

KRONIČNE KARDIJALNE I PULMONALNE
SMETNJE U RADNIKA IZ PROIZVODNJE
ALUMINIJA*

M. Gomzi i Z. Pišl

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

(Primljeno 27. I. 1986)

Na osnovi vlastitih istraživanja kao i ispitivanja ostalih autora u radu je analiziran problem kroničnih pulmonalnih smetnji i kardijalnih simptoma u radnika zaposlenih u elektrolitskoj ekstrakciji aluminija.

Medicinski su pregledane dvije skupine radnika, koje su različito dugo izložene iritansima. Funkcionalni i klinički respiracijski nalazi kao i medicinska anamneza upućuju da postoji povezanost izloženosti štetnim tvarima iz elektrolitskih peći i pojave kronične plućne bolesti.

U pregledanih radnika nije nađen direktan učinak dužine izloženosti iritansima na učestalost kardijalnih simptoma.

Toksični učinak sastojaka fluora poznat je više od stotinu godina (1), a 1912. je *Bartolucci* (2) uveo pojam »fluoroza« u toksikološku literaturu. U početku se taj pojam odnosio na koštano-zglobne promjene osoba izloženih visokim koncentracijama fluorida, da bi se uskoro pokazao učinak i na respiracijski sustav. Podaci istraživača o prevalenciji kroničnih respiracijskih simptoma i o poremećajima plućne funkcije znatno se razlikuju ovisno o individualnim karakteristikama izloženih osoba, vrsti i koncentraciji industrijske ekspozicije i tehnološkog procesa te o primijenjenoj metodologiji ispitivanja (3—11). O utjecaju izloženosti fluoridima na kardiovaskularni sustav postoje vrlo oskudni podaci (7, 12). Cilj našeg rada bio je ispitati da li se u radnika izloženih umjerenim koncentracijama spojeva fluora tokom dužeg razdoblja u toku elektrolitske redukcije aluminija razvijaju kronične pulmonalne i kardijalne smetnje koje bi se mogle dovesti u vezu s tom profesionalnom izloženošću.

* Ovaj je rad rezultat višegodišnje suradnje Laboratorija za epidemiologiju kroničnih bolesti i Laboratorija za higijenu okoline Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada u Zagrebu sa zdravstvenim radnicima, tehničkom službom i svim ostalim radnim ljudima SOUR Industrije aluminija »Boris Kidrič« Sibenik.

UZORAK I METODE RADA

Skupinu ispitanika čini 200 radnika muškog spola, u dobi od 21 do 57 godina, koji su prosječno 9,4 godine bili zaposleni u elektrolitskoj redukciji aluminija u dva pogona. Uzorak se sastojao od dvije skupine koje su se razlikovale po dužini i vrsti izloženosti. Opće karakteristike pregledanih radnika prikazane su na tablici 1.

U svih radnika primijenjen je Upitnik Britanskog savjeta za medicinska istraživanja (13) o respiracijskim i kardiovaskularnim simptomima s radnom anamnezom, izvršeno spirometrijsko testiranje, izmjeren krvni tlak, snimljen elektrokardiogram i određena izloženost radnika fluoridima.

Nalazi plućne funkcije dobiveni su na spirometrijskom uređaju »Pneumocscreen«. Restriktivne smetnje ventilacije definirane su kao nalaz forsiranog vitalnog kapaciteta (FVC) niži od 80% od očekivanih vrijednosti (14). Na opstruktivne smetnje ventilacije upućuje nalaz sekundnog ekspiratornog volumena (FEV_1) niži od 75% od očekivane vrijednosti.

Kronična bronhopulmonalna bolest procijenjena je na osnovi kombinacije anamnestičkih podataka o kroničnim respiracijskim simptomima sa spirometrijskim nalazom restrikcije ili opstrukcije.

Podaci o srčanim smetnjama i simptomima angine pektoris dobiveni su iz odgovora na ciljani upitnik (15). Elektrokardiografski nalazi snimljeni su standardnom tehnikom na trokanalnom elektrokardiografu »EI Niš«. Nalazi su analizirani prema Minnesota kodu (16).

Vrijednosti arterijskog krvnog tlaka veće od 21,3/12,7 kPa svrstane su kao nalaz hipertonije, a vrijednosti krvnog tlaka jednake ili manje od 14,7/9,3 kPa kao nalaz hipotonije (17).

Navika pušenja procijenjena je prema *Brinkmanu i Coatesu* (18).

