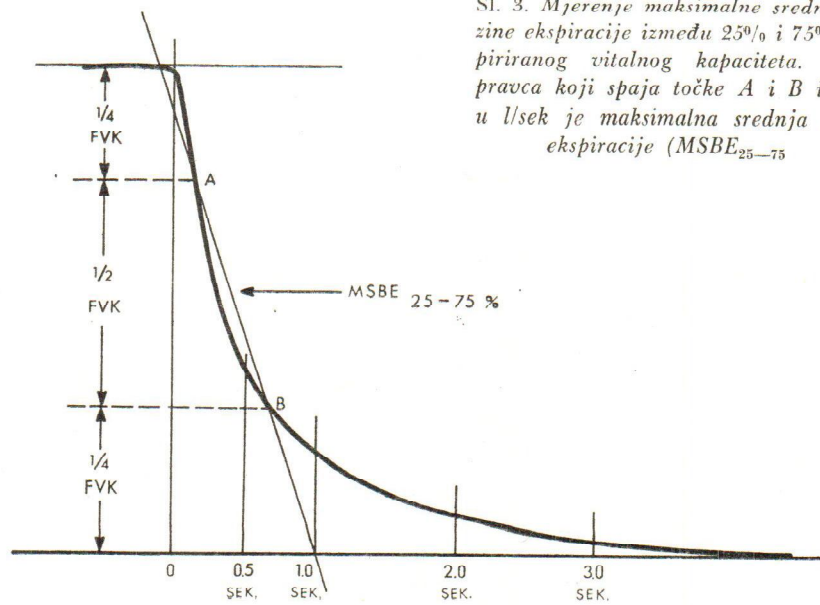
Tablica 2
Srednje promjene FEV₁, FVK i FEV₁/FVK^{0/0} tokom smjene kod radnica u preradi pamuka i konoplje

Tvornica	Grupe	FEV ₁ (ml)			FVK (ml)			FEV ₁ /FVK ^{0/0}	
		Prije smjene	Srednje promjene	P	Prije smjene	Srednje promjene	P	Prije smjene	Nakon smjene
Prerada pamuka	s bisinozom	2641	-346	<0.01	3800	-147	<0.01	80.0	72.8
	bez bisinoze	2717	-161	<0.01	3410	-89	<0.01	79.7	76.9
Prerada konoplje	s bisinozom	2753	-576	<0.01	3504	-149	<0.01	77.7	64.8
	bez bisinoze	2755	-304	<0.01	3395	-151	<0.01	82.4	75.5

Sl. 2. Mjerenje maksimalne srednje brzine ekspiracije između 200 i 1200 ml ekspiriranog vitalnog kapaciteta. Nagib pravca koji spaja točke kod 200 i 1200 ml izražen u l/sek je maksimalna srednja brzina ekspiracije ($MSBE_{200-1200}$)

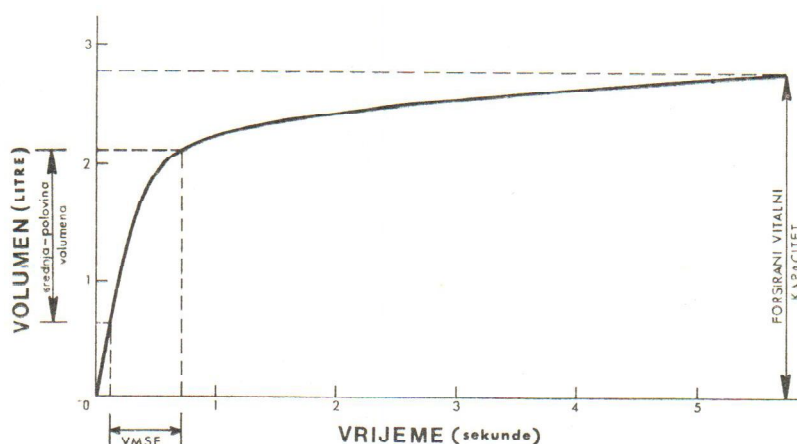


Sl. 3. Mjerenje maksimalne srednje brzine ekspiracije između 25% i 75% ekspiriranog vitalnog kapaciteta. Nagib pravca koji spaja točke A i B izražen u l/sek je maksimalna srednja brzina ekspiracije ($MSBE_{25-75}$)



malne inspiracije znatno ovisi o suradnji ispitanika i o naporu koji ispitivana osoba ulaže, dok srednji dio ekspiracije između 25 i 75% vitalnog kapaciteta pretežno ovisi o fizikalnim karakteristikama bronhalnog stabla. *Segal* i *Butterworth* (14) navode da maksimalna srednja brzina ekspiracije između 25% i 75% VK pokazuje vrlo dobru korelaciju s FEV_1 ($r = 0,92$).

