

KRONIČNA OŠTEĆENJA KOŠTANO-ZGLOBNOG
SUSTAVA RADNIKA U ELEKTROLITSKOJ
EKSTRAKCIJI ALUMINIJA

M. Jurić i D. Šikić

*Zdravstvena stanica Tvornice lakih metala »B. Kidrič«, Sibenik,
Elektronski računski centar SOUR-a Industrije aluminijske, Sibenik*

(Prilježeno 11. IX. 1985)

U radu su analizirani učinci fluora na lokomotorni sustav radnika zaposlenih u proizvodnji aluminijske. Praćeno je 328 radnika, koji su radili između pet i dvanaest godina, koliko i postoji tvornica. Značajna karakteristika je da su radnici primljeni na posao zdravi. Dvije trećine radnika bile su mlađe od 30 godina, a tek jedna trećina je u četvrtom desetljeću života. Do pete godine praćenja nije bilo razlike u učestalosti koštano-zglobnih promjena između radnika zaposlenih u pogonu elektrolize aluminijske i lijevača. Nakon toga počeli su se javljati lumbosakralni sindrom, upale tetiva ekstenzora šaka te rotatora ramena. Osteoskleroza i pojačana trabekulacija pojavila se u četiri radnika u pogonu elektrolize, da bi se sljedećih godina povećala za po četiri slučaja godišnje. U desetoj godini praćenja u 28 radnika našli smo sve znakove osteofluoroze.

Mnoge industrije upotrebljavaju fluorne spojeve, ali aluminijska industrija upotrebljava na desetke tisuća tona, kontinuirano, te tako onečišćuje i okoliš i radnu sredinu. Spojevi fluora (poglavito $\text{Na}_3\text{Al}_2\text{F}_6$) dodaju se glinici (Al_2O_3), te snižavanjem temperature omogućavaju elektrolitski proces u pećima elektrolize. Pri postupku dobivanja aluminijske iz glinice, koji je kontinuiran, oslobađa se fluor u obliku plinovitog fluorovodika te u različito velikim česticama natrijeva aluminijske fluorida. Ova dva oblika, fluor u česticama i plinoviti fluor, ulaze u organizam putem respiratornog i gastrointestinalnog sustava. Hidrosolubilni će se fluorovodik apsorbirati u krvnu struju, a jednim dijelom i čestice manje od 5 nm, dok će se u probavnom sustavu apsorbirati manji dio kriolita. Eliminacija fluora počinje već tri sata nakon ekspozicije, i to pretežno putem mokraće i znoja, te traje oko 24 sata od prestanka ekspozicije (1). Mokraćom se eliminira oko 50% fluora, a znojem i stolicom bitno manje, uz napomenu da u ljetnim mjesecima znoj i mokraća razmjenjuju uloge. U početku ekspozicije

fluoru oko 50% fluora će se ugraditi u kristalnu rešetku kalcijeva hidroksiapatita, stvarajući fluorapatit, te na taj način vezati oko 95% fluora za kost. Odlaganje nastaje na mjestima najživljeg metabolizma kostiju, a u odraslih, gdje više nema rasta, u kralježnici i zdjelici (2). Fluor se deponira u kosti, to jest u kristalnu rešetku, heteroionskim procesom izmjene u tri faze. U prvoj fazi fluor se veže za kalcijev hidroksiapatit na površinu kristalne rešetke, i to reverzibilno dok se u drugoj i trećoj fazi stvaraju ireverzibilne veze, uglavnom unutar kristalne rešetke, iz kojih se fluor neće mobilizirati ni nakon njegova nestanka u ekstracelularnoj tekućini. Na taj način dobivamo gušću i deblju kost, zadebljavanjem koštanih gredica ili kortikalisa.

U ovom radu htjeli smo praćenjem i elektroničkom obradom podataka ispitati razvoj koštanih oštećenja u naših radnika te zaključiti kako i kada se taj problem manifestira u tehnologiji inače poznatoj u svijetu i primijenjenoj i u našoj industrijskoj kulturi.

