

Arh. hig. rada, 28 (1977) 55.

EVALUACIJA REZULTATA TESTOVA
VENTILACIJSKE FUNKCIJE PLUĆA
ZA POTREBE MEDICINE RADA

EUGENIJA ŽUŠKIN,* F. VÁLIĆ* i M. ŠARIĆ**

**Škola narodnog zdravlja »Andrija Stampar« Medicinskog fakulteta
Sveučilišta u Zagrebu i ** Institut za medicinska istraživanja
i medicinu rada, Zagreb*

(Primljeno 22. VII 1976)

Prikazani su biosomatski faktori koji utječu na plućnu funkciju i metode evaluacije rezultata testova ventilacijske funkcije pluća za potrebe medicine rada. Posebno su opisani testovi ventilacijske funkcije pluća koji se najčešće upotrebljavaju za utvrđivanje štetnog djelovanja faktora radne okoline.

Navedene su normalne vrijednosti testova ventilacijske funkcije pluća raznih autora i prikazana usporedba s vrijednostima rezultata preliminarnih ispitivanja naše populacije. Prikazani su i neki rezultati vlastitih ispitivanja ventilacijske funkcije pluća u tekstilnih radnika, radnika u preradi cementa, rudara i u kontrolnim neekspoziranim skupinama.

U medicini rada sve se više susrećemo s problemom fizioloških, odnosno »normalnih« vrijednosti plućne funkcije bilo kod postavljanja dijagnoze, ocjene radne sposobnosti ili profesionalne orijentacije.

Ispitivanje plućne funkcije posljednjih godina postaje sve više dio rutinskog rada u medicini rada u svrhu utvrđivanja akutnog ili kroničnog djelovanja različitih štetnih agensa. Budući da su pluća vrlo osjetljiva na ekspoziciju štetnim prašinama, plinovima i parama, jasna je važnost određivanja i praćenja zdravstvenog stanja dišnog sustava radnika koji dolaze ili koji bi mogli doći u kontakt s takvim agensima. Mjerenjem plućne funkcije često se može kvantitativno ocijeniti stupanj oštećenja uspoređujući individualna mjerenja sa standardnim vrijednostima dobivenim na zdravoj »normalnoj« populaciji.

UTJECAJ NEKIH BIOSOMATSKIH FAKTORA NA VENTILACIJSKU FUNKCIJU PLUĆA

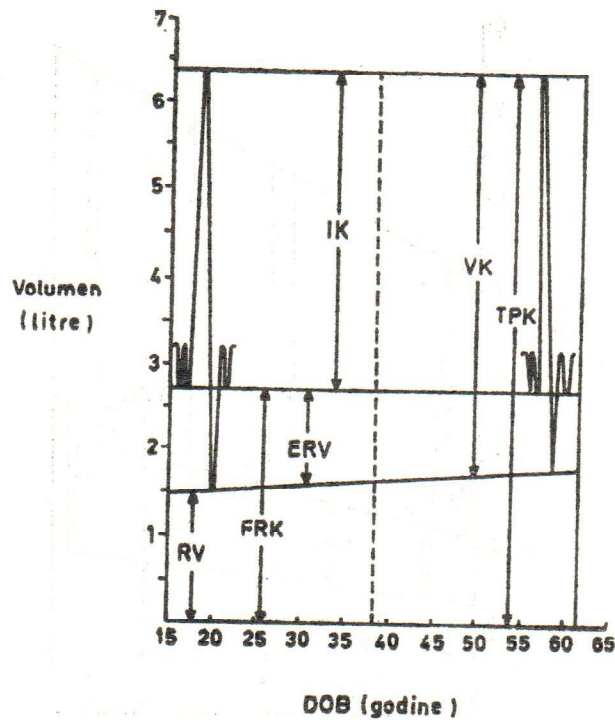
1. Promjene s dobi

Jedan od faktora koji se redovito spominje u vezi s određivanjem normalnih vrijednosti plućne funkcije jest dob ispitanika. U odraslih osoba se plućna funkcija smanjuje s dobi. Te su promjene rezultat brojnih čimbenika uključujući oštećenje plućnog tkiva, smanjenje snage respiratorne muskulature i povećanje rigidnosti prsnog koša. Intrapulmonalne promjene su vjerojatno posljedica slabije opskrbe krvlju iz bronhalnih arterija, smanjene propustljivosti staničnih membrana ili promjena u molekularnoj strukturi kolagena i drugih tkiva. Kao rezultat toga nalazimo povećanje rigidnosti i smanjenu rastezljivost tkiva uz poremećen rast i razvoj stanica sa smanjenom sposobnošću oporavka nakon oštećenja. Učinak može biti pojačan kontinuiranom ekspozicijom raznim atmosferskim onečišćenjima.

Gubitak elastičnosti plućnog tkiva i posljedično slabljenje muralnog tonusa bronhiola uvjetuje pojavu dinamičke ekspiratorne stenoze zbog nestabilnosti bronhiolarne stijenke, zbog čega u starijoj dobi dolazi do zatvaranja bronhiola kod većih plućnih volumena. S tim u vezi se npr. rezidualni volumen (RV) u muškaraca povećava od oko 1,5 litara u dobi od 20 godina na oko 2,2 litre u dobi od 60 godina. Totalni plućni kapacitet se ne mijenja u znatnijoj mjeri. I u muškaraca i u žena rezidualni volumen kao postotak totalnoga plućnog kapaciteta povećava se od oko 25% u dobi od 20 godina na oko 37% u dobi od 60 godina. Zbog toga se vitalni kapacitet smanjuje. Slika 1. prikazuje promjene plućnih volumena prema dobi (1).

Utjecaj dobi na ventilacijski kapacitet odredivan je mjerenjem različitih testova kao npr. forsirani vitalni kapacitet (FVK), forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi (FEV₁), maksimalni ekspiratorni protok između 25—75% vitalnog kapaciteta (MEP_{25—75%}) i maksimalni dišni kapacitet (MDK). Svi ti testovi pokazuju negativnu korelaciju s dobi. To smanjenje može biti ubrzano odnosno pojačano efektom pušenja ili ekspozicijom štetnim agensima.