Leuallen i *Fowler* (15), kao i *Segal* i *Butterworth* (14), preporučuju kao test ventilacijske funkcije pluća vrijeme ekspiracije između 25% i 75% vitalnog kapaciteta (sl. 4). *Segal* i *Butterworth* (14) su pokazali da taj test odlično korelira s FEV_1/FVK % ($r = -0,98$), i da je čak pouzdaniji spirometrijski indeks opstrukcije dišnih putova nego FEV_1/FVK %. *Leuallen* i *Fowler* (15) su našli da vrijeme ekspiracije (izraženo u sekundama) između 25% i 75% vitalnog kapaciteta za muškarce iznosi $0,61 \pm$, a za žene $0,47 \pm 0,11$.



Sl. 4. Forsirani ekspiogram koji pokazuje srednju polovinu volumena i vrijeme maksimalne ekspiracije srednjeg dijela UK (VMSE)

Povećani transpulmonalni pritisak u toku ekspiracije suzuje dišne putove, a smanjenje transpulmonalnog pritiska u toku inspiracije širi te putove. U osoba s kroničnom opstrukcijom dišnih putova taj efekt suženja je povećan. Osim toga, jako suženje dišnih putova tokom ekspiracije ograničava strujanje zraka, tako da promjene u perifernim dišnim putovima kao što su na pr. one nakon inhalacije tvari koje relaksiraju glatke mišiće (bronhodilatatora) ne moraju biti utvrđene testovima koji su vezani uz maksimalno forsiranu ekspiraciju. To je zbog toga što kolaps većih centralnih dišnih putova može prikriti periferne promjene. Međutim, taj maskirajući efekt ne će biti prisutan u toku forsirane inspiracije.

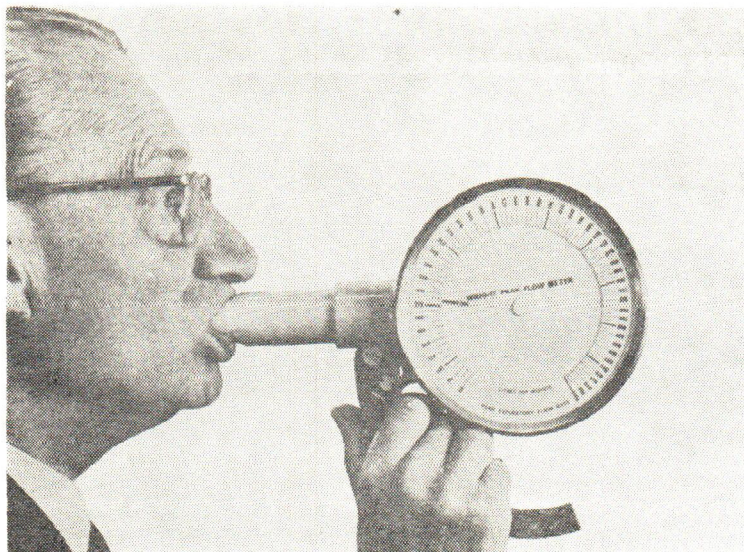
Zbog tih razloga, nakon administracije bronhodilatatora može se maksimalna inspiratorna brzina strujanja zraka povećati, dok maksimalna ekspiratorna brzina strujanja ne pokazuje promjene.

Zbog traheobronhalnog kolapsa koji se može javiti u toku forsirane ekspiracije u starijih osoba ili u onih s opstruktivnim plućnim bolestima, *Tandon* i *Campbell* (16) preporučuju mjerenje relaksiranog ekspiratornog volumena u prvoj sekundi (REV_1) i forsiranog inspiratornog volumena u prvoj sekundi (FIV_1). Pri izvođenju krivulje relaksirane ekspiracije osoba duboko udahne i brzo izdahne sav zrak ali opuštajući torakalnu stjenku i abdomen bez forsiranja. Kod mjerenja FIV_1 ispitanik najprije izdahne sav zrak do kraja, a zatim udahne što brže i dublje može. Koeficijent varijabilnosti za REV_1 (6.7%) bio je nešto niži od koeficijenta varijabilnosti za FIV_1 (8.9%). Pravilno izvođenje REV_1 i FIV_1 pokazalo se, međutim, znatno kompliciranije nego izvođenje FEV_1 .