ISPITANICI I METODE

Istraživanja smo proveli u dvije skupine od po 328 radnika iz pogona elektrolize i ljevača, od kojih su dvije trećine mlađe od 30 godina, a trećina u četvrtom desetljeću života. Ljevači, koji nisu profesionalno izloženi fluoridima, poslužili su kao kontrolna skupina. Svi ispitanici su muškarci i u istom su pogonu između 5 i 12 godina, te su praćeni tokom svih godina ekspozicije. Napravljen je elektronički program s anamnestičkim, kliničkim, laboratorijskim, radiološkim i ostalim nalazima za svaku godinu praćenja, odnosno mjesec u godini s obzirom na analizu ekspozicije i eliminacije fluorida mokraćom koja je rađena više-manje redovito svake godine u mjesecu lipnju. Test u radiološkoj analizi je rendgenogram kralježnice i zdjelice s kukovima, koji je urađen u svih ispitanika, a u onih koji su imali kliničke simptome pojedinih lokomotornih regija izvršena je i radiološka obrada te regije. Biokemijska i reumatološka analiza je urađena u svih ispitanika s pozitivnim rendgenskim nalazima da se isključe moguće sistavne mezenhimske bolesti, kao i metaboličke lezije koštano-zglobnog sustava. U radiološkoj interpretaciji držali smo se *Rougetove* (3) klasifikacije radioloških promjena: difuzna sklerozacija koja zahvaća cijelu kost ili dio kosti, zadebljanje kortikalisa, povećana gustoća kortikalne kosti, periostalne apozicije na pripoju tetiva i ligamenata, osteofiti, suphondralna sklerozacija, kalcifikacije tetiva i ligamenata te osifikacije u mišićima, osifikacije međukoštanih membrana, osifikacije unutar zglobova slične osteohondromatozi, intraartikularni nalaz sličan hondrokalcinosis, kontraktura zglobova. Pored opisanog analizirali smo i sve druge usput pronađene koštano-zglobne promjene.

Radiološke pretrage je radio uvijek isti radiološki tehničar na istom aparatu, a u interpretaciji nalaza sudjelovala su dvojica stručnjaka (radiolog i ortoped).

REZULTATI

U toku prvih godina izloženosti spojevima fluora, nije se mogla zapaziti bilo kakva razlika na lokomotornom sustavu između uspoređenih dviju skupina radnika izuzev akutne upale hvatišta tetiva ekstenzora šake i prstiju te peronealnih tetiva, koje se javljaju u radnika iz pogona elektrolize u 15 slučajeva, dok smo u kontrolnoj skupini imali samo dva takva slučaja. Nakon pet godina uočili smo značajan porast lumbosakralnih sindroma (LS) u radnika iz elektrolize aluminija (22%) u odnosu na kontrolnu skupinu u kojoj su se te promjene javile samo u 6% radnika (tablica 1). Pojava kroničnog LS sindroma nastaje u vrijeme kada dolazi i do porasta kroničnog bronhitisa, te teleangi-

Tablica 1.

Pojava bolesti lokomotornog sustava u radnika iz elektrolize aluminija i ljevača

	Akutne upale tetiva	Akutni lumbosakralni sindrom Bezbolne kontrakture zglobova
Radnici iz elektrolize aluminija	15 (4,6%)	62 (22%)
Ljevači	2 (0,6%)	19 (5,8%)
Godine izloženosti (radnog staža)	2–5	> 5

ektazija po koži prsnog koša i leđa u radnika iz pogona elektrolize. Nakon pet godina ekspozicije, nastale su i prve bezbolne kontrakture lakta i ramena. Laktene kontrakture imaju fleksijski karakter i javile su se u 8 radnika, dok su se rotatorne kontrakture pojavile u 6 radnika. U kontrolnoj skupini nije bilo kontraktura. U radiološkoj analizi, nakon petogodišnje izloženosti utvrdili smo četiri slučaja osteoskleroze različitog intenziteta na zdjelici i lumbalnoj kralježnici, a nakon šest godina izloženosti grub trabekularni crtež bio je popraćen zadebljanjem korteksa kralježaka. U sedmoj godini izloženosti povećao se broj promjena na osam, ali je intenzitet isti. U devet godina praćenja imali smo već 20 slučajeva osteoskleroze do trećeg stupnja intenziteta. Deseta godina ekspozicije obilježena je najbrojnijim promjenama i spektrom intenziteta promjena. U 28 radnika, uz već opisane promjene, utvrđene su i egzostoze, periostalne apozicije na hvatištima tetiva i ligamenata te kalcifikacije tetiva. Periostalne apozicije bile su najjače izražene na kvrgi sjedne kosti i na petnoj kosti, a kalcifikacija u sakrotuberalnom ligamentu te u vanjskim rotatorima ramena i ekstenzorima šake i prstiju. U jedanaestoj i dvanaestoj godini izloženosti nalaz

je isti kao i u desetoj godini, s tim da su koštane apozicije bile nešto jače izražene. Zanimljivo je da se u devetoj godini izloženosti bilježi i dalje povećanje stope kroničnog bronhitisa. U kontrolnoj skupini nismo imali koštanih promjena.

RASPRAVA

Iako još od 1938. postoji *Roholmov* opis industrijske fluoroze u Danskoj (4), a kasnije i drugih autora iz Evrope i Amerike (5, 6, 7) nedostaju radovi koji se odnose na industriju aluminija Aluswiss tehnologije.