U starijoj dobi alveole se ne šire podjednako, što ima kao posljedicu nejednakomjernu ventilaciju. Npr. kod čovjeka u dobi od 33 godine indeks jednakomjernosti ventilacije dobiven metodom jednog udaha dušika iznosi 1,34%, a u dobi od 66 godina 2,3%. Jednoličnost perfuzije pluća i omjer ventilacija/perfuzija pogoršavaju se s dobi. Povećava se broj alveola koje su loše prokrvljene u odnosu na njihovu ventilaciju. S tim u vezi povećava se fiziološki mrtvi prostor u mirovanju oko 1 ml za jednu godinu. Kao posljedica promjena alveolarne ventilacije povećava se postotak dišnog volumena distribuiranog u fiziološkom mrtvom prostoru od 20% u dobi od 20 godina na 40% u dobi od 40 godina.

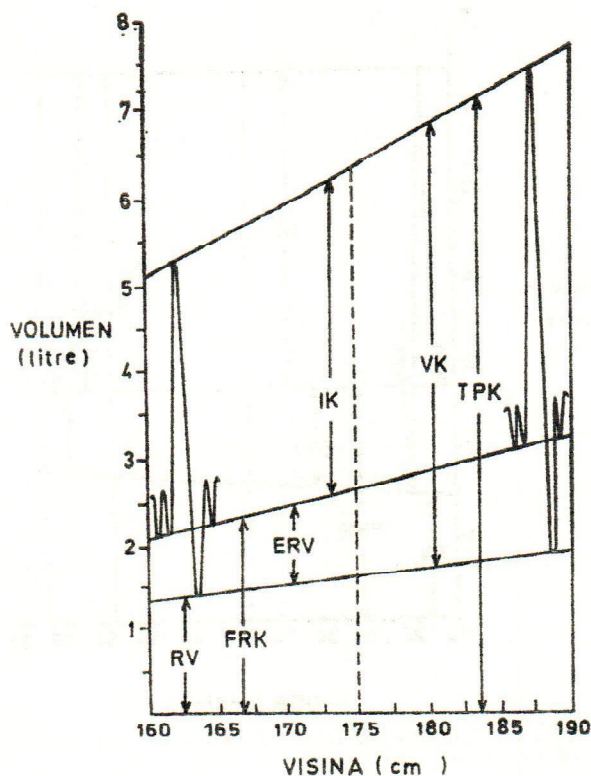


Sl. 1. Utjecaj dobi na plućne volumene. Srednja dob je prikazana iscrtkanom linijom. (Boren i sur., 1966)

2. Promjene prema visini

Svi plućni volumeni povećavaju se s tjelesnom visinom. Najveće promjene s visinom pokazuje totalni plućni kapacitet (TPK), a nakon toga slijedi vitalni kapacitet (VK), inspiratorni kapacitet (IK), funkcionalni rezidualni kapacitet (FRK), rezidualni volumen (RV) i ekspiratorni rezervni volumen (ERV). FEV_1 , $MEP_{25-75\%}$ i MDK također pokazuju pozitivnu korelaciju s visinom (1). Slika 2. prikazuje promjene plućnih volumena u odnosu na stojeću visinu (1).

Plućni volumeni koji su u osnovi fiziološki parametri stoje u korelaciji s visinom kao mjerom ukupne tjelesne veličine. Bilo je pokušaja da se u jednadžbe normalnih vrijednosti umjesto stojeće visine uvede sjedeća visina (2) ili visina na treću potenciju (3). Promjene u stojećoj visini u prosjeku su paralelne s promjenama u sjedećoj visini (4). Boren i suradnici (1) pokazali su da visina daje znatno bolju osnovu za predviđanje normalnih vrijednosti plućnih volumena nego tjelesna površina ili težina.



Sl. 2. Utjecaj tjelesne visine na plućne volumene. Srednja visina je prikazana iscrtkanom linijom. (Boren i sur., 1966)

3. Razlike prema spolu

Muškarci imaju veći plućni kapacitet nego žene. Razlike su najviše izražene u mlađih ljudi. U starijoj dobi funkcija pluća u muškaraca pogoršava se više nego u žena, tako da se početne razlike smanjuju. Uzrok za ovu razliku između oba spola još nije potpuno razjašnjen, ali je vjerojatno vezan na ekspanziju pluća u toku života. Pierce i Ebert (5) pokazali su da pluća odraslog muškarca sadržavaju manje kolagenog tkiva nego pluća žena, što može imati za posljedicu nedovoljni razvoj potpornog tkiva u plućima tokom razvojnog perioda. Kod žena je povećanje težine pluća paralelno s povećanjem plućnih volumena, dok u muškaraca povećanje težine pluća zaostaje za povećanjem volumena. Veća pluća u muškaraca nego u žena pretežno se odnose na alveolarne sakuse, alveole i dišne putove; otpor dišnih putova je zbog toga nešto manji u muškaraca. Taj faktor u kombinaciji s većom snagom muskulature u muškaraca ima za posljedicu veći ventilacijski kapacitet. Muškarci ima-

ju npr. veći MDK, maksimalni ekspiratorni protok i FEV_1 . Međutim procentualni odnos FEV_1 prema vitalnom kapacitetu (VK) niži je u muškaraca nego u žena. Ta razlika može biti zbog suženja dišnih putova u toku ekspiracije, a što je relativno više izraženo u muškaraca nego u žena kao rezultat slabijeg potpornog tkiva odnosno nestabilnosti bronhiolarne stijenke. Potpuno zatvaranje dišnih putova također se javlja kod većih plućnih volumena u muškaraca nego u žena, a što ima za posljedicu veći RV u muškaraca.

Površina alveolo-kapilarnih membrana i volumen alveolarnih kapilara veći su u muškaraca nego u žena; difuzijski kapacitet alveolo-kapilarne membrane i volumena krvi u alveolarnim kapilarama su zbog toga veći. Kao rezultat toga nalazimo veće vrijednosti difuzijskog kapaciteta u muškaraca nego u žena.

4. Cikličke varijacije u plućnoj funkciji

Čini se da plućna funkcija pokazuje dnevne i sezonske varijacije koje su rezultat složenih uzroka kao npr. godišnje dobi, okolne temperature, a u žena i razine hormonalne produkcije.