Kalačić (17) i *Tandon* i *Campbell* (18) su u osoba s kroničnim bronhitisom pokazali da se FIV_1 može koristiti za procjenu ventilacijskog učinka bronhodilatatora kao dopunski test forsiranom ekspiogramu. Budući da FIV_1 nije uvjetovan kompresijom dišnih putova, on je bolji indikator djelovanja bronhodilatatora nego FEV_1 . *Simonsson* (19) navodi da je odnos FEV_1/FIV_1 vrlo koristan za diferenciranje između opstrukcije zbog ekspiratornog kolapsa ili zbog uglavnom povećanog bronhomotornog tonusa. Neke osobe pokazuju karakteristični spirogram tokom forsirane ekspiracije: u početku kratki period brze ekspiracije, zatim zastoj iza kojeg slijedi polagano strujanje relativno konstantne brzine. Ovaj karakteristični spirogram vjerojatno je rezultat jake kompresije većih dišnih putova u toku ekspiracije.

U spirometrijskom ispitivanju koristi se i mjerenje maksimalnog kapaciteta disanja (MKD). Pri direktnom mjerenju ispitanik maksimalno duboko i brzo diše kroz 15 sekundi, pa se na osnovu toga izračunava MKD u litrama u minuti. Međutim, direktno mjerenje sve se više zamjenjuje indirektnim mjerenjem MKD pri kojemu se vrijednost FEV_1 množi sa 30 ili vrijednost $FEV_{0.75}$ sa 40 (11). Maksimalni kapacitet disanja je znatno reduciran kod opstrukcije dišnih putova, dok vitalni kapacitet može biti nepromijenjen. Odnos njihovog procentualnog odstupanja od normale naziva se indeks brzine strujanja zraka (2, 11). Normalno taj indeks iznosi 0.9–1.1. Niže vrijednosti od 0.9 upućuju na opstruktivne promjene, a veće vrijednosti od 1.1 na restriktivni tip disfunkcije ventilacije.

Podestan test za terenska ispitivanja ventilacijske funkcije pluća je maksimalna brzina ekspiracije (MBE) mjerena pomoću aparata po *Wrightu* (20) (sl. 5). To je mali, lako prenosivi aparat s kojim se može mjeriti na samom radnom mjestu. Aparat mjeri maksimalnu brzinu strujanja zraka kroz 10 milisekunda u toku forsirane ekspiracije nakon prethodne maksimalne inspiracije. Glavni prigovor tom testu je u tome što je znatno ovisan o suradnji ispitanika i pokazuje veće varijacije od FEV_1 . Naša ispitivanja u tekstilnih radnika (21) su pokazala da taj test može poslužiti kao indeks opstruktivnih promjena naročito ako se radi



Sl. 5. Aparat za mjerenje maksimalne brzine ekspiracije po Wrightu (Airmed, Ltd.)

o ponavljanim mjerenjima istih osoba. Statističkom obradom dobivena je visoka i značajna korelacija MBE i FEV_1 u radnica s bisinozom ($r = + 0,83$). *Paleček, Kanceljak, Mimica i Čvorišćec* (22), ispitujući korelaciju između MBE i nekih drugih testova ventilacijske funkcije u bolesnika s opstruktivnim sindromom, našli su najbolju korelaciju MBE s Tiffeneau testom i maksimalnom minutnom ventilacijom ($r = + 0,71$).

Hyatt i sur. (23) su upozorili da se znatno više podataka o stanju respiratornog sistema može dobiti iz krivulje maksimalne brzine ekspiracije i simultano mjenenog plućnog volumena (krivulja maksimalnog protoka i volumena). Tako dobivena krivulja omogućuje da se očita brzina strujanja zraka u toku ekspiracije pri bilo kojem dijelu vitalnog kapaciteta. Najčešće se očitava brzina strujanja kod 50%, 60% ili 75% ekspiriranog VK ($\dot{V}_{maks} 50\% VK$; $\dot{V}_{maks} 60\% VK$; $\dot{V}_{maks} 75\% VK$) (sl. 6). Prednost tog testa je u tome što nije ovisan o suradnji ispitanika i o otporu u gornjim dišnim putovima, nego je određen fizikalnim karakteristikama donjih dišnih putova. To je osjetljiv test za detekciju ranih promjena u respiratornom sistemu, i naročito je podesan za epidemiološka ispitivanja u industrijskoj populaciji (24).

