

## VENTILACIJSKE FUNKCIJE RADNIKA U EKSTRAKCIJI ALUMINIJA: ČETVEROGODIŠNJE PRAĆENJE

M. Gomzi

*Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb*

*(Primljeno 18. XI. 1987)*

U skupini elektrolizera muškog spola ispitano je smanjenje ventilacijske funkcije pluća studijom praćenja. U 106 radnika izvršen je medicinski pregled sa spirometrijskim testiranjem dva puta, 1980. i 1984. godine. Ta se skupina nije statistički značajno razlikovala u vrijednostima testova plućne funkcije od onih radnika koji su pregledani samo 1980. godine. Koncentracije fluorovodika, fluorida u česticama i sumpornog dioksida izmjerene su na različitim radnim mjestima.

Odnosi između smanjenja FVK i FEV<sub>1</sub> u četverogodišnjem razdoblju i dobi, visine, trajanja ekspozicije, navike pušenja, kroničnih respiracijskih simptoma i početne vrijednosti plućne funkcije proučavani su pomoću metoda multivarijantne analize. Nadenno je da smanjenje FVK i FEV<sub>1</sub> ovisi kako o dobi radnika tako i o njegovoj visini, trajanju ekspozicije i početnoj vrijednosti ispitane plućne funkcije. Slabija ali značajnija povezanost nadenno je i između smanjenja FEV<sub>1</sub> i navike pušenja. Prosječna vrijednost godišnjeg pada FVK (66.1 ml/god.) bila je veća nego FEV<sub>1</sub> (34.9 ml/god.), ali pokazatelji smanjenja forsiranog vitalnog kapaciteta su manje ovisili o analiziranim varijablama, nego pokazatelji smanjenja forsiranog ekspiracijskog volumena u prvoj sekundi.

Sve varijable uključene u analizu omogućuju nam da protumačimo 24-36% ukupne varijabilnosti promjena plućnih funkcija.

Spojevi fluora su ubikvitarni u ljudskom okolišu i imaju u manjim koncentracijama korisne, a u većim štetne učinke na ljudski organizam. Najveći industrijski izvori ambijentalne zagađenosti plinovitim i krutim fluoridima i fluorovodikom su proizvodnja aluminija, cigle i crijepa, umjetnog gnojiva, čelika te sagorijevanje ugljena (1, 2). Pri elektrolitskoj ekstrakciji aluminija iz aluminijevog, natrijevog fluorida - kriolita oslobadaju se znatne količine fluorida te se provode medicinske i tehničke zaštitne mjere da se spriječi razvoj koštane fluoroze i respiracijskih smetnji kao najčešćih posljedica profesionalne ekspozicije (3-6).

Cilj rada je utvrditi da li se u radnika iz elektrolize aluminija koji su duže vrijeme izloženi umjerenim koncentracijama onečišćenja zraka razvijaju kronične respiracijske smetnje i koliki je udio trajanja ekspozicije fluoridima i sumpornom

dioksidu, pušenja, respiracijskih simptoma, dobi, visine i početne vrijednosti ventilacijskih volumena na promjenu ventilacijske funkcije u četverogodišnjem razdoblju.

#### UZORAK I METODE RADA

U svibnju 1980. godine pregledano je 200 radnika muškog spola zaposlenih u elektrolizi aluminija 1 do 24 godine. Primijenjen je modificirani upitnik Britanskog savjeta za medicinska istraživanja s detaljnom radnom anamnezom, izmjeren forsirani vitalni kapacitet (FVK) i forsirani ekspiratorni volumen (FEV<sub>1</sub>) na spirometrijskom uređaju »Pneumscreen«, izvršena kvantitativna procjena navike pušenja (7). Nakon 4 godine ispitivanje je ponovljeno u 53% radnika. Radnici koji nisu praćeni imali su 1980. godine nešto više vrijednosti FVK i nešto su mlađi, te se čini da naš uzorak nije negativno selekcioniran.

Tablica 1.

*Opće karakteristike, trajanje ekspozicije i navika pušenja u radnika pregledanih 1980. i 1984. i radnika pregledanih samo 1980. godine*

	Pregledani 1980. i 1984.		Pregledani samo 1980.	
	N = 106		N = 94	
Dob (god.)	36,6*	8,3	35,9	9,3
Visina (cm)	174,2	5,9	174,9	6,6
Trajanje ekspozicije (god.)	10,4	5,2	8,5	6,8
Navika pušenja				
- nepušači	40	37,7	31	33,0%
- bivši	22	20,8%	20	21,3%
- sadašnji	40	41,5	43	45,7%
Indeks pušenja				
- 1980.	262*	135	279	127
- 1984.	250	141	-	-

\* Aritmetička sredina i standardna devijacija

Na tablicama 1. i 2. prikazani su opći podaci i srednje vrijednosti ventilacijskih volumena u obje skupine radnika. Koncentracija fluorovodika, fluorida i sumpornog dioksida izmjerene su na 27 radnih mjesta (tablica 3).