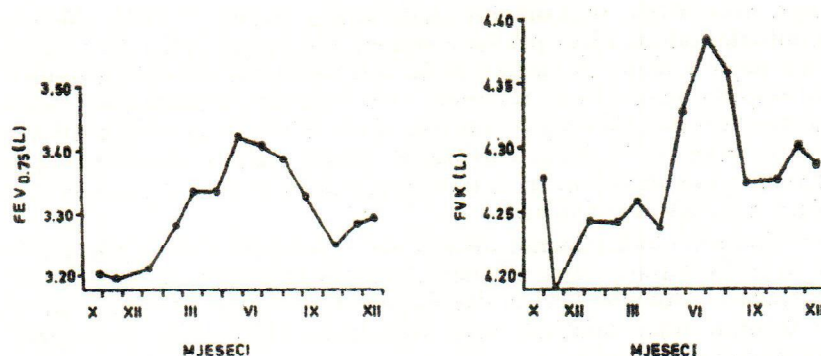
Zedda i Sartorelli (6) pokazali su da je otpor u dišnim putovima najviši u 7 ujutro, a nakon toga se smanjuje u toku prvog sata i do 20% u zdravih osoba. Tokom dana nisu dobivene značajne varijacije. *McDermott* (7) pokazala je razlike otpora u dišnim putovima od 5 do 10% od ujutro do poslijepodne. *Kerr* (8) pokazao je da je provodljivost dišnih putova najniža u 4 ujutro, a najviša u podne. Slično ponašanje dobiveno je i za FRK koji je bio najniži u 24, a najviši u 8 sati. Slično su pokazali *Lewinsohn* i suradnici (9) koji su dobili najviše vrijednosti FEV_1 i FVK u 6 ujutro.

Kokola i Vuorio (10) opisali su dnevne varijacije u ventilacijskoj funkciji pluća i dobili najniže vrijednosti u 8 ujutro, a najviše između 11—14 sati. Te varijacije međutim nisu bile statistički značajne.

Dnevne promjene ventilacijskog kapaciteta u pušača i nepušača ispitali su *Carey* i suradnici (11). U pušača je dobiven značajni pad FEV_1 i FVK od ujutro do poslijepodne, dok je u nepušača dobiven lagani porast.

Morgan i suradnici (12) mjerenjem sezonskih varijacija ventilacijskog kapaciteta u rudara pokazali su da se FEV_1 smanjuje u zimskom periodu. Stupanj smanjenja ventilacijskog kapaciteta bio je veći u starijim dobnim skupinama. Nepušači su imali manje varijacije nego pušači ili bivši pušači.

McKerrow i *Rossiter* (13) našli su u zdravih osoba varijaciju $FEV_{0,75}$ od veljače do kolovoza od 0,10 litara. Autori smatraju da cikličke varijacije plućne funkcije nisu izravno vezane na okolne prilike, nego predstavljaju biološki ritam koji može biti pod utjecajem temperature okoline. Sl. 3. prikazuje $FEV_{0,75}$ i FVK u zdravih osoba u razdoblju od 15 mjeseci (13).



Sl. 3. Varijacije FEV_{0,75} i FVK u zdravih osoba u toku razdoblja od 15 mjeseci. (McKerrow i Rossiter, 1968)

S obzirom na takve fiziološke varijacije u plućnoj funkciji ponavljana mjerenja plućne funkcije u svrhu usporedbe trebalo bi vršiti po mogućnosti u isto godišnje doba.

Ispitivanjem cikličkih varijacija u plućnoj funkciji razni autori dobivaju kontradiktorne rezultate, pa je za sada teško dati definitivni zaključak o značajnosti tih varijacija.

TESTOVI VENTILACIJSKE FUNKCIJE PLUĆA

Najčešći testovi ventilacijske funkcije pluća koji se izvode za potrebe medicine rada jesu FVK i FEV₁. Njihov odnos izražen procentualno kao FEV₁/FVK⁰/₀ pokazao se kao vrlo koristan indeks za utvrđivanje stupnja plućne opstrukcije. U zdravih osoba mjerenjem standardnog VK ili forsiranog VK (FVK) dobijemo iste vrijednosti. Međutim u slučajevima opstrukcije VK ostaje u granicama normale, dok zadržavanje zraka u plućima zbog bronhalne stenozije smanjuje FVK.

Ostali testovi koji se mogu očitati na krivulji forsirane ekspiracije jesu maksimalni ekspiratorni protok između 200—1200 ml (MEP₂₀₀₋₁₂₀₀), između 25—75⁰/₀ VK (MEP_{25-75⁰/₀}) te maksimalni ekspiratorni protok između 75—85⁰/₀ VK (MEP_{75-85⁰/₀}).

U kliničkim i epidemiološkim ispitivanjima plućne funkcije sve se više mjeri krivulja maksimalnog ekspiratornog protoka i volumena (MEPV) (14,15). Na takvoj se krivulji najčešće očitava maksimalni ekspiratorni protok pri 50⁰/₀ ili 75⁰/₀ VK (MEP 50⁰/₀ ili MEP 75⁰/₀).

Ako funkcionalni testovi upućuju na opstruktivi poremećaj dišnih putova, testiranje treba ponoviti 5 do 10 minuta nakon inhalacije bronhodilatatora. Poboljšanje testova za 10—15⁰/₀ upućuje na reverzibilnost opstrukcije.

Pri određivanju plućne funkcije u osoba s astmom treba misliti na učinak ponovljene forsirane ekspiracije. Kod takvih ispitanika mogu se

dobiti visoke vrijednosti testova pri prvom izvođenju forsiranog ekspirograma, dok kod petog ili šestog mjerenja te vrijednosti mogu iznositi 60% početne vrijednosti i često su praćene simptomima kao stezanje u prsima, hripanje i otežano disanje (16). Duboka inspiracija u astmatičnih osoba može također dovesti do refleksne bronhokonstrikcije. Takve su reakcije rezultat bronhalne hiperaktivnosti osoba s astmom.

Drugi dodatni faktor koji treba uzeti u obzir pri testiranju ventilacijske funkcije pluća jest navika pušenja. Pušači bi trebali popušiti zadnju cigaretu barem 1—2 sata prije testiranja, jer akutni efekt jedne popuštene cigarete može trajati i više od jednog sata (17).

U ispitivanju najprikladnijih testova za diferenciranje osoba s kroničnim respiratornim simptomima *Higgins* i *Keller* (18) preporučuju $MEP_{50\%}$, FEV_1/FVK_0 i FEV_1 .