Tablica 3 prikazuje srednje redukcije $\dot{V}_{maks} 50\% VK$ i FEV_1 tokom radne smjene koje smo našli u radnica zaposlenih u preradi lana i konooplje. Akutne promjene $\dot{V}_{maks} 50\% VK$ procentualno su znatno veće od akutnih promjena FEV_1 ukazujući na veću osjetljivost prvog testa. Mjerenjem ventilacijske funkcije radnika zaposlenih u proizvodnji cementa

Tablica 3

Srednje redukcije $V_{maks} 50\%$ VK i FEV_1 tokom smjene kod radnika u preradi konoplje i lana

Skupina	N	Srednje redukcije						
		$V_{maks} 50\%$ VK			FEV ₁			
		l/sek	%	P	l/sek	%	P	
Prerada lana	s bisinozom	32	-0,80	21,1	<0,01	-317	11,8	<0,01
	bez bisinoze	18	-0,30	7,1	<0,01	-155	6,0	<0,05
Prerada konoplje	s bisinozom	17	-1,15	35,1	<0,01	-338	12,8	<0,01
	bez bisinoze	18	-0,71	19,8	<0,01	-143	4,9	<0,01

Tablica 4

Rezultati testova ventilacijske funkcije kod radnika u preradi cementa

Test	Prije posla	Nakon posla	Razlika	
FVK (ml)	5000	4900	-100	-2,0%
FEV ₁ (ml)	3600	3500	-100	-2,9%
$\dot{V}_{maks} 50\%$ VK (l/sek)	4,50	4,30	-0,20	-4,5%

N = 27

(tablica 4) također su registrirane procentualno veće akutne promjene tokom radne smjene u $V_{maks} 50\%$ VK nego u FEV₁, iako znatno manje u usporedbi s tekstilnim prašinama.

U terenskim ispitivanjima na manjem broju osoba može se mjeriti i rezidualni volumen (RV). Takvo ispitivanje zahtijeva znatno više vremena i zbog toga se vrši samo u slučajevima gdje su preliminarna ispitivanja pokazala da je to potrebno, odnosno u onim radnim uvjetima gdje očekujemo da će doći do promjena u rezidualnom volumenu. Rezidualni volumen ne može se mjeriti direktno, nego indirektno određivanjem funkcionalnog rezidualnog kapaciteta. U interpretaciji rezultata najviše se koristi odnos RV prema totalnom plućnom kapacitetu (RV/TPK), ali ni on sam za sebe nije dovoljan da dobijemo pravu sliku stanja respiratornog sistema, jer ovisi o više faktora. Comroe (25) navodi kao normalne vrijednosti odnosa RV/TPK između 20% i 35% kod zdravih mladih osoba.

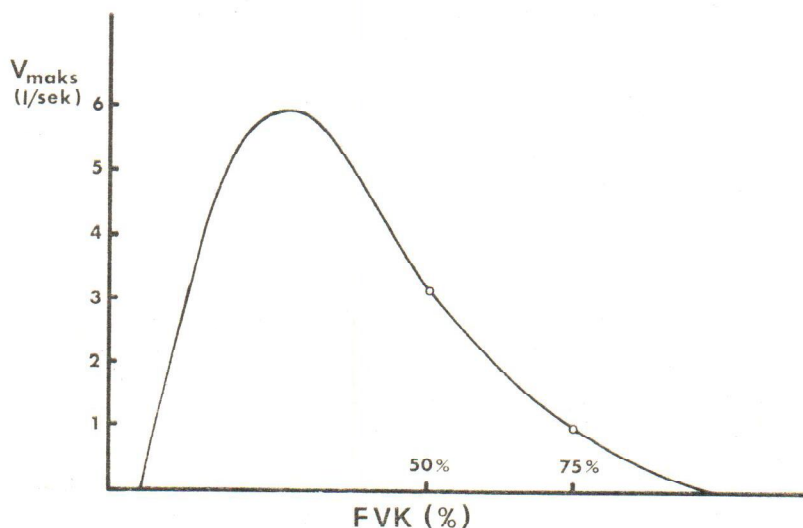
APARATURA

Od aparata za spirometrijsko ispitivanje ventilacijske funkcije pluća u našim terenskim uvjetima podesnima su se pokazali »vodeni« spirometri tipa *Bernstein* (sl. 7) i »suhi« spirometri na pr. Pulmonor (sl. 8) i Vitalograf (sl. 9). Registrirane vrijednosti FEV_1 i FVK na »vodnim« spirometrima treba korigirati na tjelesnu temperaturu i barometrijski pritisak od 760 mm Hg zraka zasićenog vodenom parom. Suhi spirometri su podesniji za transport.