Indeks pušenja se u promatranom razdoblju nije značajno promijenio. Pri drugom pregledu je bilo 4% pušača manje, ali je trajanje pušenja 4 godine duže.

Statistička obrada izvršena je pomoću metode deskriptivne statistike i linearne multiple regresije (8, 9). Promjene ventilacijskih volumena analizirane su kao funkcija dobi, visine, trajanja ekspozicije, navike pušenja, respiracijskih simptoma i početne vrijednosti vitalnog kapaciteta, odnosno ekspiratornog volumena u prvoj sekundi.

Tablica 2.

*Ventilacijska funkcija pluća u radnika elektrolize*

N	Pregledani 1980. i 1984. N = 106		Pregledani samo 1980. N = 94	
	FVK (L)	4,00*	9,96	4,25
FEV <sub>1</sub> (L)	3,47	0,79	3,66	0,91
FKV %	85,2	17,1	88,1	19,7
FEV <sub>1</sub> %	85,6	15,4	87,3	17,1
FEV <sub>1</sub> /FVK %	87,3	8,1	86,7	8,4

\* Aritmetička sredina i standardna devijacija

Tablica 3.

*Koncentracija onečišćenja na radnim mjestima (N = 27) u elektrolizi aluminija*

	1980.	1984.	MDK*
	Raspon		
Fluorovodična kiselina (mg/m <sup>3</sup> )	0,27 - 4,1	0,17 - 2,72	1,7
Fluoridi (mg/m <sup>3</sup> )	0,02 - 1,6	0,01 - 1,25	1,0
Sumporni dioksid (mg/m <sup>3</sup> )	0,08 - 4,0	2,26 - 6,32	10,0

\*JUS, 1971.

REZULTATI

Na tablicama 4. i 5. prikazane su promjene ventilacijskih volumena ovisno o respiracijskim simptomima, navici pušenja i trajanju izloženosti fluoridima i sumpornom dioksidu. Godišnji pad vitalnog kapaciteta je veći u skupini radnika s respiracijskim simptomima definiranim kao kronični bronhitis, u pušača i u onih koji su duže zaposleni u elektrolizi. Godišnji pad ekspiratornog volumena je veći u skupini radnika bez simptoma kroničnog bronhitisa, u pušača i u radnika koji su više od 10 godina izloženi udisanju onečišćenja u elektrolizi. Promjena vitalnog kapaciteta u razdoblju praćenja pokazuje statistički značajnu povezanost s dobi radnika, njihovom visinom i trajanjem zaposlenja u elektrolizi (tablica 6). Smanjenje forsiranog ekspiratornog volumena je statistički značajno povezano s dobi, trajanjem ekspozicije i respiracijskim simptomima pregledanih radnika (tablica 7). Tablica 8. prikazuje regresijske jednadžbe u kojima su zavisne varijable promjene FVK i FEV<sub>1</sub>, a nezavisne su dob, visina, ekspozicija, pušenje, respira-



Tablica 4.  
Srednje vrijednosti i godišnji pad FVK

	N	FVK (L)		Godišnji pad FVK ml/god.		Godišnji pad FVK %FVK 1980.
Svi radnici	106	4,00*	0,96	66,1	108,1	1,65
Respiracijski simptomi						
s kroničnim bronhitisom	58	3,89	0,89	73,2	92,3	1,88
bez kroničnog bronhitisa	48	4,12	0,92	48,9	95,0	1,19
Navika pušenja						
pušači	66	3,92	0,84	69,1	85,6	1,76
nepušači	40	4,13	0,73	53,0	111,2	1,28
Trajanje ekspozicije						
< 10 godina	67	4,09	0,77	56,2	105,0	1,33
10 godina	39	3,85	0,93	70,1	98,4	1,82

\*Aritmetička sredina i standardna devijacija

Tablica 5.  
Srednje vrijednosti i godišnji pad FEV<sub>1</sub>

	N	FEV (L)		Godišnji pad FEV <sub>1</sub> ml/god.		Godišnji pad FEV <sub>1</sub> %FEV <sub>1</sub> 1980.
Svi radnici	106	3,47*	0,79	34,9	93,5	1,01
Respiracijski simptomi						
s kroničnim bronhitisom	58	3,25	1,05	26,1	95,1	0,80
bez kroničnog bronhitisa	48	3,55	0,84	41,3	109,2	1,16
Navika pušenja						
pušači	66	3,32	0,77	37,0	92,0	1,11
nepušači	40	3,63	0,69	30,0	85,4	0,83
Trajanje ekspozicije						
< 10 godina	67	3,58	0,78	27,2	94,0	0,76
10 godina	39	3,31	0,83	35,4	99,3	1,07

\*Aritmetička sredina i standardna devijacija

Tablica 6.