NORMALNE VRIJEDNOSTI VENTILACIJSKE FUNKCIJE PLUĆA

Normalne vrijednosti plućne funkcije temelje se na karakteristikama kao što su dob, spol i tjelesna veličina koja se može definirati tjelesnom težinom, stojećom ili sjedećom visinom i tjelesnom površinom. Dob, spol i stojeća visina pokazali su se kao najprikladniji pokazatelji za predviđanje plućne funkcije. Kombinirani efekt visine i dobi može se jednostavno sumirati: povećanje visine povećava sve plućne volumene, a povećanje dobi povećava RV, ali smanjuje druge plućne volumene. Budući da je gubitak funkcije prema godinama apsolutan i neovisan o početnim vrijednostima, jasno je da će postotak gubitka funkcije biti veći za niže osobe nego za više (19).

Za mnoge indekse plućne funkcije odnosi između veličine i visine i dobi za ispitanike evropskog porijekla veoma su slični, premda su vrlo rijetko identični. Razlike su vjerojatno posljedica različitih kriterija pri izboru ispitanika, varijacija u tehnici mjerenja ili u aparaturi; neke se razlike mogu pripisati različitim klimatskim uvjetima ili barometarskim tlakovima, ili vjerojatno stvarnim biološkim razlikama za koje još nema objašnjenja. Osim toga pri određivanju normalnih vrijednosti još se nedovoljna pažnja posvećuje i navici pušenja.

Položaj tijela kod mjerenja plućne funkcije također je jedan od činičaca koji može imati određenu ulogu (1). Kod promjene položaja iz stojećeg u sjedeći, poluležeći ili ležeći smanjuju se FRK i ERV, te povećava i K. TPK, VK i RV neznatno se smanjuju s promjenom položaja (sl. 4). FRK mjeren u sjedećem položaju mnogo je veći nego u poluležećem ili ležećem.

Vrlo je teško odlučiti koje od različitih standardnih vrijednosti opisanih u literaturi uzeti kao predviđene normalne vrijednosti.

Prvi nomogram za predviđanje normalnih vrijednosti vitalnog kapaciteta opisao je Hutchinson 1846. godine (20). Autor je već u tom radu upozorio da je vitalni kapacitet u direktnom odnosu s visinom, a obrnu-

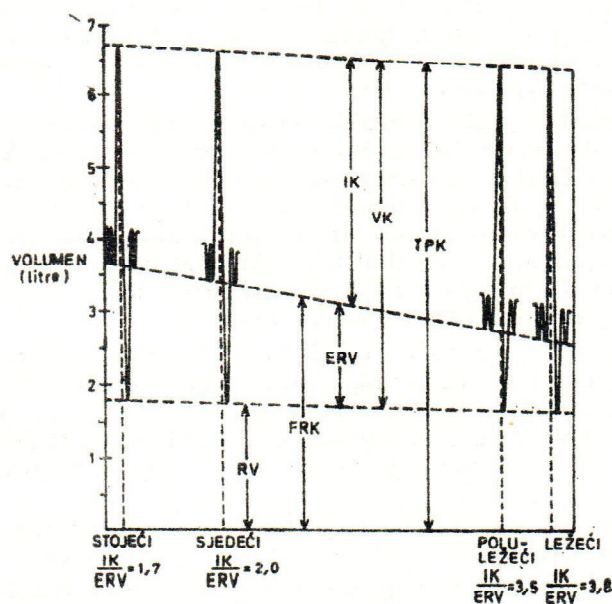
tom s dobi. Poboljšanje metode mjerenja i novije statističke metode dovele su do razrade niza jednadžbi za predviđanje normalnih vrijednosti plućne funkcije.

Budući da ne raspolažemo normalnim vrijednostima ventilacijske funkcije pluća za našu populaciju, koristimo se normativima raznih drugih autora. Većina normalnih vrijednosti odnosi se na VK i FEV₁. Među normama koje se najviše spominju jesu one *Baldwina* i suradnika (21) — VK: 27,63 — (0,112 x god.) x visina cm za muškarce, a VK: 21,78 — (0,101 x god.) x visina (cm) za žene.

Cara (22) i *Jouasset* (23) izmjerili su VK na velikom broju ispitanika i njihovi su podaci upotrebljeni u izradi normalnih vrijednosti Evropske zajednice za ugljen i čelik (CECA) (24). CECA daje normalne vrijednosti za VK, FEV₁, FEV₁/VK^{0/0}, RV, i RV/TPK^{0/0} posebno za žene i muškarce u odnosu na treću potenciju tjelesne visine.

U literaturi se često navode i normalne vrijednosti *Cotesa* (25) koji daje u obliku nomograma vrijednosti VK, FEV₁, RV, TPK i RV/TPK^{0/0} za određenu dob, visinu i spol. Od američkih normi najviše se upotrebljavaju norme *Koryja* i suradnika (26) za VK, FEV₁, FEV_{0,5}, maksimalni dišni kapacitet i RV za muškarce, te VK i FEV₁ za žene.

Amrein i suradnici (27) publicirali su normalne vrijednosti dobivene na 1000 zdravih osoba dobi 15 do 70 godina. Autori su dali jednadžbe i izradili norme za određivanje normalnih vrijednosti VK, RV, odnosa



Sl. 4. Utjecaj položaja tijela na plućne volumene (*Boren i sur., 1966*)

FEV₁/VK i otpora strujanja zraka u dišnim putovima. *Morris* i suradnici (28) na skupini od 963 nepušača muškaraca i žena odredili su normalne vrijednosti odnosa FEV/FVK^{0/0} za zdravu populaciju nepušača.

Morris i suradnici (29) ispitivali su skupinu od 988 zdravih nepušača i dali nomograme za očitavanje FVK, FEV₁, MEP₂₀₀₋₁₂₀₀, i MEP₂₅₋₇₅ %^{0/0}. *Leuallen* i *Fowler* (30) daju također normalne vrijednosti za MEP₂₅₋₇₅ %^{0/0}. MEP₂₅₋₇₅ %^{0/0} pokazao se kao znatno osjetljiviji indeks od FEV₁ za utvrđivanje opstruktivnih promjena u malim dišnim putovima. *Kuperman* i *Riker* (31) našli su visoku korelaciju između MEP₂₅₋₇₅ sa FEV₁/FVK^{0/0} i preporučuju FEV₁/FVK^{0/0} kao dovoljno osjetljiv test za otkrivanje osoba s respiratornim simptomima. *Kuperman* i *Riker* (31) dali su normalne vrijednosti za MEP₂₅₋₇₅ %^{0/0} u različitim skupinama ispitanika na temelju njihova odnosa s FEV₁/FVK^{0/0}.