Naši ispitanici su primljeni na posao mladi i zdravi. Stupanj izloženosti fluoridima koji se mjerio svake godine bio je uglavnom u granicama MDK, ali je često registrirana povećana eliminacija fluorida urinom, što je znak da su depoi u organizmu bili već popunjeni. Iako rade fizički relativno lak posao, radnici u pogonu elektrolize imaju više upala tetiva, poglavito ekstenzora šake i prstiju te rotatora ramena. Upale se javljaju u vrijeme juga (a to je sedmi i osmi mjesec u naših ispitanika) što bi se moglo povezati sa slabom ventiliranošću hala pri takvom vremenu. Karakteristika tih upala je da prestaju, barem što se tiče akutnog oblika, za nekoliko dana, spontano bez terapije, već pri samom mirovanju, ali da nakon tri recidiva, pogotovo na ramenu, ostavljaju kontrakturu zgloba, koja je sasvim bezbolna. Sve te kontrakture su ireverzibilne, s karakteristikom mikrotraumatskih i metaboličkih promjena. Nakon pet godina raste broj LS sindroma, koji su svega jednodnevnog trajanja, ali vrlo često recidiviraju i vrh recidiva je u kolovozu. Uz recidive LS sindroma (22%) javljaju se i početne radiološke promjene na LS kralježnici i zdjelici, koje se tokom slijedećih pet godina razvijaju, pa je prisutno svih šest radioloških kriterija po *Rougetu* (3). Isti radnici imaju uz teleangiektazije po koži većim dijelom i kronični bronhitis. Unatoč različitim shvaćanjima pojedinih autora, na temelju stečenih iskustava smatramo da radnici koji u pet godina izloženosti imaju česte recidive akutnih upala ekstenzora šake prstiju, te LS sindrome, moraju biti pažljivo praćeni s obzirom na stupanj ekspozicije, nivo eliminacije fluorida uz rendgensku kontrolu kralježnice i zdjelice, obradu pluća i utvrđivanje pojave teleangiektazija. Nakon pet godina ekspozicije, ako se nađe kronična afekcija LS-a i tetiva, a radiološki osteoskleroza i gruba trabekulacija, može se pretpostaviti da će nakon deset godina ekspozicije ti radnici imati sve znakove osteofluoroze.

U našoj obradi dominiraju znakovi kronične LS bolesti te tetiva šaka i rotatora ramena, koje jako invalidiziraju lokomotorni sustav. Kad se radi o mladim radnicima, mora se nakon pet godina ekspozicije početi s uklanjanjem iz izloženosti spojevima fluora kako bi se spriječio puni razvoj osteofluoroze. Napominjemo da je u toj fazi loko-

motorni sustav još sposoban za bilo kakav posao, što se ne može reći za oblik s razvijenom osteofluorozom, koja se može očekivati već u desetoj godini izloženosti.

Literatura

1. *Dinman, B. D., Bovard, W. J., Bonney, T. B., Cohen, J. M., Colwell, M. O.*: Excretion of Fluorides during a Seven-Day Workweek. *J. Occup. Med.* 18 (1976) 14—16.
2. *Hodge, H. C.*: The significance of the skeletal deposition of fluoride. U: *Metabolic Interrelations*, ur. E. C. Reifstein, J. Macy Foundation, New York, 1952, str. 250—260.
3. *Rouget, A.*: Modifications radiologiques dans la fluorose industrielle, Université de Geneve, Department de medecine, 1974.
4. *Roholm, K.*: Fluor und Fluorverbindungen. U: *Handbuch der experimentellen Pharmakologie*, Bd. VII/1. (Hrsg. v. A. Hefter.) Springer Berlin, 1938.
5. *Franke, J., Rath, F., Runge, H., Fengler, F., Auermann, E., Lenart, G.*: Industrial fluorosis. *Fluoride*, 8 (1975) 61—83.
6. *Manigand, G.*: L'osteose fluorée. *Rev. Prat.*, 21 (1971) 3467—3478.
7. *Schlegel, H. H.*: Industrielle Skelettfluorose. Vorläufiger Bericht über 61 Fälle aus Aluminiumhütten. *Sozial. Praeventivmed.*, 19 (1974) 269.

Summary

CHRONIC LOCOMOTOR IMPAIRMENTS AMONG WORKERS FROM AN ALUMINIUM PLANT

Effects of fluorine (fluorides) on the locomotor system in workers employed in an aluminium reduction plant are analysed.

Two groups of 328 workers each, who spent five to twelve years in the potroom and casting unit respectively, were followed up during a twelve-year period. All the workers were healthy when they began to work. Two-thirds of them were less than 30 years old, and one third were in their forties. Up to the fifth year of follow-up there was no difference in the frequency of bone and joint complaints between the workers in the potroom and those in the casting unit. Lumbo-sacral syndrome, inflammation of the extensor carpi tendons and rotatory shoulder tendons occurred after that period. Osteosclerosis and abundant trabeculation occurred in four potroom workers, keeping at a yearly rate of four cases in the following years. In the tenth year of follow up all the signs of osteofluorosis were present in 28 potroom workers.

»B. Kidrič« *Light Metal Factory, Health Unit,
Sibenik, Computer Centre of the Aluminium
Industry, Sibenik*

*Received for publication
September 11, 1985*