Koeficijenti linearne korelacije varijabli uključenih u multiplu regresiju (N = 106)

	FVK	Dob	Visina	Ekspozicija	Pušenje	Respiracijski simptomi	FVK 1980.
FVK	-						
Dob	-0,296**	-					
Visina	0,222*	-0,011**	-				
Ekspozicija	-0,351**	0,388**	-0,002	-			
Pušenje	-0,182	0,123	-0,013	0,268**	-		
Respiracijski simptomi	-0,082	0,185**	0,021	0,233*	0,105	-	
FVK 1980.	-0,131	-0,630**	0,139	-0,305	-0,040	-0,168	-

\*p < 0,05  
\*\*p < 0,01

Tablica 7.

Koeficijenti linearne korelacije varijabli uključenih u multiplu regresiju (N = 106)

	FVK	Dob	Visina	Ekspozicija	Pušenje	Respiracijski simptomi	FEV <sub>1</sub> 1980.
FEV <sub>1</sub>	-						
Dob	-0,295**	-					
Visina	0,060	-0,011	-				
Ekspozicija	-0,564**	0,388**	-0,002	-			
Pušenje	-0,154	0,123	-0,013	0,268**	-		
Respiracijski simptomi	-206	0,185**	0,021	0,233**	0,105	-	
FEV <sub>1</sub> 1980.	-0,095	-0,641**	0,184	-0,273**	-0,069	-0,275**	-

\*p < 0,05  
\*\*p < 0,01

Tablica 8.

Jednadžbe regresije za smanjenje ventilacijske funkcije pluća (FVK, FEV<sub>1</sub>) s dobi (A), visinom (H), trajanjem ekspozicije (E), navikom pušenja (S), respiracijskim simptomima (RS) i početnom vrijednošću plućne funkcije (FVK<sub>1980</sub>; FEV<sub>1 1980</sub>)

	a	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>5</sub>	b <sub>6</sub>	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> %
FVK	= a + b <sub>1</sub> A + b <sub>2</sub> H + b <sub>3</sub> E + b <sub>4</sub> S + b <sub>5</sub> RS + b <sub>6</sub> FVK <sub>1980</sub>									
FEV <sub>1</sub>	= a + b <sub>1</sub> A + b <sub>2</sub> H + b <sub>3</sub> E + b <sub>4</sub> S + b <sub>5</sub> RS + b <sub>6</sub> FEV <sub>1 1980</sub>									
FVK	-354,156	-2,43356*	-2,303494*	-4,40259*	-0,05043	4,75862	-0,02316*	0,488	0,237	23,7
FEV <sub>1</sub>	-239,6772	-2,50958*	2,66987	-5,58905**	-0,05186*	-3,86517	-0,003275**	0,600	0,359	35,9

R - koeficijent multiple korelacije

R<sup>2</sup> - koeficijent determinacije

b<sup>n</sup> - koeficijenti djelomične korelacije

\* p < 0,05

\*\* p < 0,01

cijski simptomi i početna vrijednost plućne funkcije. Koeficijent determinacije ( $R^2$ ) pokazuje nam postotak ovisnosti promjene FVK i FEV<sub>1</sub> o istodobnom utjecaju svih varijabli uključenih u regresiju. Navedene nezavisne varijable omogućuju nam da protumačimo 24% varijabilnosti promjene vitalnog kapaciteta i 36% varijabilnosti smanjenja ekspiratornog volumena.

#### RASPRAVA I ZAKLJUČAK

U četverogodišnjem razdoblju praćenja vitalni kapacitet se u radnika elektrolize smanjio u većem postotku od očekivanog, a forsirani ekspiratorni volumen u okviru očekivanog (0,02 do 0,04 L godišnje). Godišnje promjene ventilacijskih volumena se podudaraju s nalazima nekih drugih istraživača u »follow up« studijama radnika profesionalno izloženih prašini i iritansima (10-12). Restriktivna komponenta može biti u vezi s općom zaprašenosti u tvornici ili dugom, kontinuiranom izloženosti onečišćenjima zraka. Nepovezanost pada ventilacijske funkcije pluća i simptoma kroničnog bronhitisa upućuje na različite mehanizme redukcije plućne funkcije i razvoja kroničnih respiracijskih simptoma.