Prosječna masena koncentracija ukupnih fluorida izmjerena na 22 radna mjesta iznosila je 1,008 mg/m³, te pokazuje graničnu vrijednost maksimalno dopuštene koncentracije.

Statistička obrada je izvršena metodom testiranja razlika između aritmetičkih sredina i proporcija kao i izračunavanjem koeficijenta parcijalne korelacije (19).

REZULTATI

Opći podaci pokazuju da su u drugom pogonu radnici duže izloženi udisanju štetnih aerozagađenja i u većem postotku sadašnji pušači (tablica 1).

Prema anamnestičkim podacima nađena je vrlo visoka učestalost kroničnih respiracijskih smetnji u oba pogona (34–54%), dvostruko viša nego u općoj populaciji. Objektivni spirometrijski nalazi pokazuju da postoje statistički značajne razlike u nalazima opstrukcije i restrikcije između prve i druge skupine radnika (tablica 2). Kronična

Tablica 1.
Opće karakteristike pregledanih radnika

	I.		II.	
	N = 150		N = 50	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Dob (god)	36,7	8,3	39,5	11,4
Visina (cm)	174,7	6,4	174,2	6,0
Dužina ekspozicije (god)	8,4	4,1	12,6**	9,6
Navika pušenja				
sadašnji	36,6%		58,0%*	
bivši	21,4%		12,0%	
nepušači	42,0%		30,0%	

** $p < 0,01$

* $p < 0,05$

Tablica 2.
Kronične pulmonalne smetnje u radnika iz elektrolize aluminijske

	I.		II.	
	N = 150		N = 50	
	f	%	f	%
Kronični bronhitis	78	52,0	27	54,0
Dispneja	59	39,4	17	34,0
Astmatski napadaji	53	35,4	26	52,0*
Restriktivne smetnje ventilacije	35	23,4	28	56,0*
Opstruktivne smetnje ventilacije	18	12,0	19	38,0**
Kronična bronho-pulmonalna bolest	29	19,3	24	48,0**

** $p < 0,01$

* $p < 0,05$

bronhopulmonalna bolest definirana na temelju anamnestičkih podataka i odstupanja od normalnih vrijednosti spirometrijskih testova nađena je u 19% elektrolizera prve skupine i 48% elektrolizera u drugoj.

Prosječne vrijednosti testova plućne funkcije u prvoj su skupini u okviru normale a u drugoj su nađene smanjene vrijednosti ventilacijskih volumena (FVC, FEV₁) te protoka pri većim plućnim volumenima (PEF, MEF₇₅). Rezultati su prikazani na tablici 3.

Koeficijenti korelacije između dužine radnog staža, odnosno trajanja izloženosti i funkcionalnih nalaza pluća pokazuju umjerene nega-

Tablica 3.
Prosječne vrijednosti testova plućne funkcije u radnika iz elektrolize aluminija

	I.		II.	
	N = 150		N = 50	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
FVC L	4,32	0,97	3,58**	1,08
FEV ₁ L	3,73	0,80	3,10**	0,86
PEF Ls ⁻¹	8,94	2,09	7,41**	2,04
MEF ₂₅ Ls ⁻¹	2,67	0,93	2,51	0,91
MEF ₅₀ Ls ⁻¹	5,52	1,57	4,82*	1,53
MEF ₇₅ Ls ⁻¹	7,89	1,86	6,70**	2,03
FVC %	90,5	16,8	75,7**	19,1
FEV ₁ %	89,8	14,7	76,5**	17,0
PEF %	94,2	20,3	79,7**	20,6
MEF ₂₅ %	89,4	29,2	89,9	32,6
MEF ₅₀ %	94,6	24,7	85,2*	27,6
MEF ₇₅ %	98,5	21,6	84,5**	23,8
FEV ₁ /FVC %	86,9	7,5	87,1	10,2

** p < 0,01

* p < 0,05

Tablica 4.
Koeficijenti korelacije između testova plućne funkcije i dužine ekspozicije nakon eliminacije dobi

	I.		II.	
	N = 150		N = 50	
	Dužina ekspozicije		Dužina ekspozicije	
FVC	—0,294*		—0,558*	
FEV ₁	—0,349*		—0,495*	
PER	—0,241*		—0,256	
MEF ₂₅	—0,281*		—0,114	
MEF ₅₀	—0,303*		—0,027	
MEF ₇₅	—0,291*		—0,192	

* p < 0,01

tivne vrijednosti u radnika iz prvog pogona, a u radnika iz drugog pogona naročito je izražena povezanost dužine izloženosti i testova plućne funkcije u velikim dišnim putovima (tablica 4).