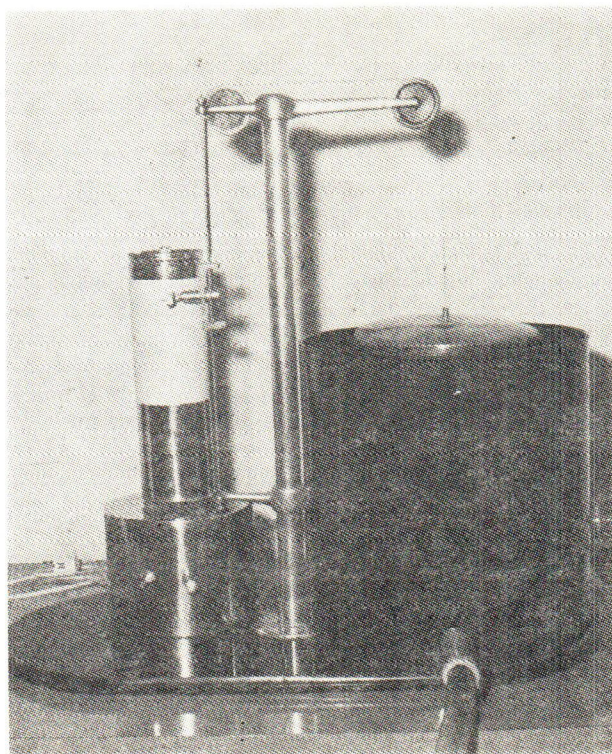
Postoje i spirometri na kojima se direktno očitaju izmjerene vrijednosti ventilacijskih parametara. Takav je na pr. Gaenslerov aparat s elektronskim prekidačem (sl. 10). U toku forsirane ekspiracije jedna kazaljka na brojačniku registrira veličinu ekspiriranog volumena u jedinici vremena (FEV_1 ili $FEV_{0,75}$) a druga kazaljka vitalni kapacitet.

Peters i suradnici (26) konstruirali su jednostavni aparat za registriranje krivulje maksimalnog protoka i volumena (sl. 11). Ispitanik maksimalno duboko udahne i brzo do kraja izdahne sav zrak u aparat. Izdahnuti zrak prolazi kroz filter koji pruža određeni otpor strujanju zraka i ulazi u spirometarsko zvono koje podiže prema gore. U toku forsirane ekspiracije pritisak ispod filtra je veći od atmosferskog i dovodi do rastezanja elastičnog mjeha koji je preko poluge spojen s pisalicom. Rastezanje elastičnog mjeha je u direktnom odnosu s brzinom strujanja.

Aparatura kojom se registrira krivulja spirograma ima prednost pred aparaturom na kojoj se direktno na skali očitavaju vrijednosti, jer se na krivulji može očitati više testova, krivulja nam pokazuje da li je osoba



Sl. 6. Krivulja maksimalnog protoka i volumena



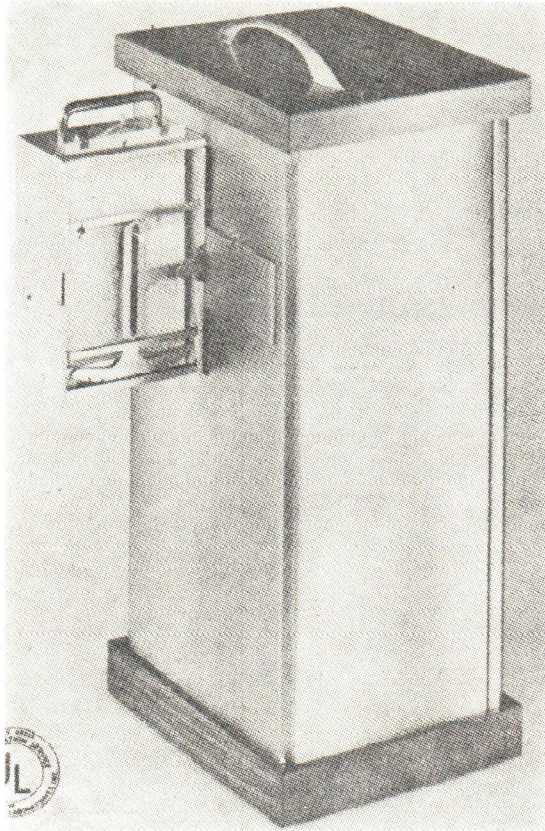
Sl. 7. Spirometar tipa Bernstein

adekvatno izvodila test, kao i druge promjene, na primjer zaostajanje zraka u malim dišnim putovima (»air trapping«). Spirometri za epidemiološka ispitivanja u uvjetima industrijske ekspozicije moraju biti jednostavni za rukovanje, prenosivi i moraju se lako kalibrirati.