Nedavno su *Morris* i suradnici (32) opisali mjerenje maksimalnog ekspiratornog protoka na krajnjem dijelu krivulje forsiranog ekspirirja između 75—85% vitalnog kapaciteta (MEP₇₅₋₈₅ %^{0/0}). Autori su dali jednadžbe i nomograme za izračunavanje normalnih vrijednosti prema dobi, spolu i visini. Taj je test također pokazao negativnu korelaciju s dobi i pozitivnu korelaciju s visinom. Autori su pokazali da je MEP₇₅₋₈₅ %^{0/0} znatno osjetljiviji za utvrđivanje opstruktivnih promjena nego MEP₂₅₋₇₅ %^{0/0}.

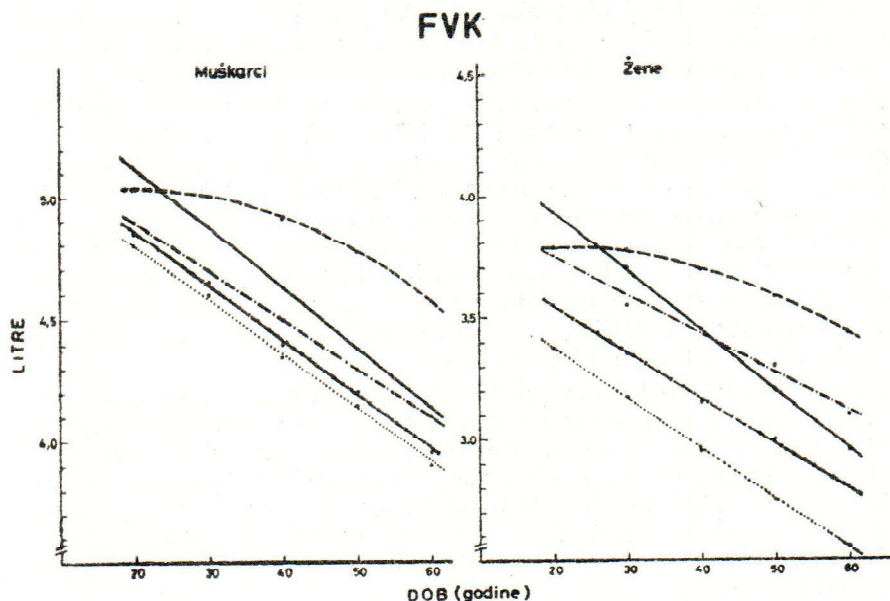
U epidemiološkim ispitivanjima često se mjeri maksimalna brzina ekspiracije (MBE) po *Wrightu*. *Leonards* (33), *Leiner* i suradnici (34) i *Ferris* i suradnici (3) publicirali su jednadžbe i nomograme za predviđanje normalnih vrijednosti MBE (lit/min) prema spolu, dobi i tjelesnoj visini. Autori su dobili značajnu korelaciju između FEV₁ i MBE zaključujući da MBE predstavlja jedan dodatni parametar koji se može iskoristiti za testiranje plućne funkcije u uvjetima industrijske ekspozicije.

Cherniack i *Raber* (36) ispitali su skupinu od 1331 nepušača dobi 15 do 79 godina i dali nomograme za određivanje normalnih vrijednosti maksimalnog ekspiratornog protoka pri 75%^{0/0}, 50%^{0/0} i 25%^{0/0} VK (MEP₇₅, MEP₅₀, MEP₂₅). Isti autori dali su i norme za VK i FEV₁.

Ispitivanja *Kanceljakove* i suradnika (37) na manjoj skupini od 110 ispitanika pokazala su da su vrijednosti VK i FEV₁ za našu populaciju najbliže normalnim vrijednostima CECA (24) i *Koryja* i suradnika (26).

Sl. 5. i 6. prikazuju očekivane normalne vrijednosti FVK i FEV₁ prema različitim autorima za muškarce visine 170 cm i žene visine 160 cm u raznim dobnim skupinama. Najniže vrijednosti dobivene su po *Cotesu* (25) za FVK i FEV₁. Norme CECA (24) pokazuju izrazito više vrijednosti VK od ostalih normi za oba spola.

U jednom ispitivanju testirali smo ventilacijsku funkciju pluća (FEV₁ i FVK) u skupini od 50 zdravih radnica (dob: 32—58 godina; visina: 150—171 cm) zaposlenih na radnim mjestima bez ekspozicije štetnim agensima. Testiranje je izvršeno prvog radnog dana u tjednu (ponedjeljkom) prije radne smjene. Testovi ventilacijske funkcije pluća mjereni su na spirometru tipa Bernstein i dobivene vrijednosti korigirane



Sl. 5. Usporedba normalnih vrijednosti FVK za muškarce tjelesne visine 170 cm i žena tjelesne visine 160 cm u raznim dobnim skupinama prema različitim autorima: Morris i sur., 1971 (—), CECA, 1971 (-----), Cherniack i Raber, 1972 (-.-.-.-), Kory i sur., 1961 (-x-x-x), Cotes, 1968 (.....).

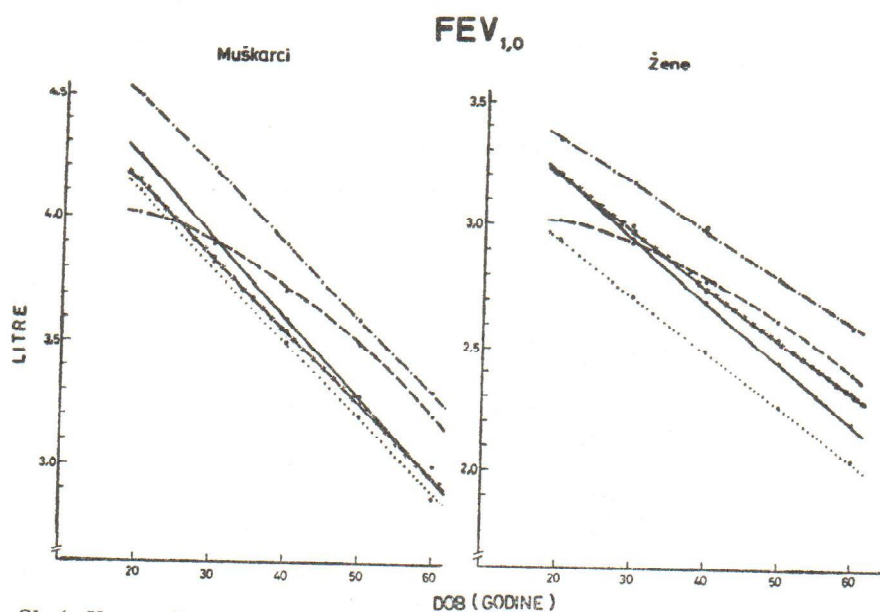
na tjelesnu temperaturu i zrak zasićen vodenom parom. Izmjereni FVK i FEV_1 uspoređivani su s očekivanim normalnim vrijednostima različitih autora (24, 25, 29, 36, 38).

