

ODREĐIVANJE RODANIDA U MOKRAĆI
U RADNIKA IZLOŽENIH CIJANIDIMA

B. RADOJIČIĆ

*Institut za medicinu rada Medicinskog fakulteta u Nišu**(Primitljeno 23. X 1972)*

Ispitana je grupa radnika ($N = 43$) koji su različito vreme bili izloženi cijanidima u odeljenju galvanizacije i kalionice Elektronske industrije Niš. Kontrolnu grupu sačinjavalo je 20 radnika koji nisu bili izloženi cijanidima. U svakog radnika određena je koncentracija rodanida u mokraći pre i posle rada. U oba odeljenja izmerena je koncentracija u atmosferi na više radnih mesta. U pogonu galvanizacije ona je bila između 7 i 14 mg/m³, a u pogonu kalionice između 6 i 9 mg/m³. Svi radnici eksponirane grupe izlučivali su više rodanida na kraju smene u odnosu na koncentraciju pre rada. Radnici s dužim radnim stažom u pravilu su izlučivali više rodanida od radnika koji su kraće vreme bili izloženi cijanidima. Prosečno izlučivanje rodanida eksponirane grupe bilo je statistički značajno više od prosečnog izlučivanja rodanida kontrolne grupe ($P < 0,01$). Pušači kontrolne i eksponirane grupe izlučivali su više rodanida od nepušača.

Cijanidi se uvelike upotrebljavaju u industriji, zanatstvu i poljoprivredi i zbog toga dolazi do otrovanja koja su najčešće profesionalnog karaktera (1).

Cijanidni jon se brzo apsorbuje preko svih unutarnjih puteva, respiratornih i gastrointestinalnih, i inhibira enzime zaustavljajući respiraciju ćelija (2). *Dixon* i *Webb* iznose da postoje 42 enzimatske reakcije koje cijanidni jon može da inhibira (3). Toksično delovanje cijanidnog jona odnosi se na celularno disanje koje je inhibirano usled blokiranja enzima feriginaze i jednog naročitog citohromnog Warburgovog fermenta (4). Najvažnija osobina fermenta citohromoksidaze jeste da je njegovo gvožđe autooksidabilno. CN-jon fiksira ovaj ferment u feri-obliku i onemogućava njegovu redukciju u fero-oblik (5, 6).

Velik afinitet cijanida prema feri-gvožđu koristi se upravo u lečenju otrovanja cijanidima. Pomoću nitrita hemoglobin se pretvara u methemoglobin, koji sa CN-jonom stvara cijanmethemoglobin (7). CN-jon se postepeno oslobađa iz sastava sa feri-gvoždem methemoglobina ili citohromoksidaze. Pod dejstvom fermenta rodanaze (transulfuraza) oslobo-

đeni cijanidi reaguju sa tiosulfatnim jonima i prelaze u sulfite i rodanidne (tiocijanatne) jone (2, 3), koji se luče mokraćom.

Određivanje koncentracije rodanida u mokraći vrlo je koristan test za ocenjivanje izloženosti cijanidima (8). Međutim, i bez cijanida, pušači luče manje ili veće količine rodanida. Tako je utvrđeno da mokraća povremenih pušača sadrži do 1,2 mg rodanida/l, a mokraća strastvenih pušača i do 9,0 rodanida/l. Zato se kod ekspozicije cijanidima pri interpretaciji rezultata koncentracije rodanida mora posebno voditi računa o navici pušenja.

U želji da damo naš prilog tumačenju delovanja cijanida na čovečji organizam, mi smo ispitivali rodanide u mokraći kod radnika izloženih cijanidima. Uporedo smo određivali cijanide u radnoj atmosferi.

MATERIJAL I METODI

Ispitana su ukupno 43 radnika Elektronske industrije (»EI«), Niš, koji su po prirodi svoga posla izloženi cijanidima. Među njima 28 radnika je radilo u odeljenju galvanizacije, a 15 radnika u kalionici. Uporedo je ispitana kontrolna grupa, koju je sačinjavalo 20 radnika koji nisu bili izloženi cijanidima.