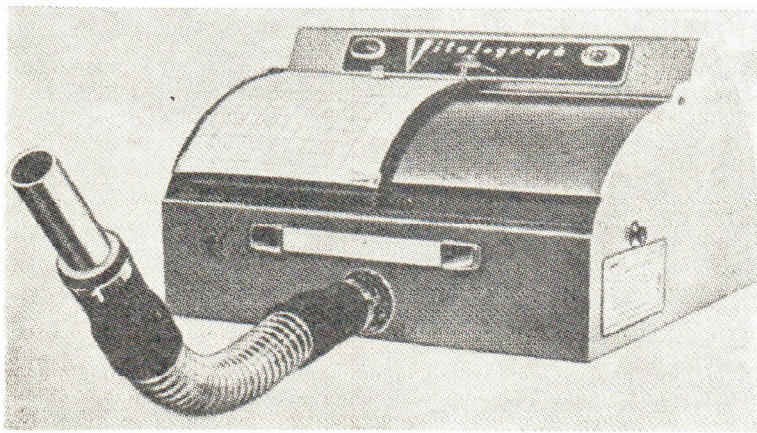
NORMALNE VRIJEDNOSTI

U evaluaciji dobivenih rezultata ventilacijske funkcije pluća susrećemo se s pitanjem: što smatrati normalnim vrijednostima? Budući da uglavnom još ne raspolažemo s pouzdanim normalnim vrijednostima ventilacijskih testova za našu populaciju, koristimo se normama raznih autora u drugim zemljama. Ovdje ćemo spomenuti samo neke koje se najviše upotrebljavaju.

Od evropskih normalnih vrijednosti za FEV_{1s} , FVK i RV najčešće se koriste nomogrami *Cotesa* (27) i Evropske zajednice za ugljen i čelik (CECA) (28). Nedavno su objavljene norme *Amreina* i sur. (29) za FEV_{1s} , $FEV_{1s}/FVK\%$ i RV. *Leuallen* i *Fowler* (15) daju normalne vrijednosti



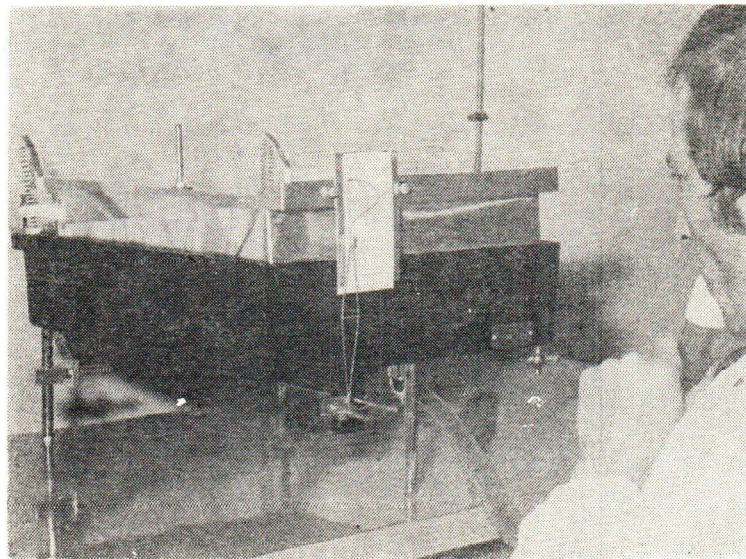
Sl. 8. Spirometar »Pulmonor« (Jones Medical Instrument Company)



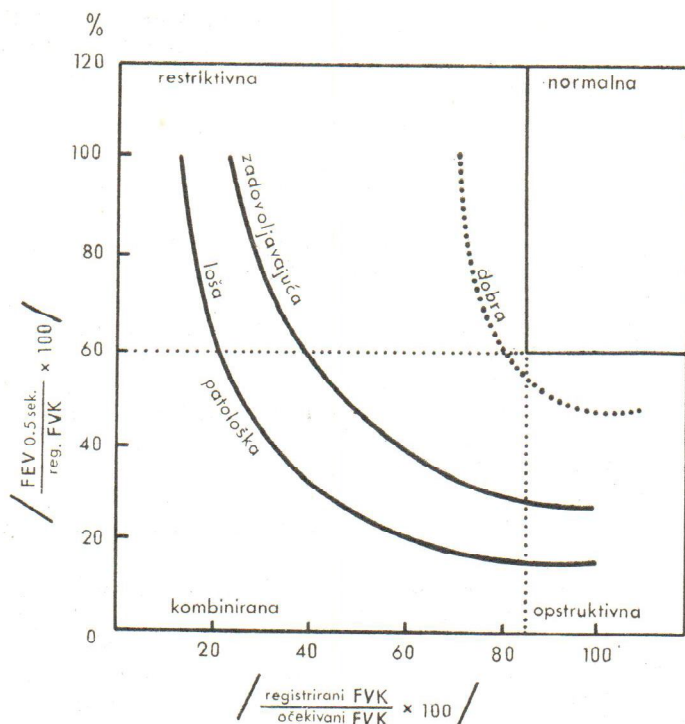
Sl. 9. Spirometar »Vitalograf« (Vitalograph Ltd.)