Sl. 7. prikazuje izmjene vrijednosti FVK i FEV_1 u naših ispitanika kao postotak normalnih vrijednosti FVK i FEV_1 spomenutih autora.

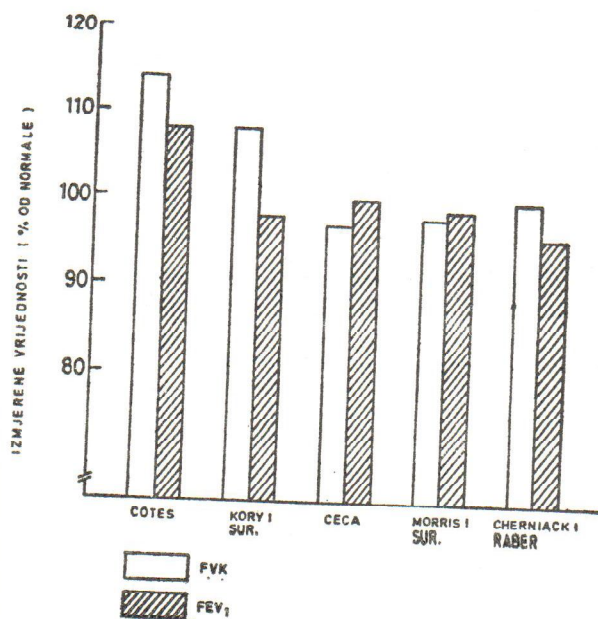
Naši preliminarni podaci upućuju na to da su normalne vrijednosti FVK i FEV_1 prema Morrisu i suradnicima (29) najbliže vrijednostima FVK i FEV_1 za našu populaciju. Nakon toga dolaze norme CECA (24), a nakon toga normalne vrijednosti Cherniacka i Rabera (36). Normalne vrijednosti FVK-a prema Cotesu (25) i Koryju i suradnicima (38) znatno su niže nego u naših ispitanika, dok su FEV_1 norme istih autora bliže našim izmjerenim vrijednostima. Taj se zaključak ne može smatrati definitivnim jer je dobiven na premalom broju ispitanika.

Kod zdravih osoba bez respiratornih simptoma ili povremenih ataka bolesti respiratornog sistema normalno godišnje smanjenje FEV_1 varira prema raznim autorima od 21 ml/god. do 33 ml/god. (25, 26, 29, 35, 39). Našim ispitivanjem (40) skupine zdravih muškaraca nepušača dobiven je godišnji pad FEV_1 od 0,02 litre.

Pušenje ima izrazito negativni efekt na ventilacijsku funkciju pluća. Kronični efekt pušenja očituje se u sniženim vrijednostima plućne funk-



Sl. 6. Usporedba normalnih vrijednosti $FEV_{1.0}$ za muškarce tjelesne visine 170 cm i žena tjelesne visine 160 cm u raznim dobnim skupinama prema različitim autorima: Morris i sur., 1971 (—), CECA, 1971 (---), Cherniack i Raber, 1972 (-·-·-), Kory i sur., 1961 (-x-x-x), Cotes, 1968 (.....).



Sl. 7. Srednja vrijednost FVK i FEV_1 u 50 zdravih radnica dobi 32—58 godina, tjelesne visine 150—171 cm prikazana kao postotak normalnih vrijednosti prema Cotesu (1968), Koryju i sur. (u tisku), CECA (1971), Morrisu i sur. (1971), Cherniacku i Raberu (1972)

cije u pušača u usporedbi s nepušačima. Razlika je ovisna o broju dnevno popušanih cigareta, trajanju pušenja, težini respiratornih simptoma (kašalj, iskašljaj, bronhitis). Slika 8. prikazuje prosječni godišnji pad FEV_1 u nepušača, laganih pušača, teških i bivših pušača (25).



Sl. 8. Prosječni godišnji pad FEV_1 u nepušača, blagih pušača, teških i bivših pušača (Cotes, 1968)

USPOREDBA IZMJERENIH VRIJEDNOSTI VENTILACIJSKE FUNKCIJE PLUĆA S KONTROLNOM SKUPINOM

U svrhu ocjene rezultata testova plućne funkcije u uvjetima industrijske ekspozicije vrlo često se upotrebljava metoda uspoređivanja izmjerenih vrijednosti u eksponiranih radnika s kontrolnom neeksponiranom skupinom odgovarajuće dobi i spola.

U tablici 1. prikazujemo kao primjer rezultate ispitivanja kroničnog efekta tekstilne prašine na respiratornu funkciju radnica u preradi konoplje i pamuka u usporedbi s kontrolnim radnicama (41).

Tablica 1.

Srednje vrijednosti FEV_1 u eksponiranih radnica

Skupina	N	Srednja dob	Srednja visina	FEV_1 (ml)
Konoplja	102	34	159	2754 <0,01
Kontrola	78	32	158	3247
Pamuk	139	32	162	3037 <0,01
Kontrola	90	34	163	3432

Radnice eksponiranih skupina imale su statistički značajno niže vrijednosti FEV₁ nego kontrolne ($P < 0,01$). Ovi rezultati jasno upućuju na štetno djelovanje prašine konoplje i pamuka u smislu oštećenja ventilacijske funkcije pluća.

U tablici 2. prikazujemo rezultate ispitivanja FVK i FEV₁ u skupini od 418 supruge rudara i 122 supruge kontrolnih radnika (42). Rezultati su iskazani kao procenti od očekivanih normalnih vrijednosti. Iz tablice 2. je vidljivo da su u žena rudara nađene statistički značajno snižene vrijednosti FEV₁ ($P < 0,01$), dok to nije bio slučaj s FVK.