Na subjektivne srčane smetnje tužio se velik broj ispitanika, ali prema kriterijima za anginu pektoris simptome koji bi mogli upućivati na koronarnu insuficijenciju nalazimo u oko 10% radnika (tablica 5). Odstupanja od normalnog EKG-a nađena su u oko 35% pregledanih radnika. Ne postoji statistički značajna razlika u odstupanju od normalnog EKG-a u I. i II. pogonu. Hipotonija se u ispitanika pojavljuje u vrlo malom postotku, a hipertoniya, naročito dijastolička, u višem od očekivanog.

Od elektrokardiografskih nalaza koji su izvan granica normale najveći broj se odnosi na sinusnu tahikardiju, depresiju ST-segmenta i inverziju T-vala (tablica 6).

U učestalosti kardiovaskularnih smetnji nema značajnijih razlika između radnika prve i druge skupine.

Tablica 5.
Kardiovaskularne smetnje u radnika iz proizvodnje aluminija

	I.		II.	
	N = 150		N = 50	
	f	%	f	%
Srčane smetnje	71	47,4	17	34,0
Simptomi angine pektoris	18	12,0	4	8,0
Odstupanja od normalnog EKG-a	52	34,7	19	38,0
Sistolička hipertoniya > 21,3 kPa	10	6,7	2	4,0
Dijastolička hipertoniya > 12,7 kPa	33	22,0	9	18,0
Sistolička hipotonija < 14,7 kPa	2	1,4	1	2,0
Dijastolička hipotonija < 9,3 kPa	2	1,4	—	—

RASPRAVA

Pri pregledu 400 radnika iz proizvodnje aluminija 1979. godine nađena je prevalencija kroničnog bronhitisa od 5 do 15% po pojedinim pogonima s najvišom prevalencijom u pogonu elektrolize (20). Pet godina kasnije, 1984. godine, čak 34 do 54% radnika od 200 zaposlenih u dva pogona elektrolize tužilo se na kronične respiracijske smetnje:

Tablica 6.
Odstupanja od normalnog elektrokardiograma (N = 200)

	f	%
Q i QS-zubac	2	1,0
Depresija ST-segmenta	11	5,5
Inverzija T-vala	12	6,0
Patološka električna os	8	4,0
Visoki R-zubac	6	3,0
AV blok I. stupnja	2	1,0
Kratki PQ-interval	1	0,5
Potpuni blok	1	0,5
Nepotpuni blok D-grane	7	3,5
Česte ekstrasistole	2	1,0
Sinusna tahikardija	11	5,5
Elevacija ST-segmenta	3	1,5
Visoki T-val	5	2,5

kronični bronhitis, astmatske napadaje i dispneju. Pretpostavlja se da je ta skupina od 200 radnika koja obuhvaća oko 50% ukupno zaposlenih u oba pogona elektrolize negativno selekcionirana, odnosno da su se pregledu u većem broju odazvali radnici koji imaju subjektivne tegobe s disanjem.

Prema spirometrijskim nalazima opstrukcije i restrikcije, kao i učestalosti kronične bronhopulmonalne bolesti pluća postoje statističke značajne razlike između radnika jednog i drugog pogona. Ti podaci se mogu očekivati jer su radnici drugog pogona duže eksponirani, postoje razlike u navici pušenja, a i mjere zaštite na radu su prije 15 do 20 godina bile slabije razvijene. Sinergistički iritirajući učinak dima cigareta i fluorida i ostalih nadražljivaca vjerojatno potiče hiperreaktivne radnike ili teške kašljače da prestanu pušiti. Još je izraženija povezanost dužine ekspozicije i prevalencije kronične bronhopulmonalne bolesti pluća. Značajni faktori koji utječu na tu povezanost su životna dob i navika pušenja. Funkcionalni nalazi pluća pokazuju da se u dijela radnika razvijaju opstruktivno-restriktivne smetnje ventilacije, i to u većoj mjeri što su duže zaposleni. Restriktivna komponenta može biti odraz utjecaja opće zaprašenosti u tvornici. Vrijednosti protoka u dišnim putovima su vjerojatno nešto lažno povećane zbog smanjenog forsiranog vitalnog kapaciteta i možda povećanog rezidualnog volumena. Ti podaci o funkcionalnom stanju pluća odgovaraju nalazu tzv. industrijskog bronhitisa jer se za pušački bronhitis smatra da izaziva smanjenje protoka pri svim volumenima (21).