Sl. 10. Gaensler spirometar s elektronskim prekidačem



Sl. 11. Spirometar za registriranje krivulje maksimalnog protoka i volumena
(J. H. Emerson Co.)



Sl. 12. Krivulje za procjenu ventilacijske funkcije pluća (Miller, Wu i Johnson)

za maksimalnu brzinu strujanja između 25% i 75% ekspiriranog VK. Leonards (30), Leiner i sur. (31) objavili su norme za maksimalnu brzinu ekspiracije po Wrightu. Nedavno su Cherniack i suradnici (32) publicirali nomograme za očitavanje normalnih vrijednosti maksimalne brzine strujanja kod 25%, 50% i 75% VK (\dot{V}_{maks} 25, 50, 75% VK). Od američkih normalnih vrijednosti za FEV_1 i FVK najviše se koriste norme po Koryju i sur. (33). Često su u upotrebi i normalne vrijednosti Ferrisa (34) i nedavno objavljene norme Morrisa i sur. (35) za volumene i brzine strujanja zraka.

Kod nas su Kanceljak, Mimica i Paleček (36) objavili osvrt na normalne vrijednosti za VK i FEV_1 kod odraslih osoba. Njihovi podaci pokazuju da vrijednosti VK i FEV_1 naših zdravih ljudi dobne skupine 20–80 godina pokazuju najbolje slaganje s normama CECA (28) i Koryja i sur. (33).

Za evaluaciju ventilacijske funkcije pluća na temelju jednostavnih testova, Miller, Wu i Johnson (37) dali su sistem koji omogućuje definiranje prirode i obima ventilacijske insuficijencije (slika 12). Procenatni odnos $FEV_{0,5}/FVK \times 100$ izraz je relativne brzine strujanja zra-

ka; smanjenje te funkcije ispod 60% značit će opstruktivni ventilacijski defekt. Redukcija samo VK karakteristična je za restriktivnu disfunkciju ventilacije. Redukcija obih funkcija ukazuje na kombinirani opstruktivno-restriktivni ventilacijski defekt.

ZAKLJUČAK

Samo jedan test nije dovoljan za dobivanje uvida u stanje respiratornog sistema. U epidemiološkim ispitivanjima treba izvršiti mjerenje dva do tri testa na svakom ispitaniku da bi se mogli izvesti određeni zaključci. Opisane prednosti kao i nedostaci spomenutih testova ventilacijske funkcije pluća, kao i rezultati dosadašnjih epidemioloških ispitivanja, upućuju na to da bi u ispitivanjima industrijskih radnika najpodesnije bilo registriranje forsiranog ekspiograma te očitavanja FEV₁, FVK, FEV₁/FVK % i maksimalne srednje brzine ekspiracije između 25–75% FVK. Ako je na raspolaganju potrebna aparatura, korisno je mjeriti i maksimalnu brzinu strujanja zraka kod određenog postotka vitalnog kapaciteta (50%, 60% ili 75% FVK) na krivulji maksimalnog protoka i volumena.

Jednostavni testovi plućne funkcije trebali bi postati dio medicinskih pregleda naročito u uvjetima industrijske ekspozicije gdje postoji mogućnost oštećenja plućne funkcije. Vrijednosti plućne funkcije dobivene tokom periodskih ili sistematskih pregleda u usporedbi s onima prije zaposlenja omogućuju da se otkriju promjene znatno prije nego što se razviju simptomi, znakovi ili rentgenografske promjene. Spirometrijski testovi omogućuju da se pouzdanije i objektivnije procjeni funkcionalno stanje pluća i na taj način realnije ocijeni i radna sposobnost.