Tablica 2.
FVK i FEV₁ u supruge rudara i kontrolnih radnika

Skupine	N	FVK		FEV ₁	
		srednja vrijednost (%)	s. d.	srednja vrijednost (%)	s. d.
Supruge kontrolnih radnika	122	111,3 NZ	13,5	101,0 $P < 0,01$	16,6
Supruge rudara	418	109,7	15,4	89,6	15,5

NZ: razlika statistički neznačajna ($P > 0,05$)

Usporedba rezultata testova plućne funkcije s odgovarajućom kontrolnom skupinom pokazala se kao vrlo prikladna metoda osobito u epidemiološkim ispitivanjima za utvrđivanje djelovanja štetnih agensa kojima su izloženi industrijski radnici. Važno je međutim da se raspodjela po dobi i tjelesnoj visini kontrolne skupine ne razlikuje značajno od raspodjele eksponiranih ispitanika.

PONAVLJANO ISPITIVANJE ISTIH RADNIKA

Osim uspoređivanja s normalnim vrijednostima i kontrolnom skupinom kao osjetljiva metoda za praćenje promjena plućne funkcije pokazalo se longitudinalno ponavljano ispitivanje istih radnika u toku određenog razdoblja. U takvim slučajevima osoba služi kao vlastita kontrola, a vrijednosti ponavljanih mjerenja mogu se uspoređivati s promjenama plućne funkcije koje se normalno očekuju kao rezultat dobi. Brže smanjenje ventilacijske funkcije pluća upućivati će na postojanje respiratornih simptoma koji mogu biti rezultat profesionalne ekspozicije štetnim agensima.

Da bismo utvrdili dugotrajni efekt ekspozicije prašini konoplje na respiratornu funkciju, dvaput smo u razdoblju od 10 godina ispitali plućnu funkciju skupine tekstilnih radnica zaposlenih u preradi pamu-

ka (43). U toku obaju ispitivanja mjeren je FEV₁ ponedjeljkom prije radne smjene. Tablica 3. prikazuje FEV₁ u 1963. i 1973. posebno za radnice s bisinozom i bez nje, te za kontrolnu skupinu, kao i godišnji pad FEV₁.

Tablica 3.
Srednji godišnji pad FEV₁ u tekstilnih radnica s obzirom na razvoj simptoma bisinoze

Skupina	FEV ₁		Srednji godišnji pad (ml)
	1963.	1973.	
	Izmjeren	Izmjeren	
Bez bisinoze 1963. i 1973.	2898	2619	27
Bez bisinoze 1963, ali s bisinozom 1973.	2721	2337	38
S bisinozom 1963. i 1973.	2478	1925	55
Kontrola	2798	2576	22

Najveći pad FEV₁ dobiven je u radnica koje su imale simptome bisinoze 1963. i 1973. g. (55 ml), a najniži u onih koje nisu imale simptome bisinoze u toku obadvaju ispitivanja (27 ml). Kontrolna skupina je pokazivala očekivani pad od 22 ml.

Ponovljeno ispitivanje ventilacijske funkcije pluća izvršeno u radnika zaposlenih u cementnoj industriji (tablica 4) pokazuje znatno veći godišnji pad FEV₁ i FVK nego što treba očekivati u neizloženih osoba (20–30 ml/god.) (44).

Tablica 4.
Srednji godišnji pad FEV₁ i FVK u radnika u preradi cementa i umirovljenih radnika

Skupina	FVK (ml)/god.	FEV ₁ (ml)/god.
Cement	55,7	88,1
Umirovljeni	58,1	61,9

Ovakav način evaluiranja rezultata testova plućne funkcije vrlo je prikladan za kontinuirano praćenje jedne skupine radnika eksponirane određenim štetnim agensima.

LITERATURA

1. Boren, H. G., Kory, R. C., Syner, J. C.: The Veterans Administration-Army Cooperative Study of Pulmonary Function, *Amer. J. Med.*, 41 (1966) 96.
2. Needham, C. D., Rogan, M. C., McDonald, I.: Normal Standards for Lung Volumes, Intrapulmonary Gas-Mixing, and Maximum Breathing Capacity, *Thorax*, 9 (1954) 313.

3. Hepper, N. G. G., Fowler, W. S., Helmholtz, H.: Relationship of Height to Lung Volume in Healthy Men, *Dis. Chest*, 37 (1960) 314.
4. Zucker, T. F.: Regression of Standing and Sitting Heights on Body Weight: *Man. Fed. Amer. Soc. Experim. Biol., Growth*, str. 336, Washington, 1962.
5. Pierce, J. A., Ebert, R. V.: Fibrous Network of the Lung and its Change with Age, *Thorax*, 20 (1965) 469.
6. Zedda, S., Sartorelli, E.: Variability of Plethysmographic Measurements of Airway Resistance During the Day in Normal Subjects and in Patients with Bronchial Asthma and Chronic Bronchitis, *Respiration*, 28 (1971) 158.
7. McDermott, M.: Diurnal and Weekly Cyclical Changes in Lung Airways Resistance, *J. Physiol.*, 186 (1966) 90.
8. Kerr, H. D.: Diurnal Variation of Respiratory Function Independent of Air Quality, *Arch. Environ. Health*, 26 (1973) 144.
9. Lewinsohn, H. C., Capel, L. H., Smart, J.: Changes in Forced Expiratory Volumes Throughout the Day, *Brit. Med. J.*, 1 (1960) 462.
10. Kokkola, K., Vuorio, M.: Diurnal Variation of Respiratory Function in Patients with Severe Airways Obstruction, *Scand. J. Resp. Dis.*, 54 (1973) 137.
11. Carey, G. C. R., Dawson, T. A. J., Merrett, J. D.: Daily Changes in Ventilatory Capacity in Smokers and in Non-Smokers, *Brit. J. prev. soc. Med.*, 21 (1967) 86.
12. Morgan D. C., Pasqual, R. S. H., Ashford, J. R.: Seasonal Variations in the Measurement of Ventilatory Capacity and in the Answers of Working Coal Miners to a Respiratory Symptoms Questionnaire, *Brit. J. prev. soc. Med.*, 18 (1964) 88.
13. McKerrow, C. B., Rossiter, C. E.: An Annual Cycle in the Ventilatory Capacity of Men with Pneumoconiosis and of Normal Subjects, *Thorax*, 23 (1968) 340.
14. Bouhuys, A.: *Breathing. Physiology, Environment and Lung Disease*, Grune and Straton, New York, London, 1974.
15. Hyatt, R. E., Black, L. F.: The Flow-Volume Curve, *Amer. Rev. Resp. Dis.*, 107 (1973) 191.
16. Roncoroni, A. J., Goldman, E., Puy, R. J. M., Mancino, M.: Bronchoconstriction Induced by Repeated Forced Vital Capacity Manoeuvres, *Acta Allergol.*, 30 (1975) 375.
17. Žuškin, E., Mitchell, C. A., Bouhuys, A.: Interaction Between Effects of Beta-blockade and Cigarette Smoke on Airways, *J. Appl. Physiol.*, 36 (1974) 449.
18. Higgins, M. W., Keller, J. B.: Seven Measures of Ventilatory Lung Function, *Amer. Rev. Resp. Dis.*, 108 (1973) 258.
19. Sobol, B. J.: Setting the Limits of Normal for Pulmonary Function: A Problem and a Paradox, *Chest*, 65 (1974) 240.
20. Hutchinson, J.: On Capacity of Lungs and on Respiratory Functions with View of Establishing a Precise and Easy Method of Detecting by Spirometer. *Tr. Med. Chir. Soc. London*, 29 (1846) 137.
21. Baldwin, E., Cournand, A., Richards, D. W.: *Pulmonary Insufficiency. 1. Physiological Classification, Clinical Methods of Analysis, Standard Values in Normal Subjects*, *Medicine*, 27 (1948) 243.
22. Cara, M., Sadoul, P., Bolt, W.: To define ventilatory norms, it is necessary to introduce a statistical hypothesis: verification of the constancy of the variation as a function of age, *C. R. Soc. Biol. (Paris)*, 155 (1961) 52.
23. Jouasset, D.: *Normalisation des Epreuves Fonctionnelles Respiratoires dans les Pays de la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier, Poumon et Coeur*, 16 (1960) 1145.
24. *Commission des Communautés Européennes — CECA, Collection d'hygiène et de médecine du travail*, No. 11. 2^e Édition, Luxembourg, 1971.
25. Cotes, J. E.: *Lung Function*, 2. izd., Blackwell, Oxford, 1968.