Subjektivne srčane smetnje prisutne su kod velikog broja ispitanih radnika a u toj mjeri su izražene vjerojatno i zbog dodatnih faktora

kao što je pušenje, alkohol, mikroklimatski uvjeti, fizički rad. Uz primjenu objektivnih kriterija postotak radnika s kardijalnim simptomima smanjio se do očekivanih granica.

Odstupanja od normalnog elektrokardiograma uključuju i neke granične nalaze. Inverzija T-vala mogla bi pratiti hipokalcemiju, ali nema produženog QT-intervalu, karakterističnog za poremećenu ravnotežu elektrolita. Podaci su u okviru nalaza za opću populaciju muškog spola te dobi (22).

Što se tiče krvnog tlaka, eksperimentalni podaci iz literature navode češći nalaz hipotonije i povećane permeabilnosti krvnih žila uz ekspoziciju fluoridima (12). U naših radnika, a i u nekim drugim epidemiološkim studijama češći je nalaz hipertonijske, naročito dijastoličke (8). Čini se da profesionalna izloženost fluoridima nema većeg utjecaja na kardiovaskularni sustav.

ZAKLJUČAK

Rezultati potvrđuju pretpostavku o multifaktorskoj uzročnosti kroničnih smetnji respiracijskog sustava u radnika zaposlenih u elektrolitičkoj ekstrakciji aluminija. Neki od tih faktora su: izloženost fluorovodiku, fluoridima, sumpornom dioksidu, metalnim oksidima i ostalim aerozagađenjima, njihova interakcija, vrući, suhi zrak, pušenje, fizički rad uz relativno slabu fizičku kondiciju, rad u smjenama. Oni svi pogoduju razvoju mehaničke i kemijske iritacije sluznice i povećavaju osjetljivost respiracijskog sustava na infekcije. Karakteristične akutne smetnje elektrolizera prelaze u kronične, a kronične upale pogoduju povećanoj ekscitabilnosti iritantnih receptora. Hiperreaktivnost može nastati ako se suzbije upala, a ukoliko se razviju kronične promjene, to je manje vjerojatno. Važno bi bilo utvrditi do koje su razvojne faze respiracijski poremećaji reverzibilni i da li se intermitentnom ekspozicijom ili uklanjanjem radnika iz ekspozicije, razvoj kroničnih smetnji može usporiti ili spriječiti.

Tehničke mjere zaštite trebale bi omogućiti da radnici budu što manje izloženi štetnim tvarima na radnom mjestu. Medicinske mjere zaštite s obzirom na razvoj kroničnih respiracijskih poremećaja uključuju prethodni pregled, periodične preglede kao i praćenje selekcioniranih, rizičnih skupina radnika (23). Posebnu pažnju treba obratiti na ispitivanje odnosa »doza—učinak«, kao i na primjenu najsvremenijih načina obrade podataka. Prethodni pregled i pregled u toku prve godine zaposlenja trebao bi obuhvatiti anamnestičke podatke, fizikalni pregled, spirometriju, određivanje krivulje protok—volumen i nespecifične bronhalne hiperreaktivnosti. Periodični pregledi ponavljali bi se svačke godine s posebnim osvrtom na rizičnu skupinu radnika, po potrebi dopunjeni specifičnim testovima plućne funkcije (volumen zatvaranja dišnih putova, dinamička popustljivost). Sve te mjere zaštite treba poduzeti da se smanji mogućnost razvoja invalidnosti.

Pri interpretaciji nalaza treba imati u vidu da svaki poremećaj u plućnoj funkciji kao medicinski pojam ne znači odmah i radnu nesposobnost. Radna nesposobnost uključuje učinak određenog funkcionalnog poremećaja na život i rad radnika, a ovisi o mnogim faktorima, među ostalim o dobi, spolu, kvalifikaciji odnosno obrazovanju, socioekonomskom stanju i zahtjevima radnih zadataka.