U svakog radnika određivani su rodanidi u mokraći pre i posle rada. Uzeti su podaci o dužini radnog staža sa cijanidima, o zdravstvenim tegobama ispitanika i o navici pušenja. Kod pušača uzet je podatak o broju popušanih cigareta na dan.

Rodanidi u mokraći određivani su *Elkinsovim* metodom (9). Dobiveni rezultati su korigovani na srednju specifičnu težinu od 1,024.

Koncentracija cijanida je određena na četiri radna mesta u pogonu galvanizacije i na tri radna mesta u pogonu kalionice. Cijanidi u atmosferi određeni su *Elkinsovim* metodom. Prema Jugoslovenskom standardu maksimalno dozvoljena koncentracija za cijanide u atmosferi iznosi 5 mg/m³.

REZULTATI I DISKUSIJA REZULTATA

Rezultati ispitivanja prikazani su tabelarno. U tablici 1. i 2. prikazani su rezultati koncentracije cijanida u atmosferi. Tablica 1. prikazuje koncentraciju cijanida u atmosferi na više radnih mesta u odeljenju galvanizacije.

Tablica 1.

Koncentracija cijanida (mg/m³) u radnoj atmosferi odeljenja galvanizacije

Radno mesto	Cijanidi mg/m ³
Cijanidno kupatilo broj 1	11
Cijanidno kupatilo broj 2	14
Cijanidno kupatilo broj 3	7
U sredini prostorije	9

Tablica 2. prikazuje koncentraciju cijanida u atmosferi na više radnih mesta u odeljenju galvanizacije.

Tablica 2.

Koncentracija cijanida (mg/m³) u radnoj atmosferi odeljenja kalionice

Radno mesto	Cijanidi mg/m ³
Za vreme kaljenja	7
Posle kaljenja	9
U sredini prostorije	6

MDK = 5 mg/m³

Koncentracije rodanida u mokraći pre i posle rada su prikazane u tablici 3. za grupu radnika iz odeljenja galvanizacije, a u tablici 4. za grupu radnika iz odeljenja kalionice. Ispitanici su grupirani prema dužini rada sa cijanidima i prema navici pušenja.

Tablica 3.

Koncentracija rodanida u mokraći (mg/l) u odeljenju galvanizacije

Broj godina rada sa cijanidima	Broj ispitanika		Rodanidi u mokraći (mg/l)			
	Nepušači (N = 10)	Pušači (N = 18)	Nepušači		Pušači	
			pre rada	posle rada	pre rada	posle rada
0—3	1	1	0,2	1,1	4,9	5,2
4—6	4	6	0,4—2,1	1,3—2,1	5,3—6,5	8,0—9,1
7—9	2	6	1,2—2,4	1,6—2,9	6,7—7,8	8,9—12,6
10—15	3	5	1,2—2,7	1,8—4,0	6,6—8,1	8,6—13,7

Značajnost razlike srednjih vrednosti rodanida (mg/l) u mokraći za nepušače i pušače između kontrolne grupe i eksponovane grupe zaposlenih u odeljenju galvanizacije prikazana je u tablicama 5. i 6.

Tablica 4.
Koncentracija rodanida u mokraći (mg/l) u odeljenju kalionice

Broj godina rada sa cijanidima	Broj ispitanika		Rodanidi u mokraći (mg/l)			
	Nepušači (N = 10)	Pušači (N = 18)	Nepušači		Pušači	
			pre rada	posle rada	pre rada	posle rada
0—3	—	1	—	—	2,6	3,8
4—6	1	6	0,6	0,9	4,7—7,1	5,1—9,6
7—9	3	—	0,5—1,1	1,3—1,5	—	—
10—15	1	3	1,6	2,8	5,6—7,6	6,1—10,7

Tablica 5.