26. Kory, R. C., Callahan, R., Boren, H. G., Syner, M. J.: The Veterans Administration-Army Cooperative Study of Pulmonary Function. *Amer. J. Med.*, 30 (1961) 243.
27. Amrein, R., Keler, R., Joos, H., Herzog, H.: New Normal Values for Ventilatory Function, *Germ. Med. Monthly*, 15 (1970) 186.
28. Morris, J. F., Temple, W. P., Koski, A.: Normal Values for the Ratio of One-Second Forced Expiratory Volume to Forced Vital Capacity, *Amer. Rev. Resp. Dis.*, 108 (1973) 1000.
29. Morris, J. F., Koski, A., Johnson, L. C.: Spirometric Standards for Healthy Nonsmoking Adults, *Amer. Rev. Resp. Dis.*, 103 (1971) 57.
30. Leuallen, E. C., Fowler, W. S.: Maximal Mid-Expiratory Flow, *Amer. Rev. Tuberc. Pulm. Dis.*, 72 (1955) 783.
31. Kuperman, A. S., Riker, J. B.: The Predicted Normal Maximal Midexpiratory Flow, *Amer. Rev. Resp. Dis.*, 107 (1973) 231.
32. Morris, J. F., Koski, A., Breese, J. D.: Normal Values and Evaluation of Forced End-Expiratory Flow, *Amer. Rev. Resp. Dis.*, 111 (1975) 755.
33. Leonards, A. K.: The Peak Expiratory Flow, *Acta Allerg.*, 21 (1966) 99.
34. Leiner, G. C., Abramowitz, S., Small, M. J., Stenby, V. B., Lewis, W. A.: Expiratory Peak Flow Rate, *Amer. Rev. Resp. Dis.*, 88 (1963) 644.
35. Ferris, B. G., Anderson, D. O., Zickmantel, R.: Prediction Values for Screening Tests of Pulmonary Function, *Amer. Rev. Resp. Dis.*, 9 (1965) 252.
36. Cherniack, R. M., Raber, M. B.: Normal Standards for Ventilatory Function Using an Automated Wedge Spirometer, *Amer. Rev. Resp. Dis.*, 106 (1972) 38.
37. Kanceljak-Macan, B., Mimica, M., Paleček, I.: Osvrt na normalne vrijednosti za vitalni kapacitet i maksimalni ekspiratorni volumen u jednoj se kundi kod odraslih osoba, *Tuberkuloza*, 23 (1971) 264.
38. Kory, R. C., Smith, J. R., Callahan, R.: Spirometry in Normal Females, u *pripremi za tisak*.
39. Berglund, E., Birath, G., Bjure, J., Grimby, G., Kjellmer, I., Sandqvist, L., Soderholm, B.: Spirometric Studies in Normal Subjects: 1. Forced Expiratory Program in Subjects Between 7 and 70 years of Age, *Acta med. Scand.*, 173 (1963) 185.
40. Valić, F., Žuškin, E.: Annual Decline of Ventilatory Capacity and Change in Acute Respiratory Response in Hemp Exposure over a 10-Year Period, *Int. Arch. Arbeitsmed.*, 33 (1974) 237.
41. Valić, F., Žuškin, E.: Effects of Different Vegetable Dust Exposures, *Brit. J. industr. Med.*, 29 (1972) 293.
42. Šarić, M., Palaić, S.: The Prevalence of Respiratory Symptoms in a Group of Miners and the Relationship Between the Symptoms and Some Functional Parameters. *Inhaled Particles*, Unwin Brothers, Ltd., London, 1971, vol. 1, str. 863.
43. Žuškin, E., Valić, F.: Change in the Respiratory Response to Coarse Cotton Dust over a Ten-Year Period, *Amer. Rev. Resp. Dis.*, 112 (1975) 417.
44. Šarić, M., Kalačić, I., Holetić, A.: Follow-up of Ventilatory Lung Function in a Group of Cement Workers, *Brit. J. industr. Med.*, 33 (1976) 18.

Summary

EVALUATION OF THE RESULTS OF LUNG FUNCTION TESTS IN OCCUPATIONAL MEDICINE

Biosomatic factors influencing lung function and methods for evaluating ventilatory lung function tests as used in occupational medicine are presented.

Special attention is paid to the tests most frequently used for the assessment of adverse environmental effects.

Normal values reported by various investigators are reviewed and compared with the results of ventilatory lung function measurements in the population surveyed by the authors.

The results of the authors' own studies of ventilatory functions in textile, cement, and coal workers as well as in controls are presented.

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

*Received for publication
July 22, 1976*