Literatura

1. Šarić, M., Holetić, A.: Arh. hig. rada, 22 (1971) 213.
2. International Labour Organisation: Occupational Safety and Health Series No 6, Geneva, 1966.
3. McKerrow, C. B., McDermott, M., Gilson, J. C.: Lancet, 1 (1960) 149.
4. Valić, F., Žuškin, E., Walford, J. Keršić, W., Pauković, R.: Brit. J. industr. Med., 25 (1968) 176.
5. Valić, F., Žuškin, E.: Arch. Environ. Health, 23 (1971) 359.
6. Žuškin, E., Valić, F.: Thorax, 27 (1972) 454.
7. Žuškin, E., Valić, F.: Brit. J. industr. Med., 28 (1971) 159.
8. Valić, F., Žuškin, E.: Brit. J. industr. Med., 29 (1972) 293.
9. Valić, F., Žuškin, E.: Thorax, 27 (1972) 459.
10. Recommendations of the Section on Pulmonary Function Testing, Committee on Pulmonary Physiology, American College of Chest Physicians: Dis. Chest, 43 (1973) 214.
11. Gaensler, E. A., Wright, G. W.: Arch. Environ. Health, 12 (1966) 146.
12. Dayman, H.: Amer. Rev. Resp. Dis., 83 (1961) 842.
13. Gaensler, E. A., Constantine, H.: Postgraduate Medicine (1964) 431.
14. Segal, J. J., Butterworth, B. A.: Brit. J. Dis. Chest, 62 (1968) 139.
15. Leuallen, E. C., Fowler, W. S.: Amer. Rev. Tuberc., 72 (1955) 783.

16. Tandon, M. K., Campbell, A. H.: *Thorax*, 25 (1970) 178.
17. Kalačić, I.: *Arh. hig. rada*, 20 (1969) 155.
18. Tandon, M. K., Campbell, A. H.: *Brit. J. Dis. Chest*, 64 (1970) 73.
19. Simonsson, B. G.: *Acta Allergol.*, 18 (1963) 386.
20. Wright, B. M., McKerrow, C. B.: *Brit. Med. J.*, 2 (1959) 1041.
21. Žuškin, E., Ualić, F.: *Arh. hig. rada*, 22 (1971) 1.
22. Paleček, I., Kanceljak-Macan, B., Mimica, M., Čvorišćec, R.: *Lij. vjes.*, 94 (1972) 94.
23. Hyatt, R. E., Schilder, D. P., Fry, D. L.: *J. Appl. Physiol.*, 13 (1950) 331.
24. Žuškin, E., Ualić, F.: *Acta med. iug.*, 26 (1972) 189.
25. Comroe, J. H., Forster, R. E., DuBois, A. B., Briscoe, W. A., Carlsen, E.: *The Lung*, Year book Medical Publishers, Inc. Chicago, 1963.
26. Peters, J. M., Mead, J., Van Ganse, W. F.: *Am. Rev. Resp. Dis.*, 99 (1969) 617.
27. Cotes, J. E.: *Lung function assessment and application in medicine*, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1965.
28. Commission des communautés européennes - CECA - Collection d'hygiène et de médecine du travail, 2 edition, Luxembourg, 1971.
29. Amrein, R., Keller, R., Joos, H., Herzog, H.: *Germ. Med. Month.*, 15 (1970) 186.
30. Leonards, A. K.: *Acta Allergol.*, 21 (1966) 99.
31. Leiner, G. C., Abramowitz, S., Small, M. J., Stenby, U. B., Lewis, W. A.: *Am. Rev. Resp. Dis.*, 88 (1963) 644.
32. Cherniak, R. M., Raber, M. B.: *Am. Rev. Resp. Dis.*, 106 (1972) 38.
33. Kory, R. C., Callahan, R., Boren, H. G., Syner, J. C.: *Am. J. Med.*, 30 (1961) 243.
34. Ferris, B. G., Anderson, D. O., Zickmantel, R.: *Am. Rev. Resp. Dis.*, 9 (1965) 252.
35. Morris, J. F., Koski, A., Johnson, L. C.: *Am. Rev. Resp. Dis.*, 103 (1971) 57.
36. Kanceljak, B., Mimica, M., Paleček, I.: *Tuberkuloza*, 23 (1971) 264.
37. Miller, W. F., Wu, N., Johnson, R. L.: *Anesthesiology*, 17 (1956) 480.

Summary

VENTILATORY FUNCTION TESTS IN EPIDEMIOLOGICAL STUDIES OF CHRONIC NONSPECIFIC RESPIRATORY DISEASES IN INDUSTRY

The most practical methods for the measurement of ventilatory function in epidemiological studies under industrial field conditions are presented. Advantages and disadvantages of individual methods are critically analysed and illustrated with the results obtained by the authors in their field investigations.

Main field instruments for lung function testing are also reviewed. Recommended values of, and prediction equations for, »normals« of various tests are discussed.

*Andrija Štampar School of Public Health,
Medical Faculty, Zagreb and Institute for
Medical Research and Occupational Health, Zagreb*

*Received for publication
June 28, 1973*