Literatura

1. Rabuteau, A. P. A.: Etude experimentale sur les effets physiologiques des fluorures, These, Paris, 1867. cit. Truhaut, R.: Les fluoroses, SEDES, Paris, 1948.
2. Bartolucci, A.: *Mod. Zoolat.*; Parte Scienc., 23 (1912) 194, cit. Truhaut, R.: Les fluoroses. SEDES, Paris, 1948.
3. Roholm, K.: Fluorine intoxication. A clinical-hygienic study with a review of the literature and some experimental investigations. H. K. Lewis and Co. Ltd., London, 1937, str. 213.
4. Gudjonsson, S. V.: 8e Congres Intern. Mal. acc. du tr. et profess., Frankfurt, 2 (1938) 997. cit. Truhaut, R.: Les fluoroses, SEDES, Paris, 1948.
5. Agate, J. N., Bell, G. H., Boddie, G. F., Bowler, R. G., Buckell, M., Cheeseman, E. A., Douglas, T. H. J., Druet, H. A., Garrad, J., Hunter, D., Perry, K. M. A., Richardson, J. D., de V. Weir, J. B.: Industrial fluorosis. A study of the hazard to man and animals near Fort William, Scotland. A report to the Fluorosis Committee Medical Research Council Memorandum 22. His Majesty's Stationary Office, London, 1949, str. 131.
6. Derryberry, O. M., Bartholomew, M. D., Fleming, R. B. L.: Fluoride exposure and worker health. *Arch. Environ. Health*, 6 (1963) 503.
7. Papoyan, S. A., Demirchoglyan, I. G.: The influence of fluorine on the respiratory and cardiovascular systems. U: Problems of roentgenology and oncology. VII. Yerevan: Armenian SSR Institute of roentgenology and oncology, Academy of Sciences, 1963, str. 145—153.
8. Kaltreider, N. L., Elder, M. J., Cralley, L. V., Colwell, M. O.: Health survey of aluminium workers with special reference to fluoride exposure. *J. Occup. Med.*, 14 (1972) 531.
9. Discher, D. P., Breitenstein, B. D. Jr.: Prevalence of chronic pulmonary disease in aluminium potroom workers. *J. Occup. Med.*, 18 (1976) 279.
10. Carnow, B. W., Conibear, A. S.: The impact of exposure to hydrogen fluoride and other pulmonary irritants on the lungs of aluminium smelter workers. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 117 (1978) 223 (supl).
11. Chan-Yeung, M., Wong, R., MacLean, L., Tan, F., Schulzer, M., Enerson, D., Martin, A., Dennis, R., Grzybowski, S.: Epidemiological health study of workers in an aluminium smelter in British Columbia. I Effects on the Respiratory System. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 127 (1983) 465.
12. Leone, N. C., Shimkin, M. B., Arnold, F. A. Jr., Stevenson, C. A., Zimmermann, E. R., Geiser, P. B., Leiberman, J. A.: Medical aspects of excessive fluoride in a water supply. *Public Health Rep.*, 69 (1954) 925.
13. Standardized questionnaires on respiratory symptoms, prepared for and approved by the Medical Research Council Committee on the Aetiology of Chronic Bronchitis. *Br. Med. J.*, 2 (1960) 1665—1667.
14. Cherniack, R. M., Raber, M. B.: Normal standards for ventilatory function using an automated wedge spirometer. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 106 (1972) 38.

15. Cederlöf, R., Friberg, L., Hrubec, Z.: Cardiovascular and respiratory symptoms in relation to tobacco smoking. *Arch. Environ. Health*, 18 (1969) 934.
16. Blackburn, H., Keys, A., Simonson, E., Rautaharju, P., Punsar, S.: The electrocardiogram in population studies. A classification system. *Circulation*, 21 (1960) 1160.
17. Alderman, M. H., Davis, T. K.: Blood pressure control programs on and off the worksite. *J. Occup. Med.*, 22 (1980) 167.
18. Brinkman, G. L., Coates, E. O. Jr.: The effect of bronchitis, smoking and occupation on ventilation. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 87 (1963) 684.
19. Petz, B.: Osnovne statističke metode, Zagreb 1970, str. 158.
20. Sarić, 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.

Summary

CHRONIC CARDIOVASCULAR AND RESPIRATORY SYMPTOMS IN ALUMINIUM WORKERS

The subject of chronic respiratory and cardiovascular symptoms in exposure to irritants in a plant for the electrolytic extraction of aluminium is discussed on the basis of the results of own investigation and of those of other authors.

Two groups of workers with a different length of exposure to irritants were medically examined. The workers' histories and clinical and functional respiratory findings point to the existence of a correlation between potroom exposure and the development of chronic respiratory disease.

No direct relationship was established between the duration of exposure and the occurrence of cardiovascular symptoms in the examined workers.

*Institute for Medical Research
and Occupational Health*

*Received for publication
January 27, 1986*