Koeficijenti djelomične regresije pokazuju značajne odnose između individualnog smanjenja FVK i dobi, visine, ekspozicije i početne vrijednosti FVK; te između individualnog smanjenja FEV<sub>1</sub> i dobi, visine, ekspozicije, pušenja i početne vrijednosti FEV<sub>1</sub>.

Ova prospektivna studija ima ograničenu vrijednost zbog relativno malog broja uključenih radnika te dosta velike varijabilnosti spirometrijskih testova. Međutim, relativni rizik od ekspozicije kao uzročnog faktora bolesti može se bolje procijeniti na osnovi incidencije nego prevalencije respiracijskih simptoma, a također prateći vrijednosti plućne funkcije kroz određeno vrijeme. Incidencija od 18% u 4 godine kao i statistička povezanost pada ventilacijskih volumena s trajanjem ekspozicije odnosno zaposlenja u elektrolizi aluminijske upućuje na povezanost profesionalne izloženosti onečišćenju zraka i razvoja respiracijskih poremećaja.

#### Literatura

1. Fluorides, NAS, Washington DC, 1971.
2. Hodge, H.C, Smith., F.A.: Occupational fluoride exposure, J.Occup. Med., 19 (1977) 12.
3. Eduard, W., Lie, A.: Influence of fluoride recovery alumina on the work environment and the health of aluminium potroom workers. J. Epid. Comm. Health, 33 (1979) 210.
4. Šarić, M., Gomzi, M., Hrustić, O., Pauković, R., Rudan, P.: Respiratory impairment in the electrolytic extraction of aluminium. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 42 (1979) 217.
5. Midttun, O.: Bronchial asthma in the aluminium industry. Acta Allergol. 15 (1960) 208.
6. Šarić, M., Žuškin, E., Gomzi, M.: Bronchoconstriction in potroom workers. Br. J. Ind. Med. 36 (1979) 211.
7. Brinkman, G.L., Coates, E.O.: The effect of bronchitis, smoking and occupation on ventilation. Am. Rev. Respir. Dis., 87 (1963) 684.
8. Petz, B.: Osnovne statističke metode. Zagreb, 1970.



9. *Armitage, P.*: Statistical methods in medical research. Blackwell scientific publications, Oxford and Edinburgh. 1971.
10. *Van der Lende, R., Kok, T.J., Peset Reig, R., Quanjer, Ph.H., Shouten, J.P., Orie, N.G.M.*: Decreases in VC and FEV<sub>1</sub> with time: indicators for effects of smoking and air pollution. Bull. Europ. Physioayth. Resp., 7 (1981) 775.
11. *Hermann, H.*: Longitudinal changes in ventilatory capacity among men over 3-year period. Scand. J. Resp. Dis., 57 (1976) 313.
12. *Kauffmann, F., Drouet, D., Lellouch, J., Brille, D.*: Occupational exposure and 12 year spirometric changes among Paris area workers. Br. J. Ind. Med. 39 (1982) 221.

### Summary

#### VENTILATORY FUNCTIONS IN ALUMINIUM EXTRACTION WORKERS: A FOUR-YEAR FOLLOW-UP

A follow-up study on ventilatory decrements was carried out in a group of male potroom workers. In 106 workers complete interviews and spirometric tests were performed on two occasions, in 1980 and again in 1984. In respect to lung function tests the group differed slightly but not significantly from the workers examined only in 1980. Measurements of hydrogen fluoride, particulate fluoride and sulphur dioxide concentrations were conducted at different workplaces.

The relationship between the FVC and FEV<sub>1</sub> decline over the four-year period and the worker's age, height, years of exposure, smoking habit, occurrence of chronic respiratory symptoms and initial lung function level were examined by the method of multivariate analysis. The rates of FVC and FEV<sub>1</sub> decline related to the age as well as to the height, years of exposure and initial lung function value. There was also a distinct but weaker relationship between FEV<sub>1</sub> decline and smoking habit. The mean annual decline in FVC (66.1 ml/a) was higher than in FEV<sub>1</sub> (34.9 ml/a), but the decreased forced vital capacity indices were related to the variables analysed to a lesser extent than those of the forced expiratory volume in the first second.

The variables accounted for approximately 24-36% of the total variability of the lung function changes.

*Institute for Medical Research and Occupational Health,  
University of Zagreb, Zagreb*

*Received for publication  
November 18, 1987*