Značajnost razlike srednjih vrednosti rodanida u mokraći (mg/l) između kontrolne grupe nepušača i eksponovane grupe nepušača u odeljenju galvanizacije

Ispitivana grupa	Broj ispitanika (N)	Srednja vrednost rodanida (\bar{X}) (mg/l)	Standardna devijacija (SD)	Test t	Razina značajnosti (P)
Eksponovana	10	3,10	0,750	12,2	<0,01
Kontrolna	10	0,17	0,136	12,2	<0,01

Tablica 6.

Značajnost razlike srednjih vrednosti rodanida u mokraći (mg/l) između kontrolne grupe nepušača i eksponovane grupe pušača u odeljenju galvanizacije

Ispitivana grupa	Broj ispitanika (N)	Srednja vrednost rodanida (\bar{X}) (mg/l)	Standardna devijacija (SD)	Test t	Razina značajnosti (P)
Eksponovana	18	10,00	3,000	6,7	<0,01
Kontrolna	10	4,40	1,400	6,7	<0,01

Tablice 7. i 8. prikazuju značajnost razlike srednjih vrednosti rodanida (mg/l) u mokraći za nepušače i pušače između kontrolne i eksponovane grupe zaposlenih u odeljenju kalionice.

Tablica 7.

Značajnost razlike srednjih vrednosti rodanida u mokraći (mg/l) između kontrolne grupe pušača i eksponovane grupe pušača u odeljenju kalionice

Ispitivana grupa	Broj ispitanika (N)	Srednja vrednost rodanida (\bar{X}) (mg/l)	Standardna devijacija (SD)	Test t	Razina značajnosti (P)
Eksponovana	5	1,90	0,640	5,9	<0,01
Kontrolna	10	0,17	0,136	5,9	<0,01

Tablica 8.

Značajnost razlike srednjih vrednosti rodanida u mokraći (mg/l) između kontrolne grupe pušača i eksponovane grupe pušača u odeljenju kalionice

Ispitivana grupa	Broj ispitanika (N)	Srednja vrednost rodanida (\bar{X}) (mg/l)	Standardna devijacija (SD)	Test t	Razina značajnosti (P)
Eksponovana	10	8,00	2,860	3,4	<0,01
Kontrolna	10	4,40	1,400	3,4	<0,01

Koncentracija cijanida u atmosferi na svim radnim mestima bila je iznad maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK — 5 mg/m³). U odeljenju galvanizacije ona je bila u proseku viša nego u odeljenju kalionice (tablice 1. i 2).

Većina eksponovanih radnika žalila se na zamor, glavobolju, slabost organizma, tremor ruku i nogu, muku i gađenje. Te tegobe su bile izraženije kod radnika koji su duže vreme radili sa cijanidima.

Koncentracije rodanida u mokraći radnika oba odeljenja bile su više na kraju radne smene nego pre posla (tablica 3. i 4). U pravilu, radnici koji su bili više godina izloženi cijanidima, izlučivali su više rodanida. Pušači su uvek izlučivali više rodanida od nepušača, što je u saglasnosti sa već poznatim rezultatima iz literature.

Upoređivanjem koncentracije rodanida u nepušača i pušača kontrolne i eksponovane grupe (tablice 5, 6, 7. i 8) utvrđena je značajna razlika ($P < 0,01$). Ta razlika je bila viša za radnike iz odeljenja galvanizacije ($t = 12,2$ za nepušače i $t = 6,7$ za pušače), u poređenju sa radnicima iz odeljenja kalionice ($t = 5,9$ za nepušače i $t = 3,4$ za pušače). Na taj način je objektivno potvrđeno da bez obzira na naviku pušenja, ispitanici izloženi cijanidima izlučuju značajno više rodanida od kontrolne grupe. Taj nalaz upućuje na značajnost određivanja rodanida u mokraći kod ekspozicije cijanidima.

ZAKLJUČAK

Na temelju ispitivanja 43 radnika zaposlena u odeljenju galvanizacije i kalionice Elektronske industrije Niš, utvrđeno je da su svi radnici izloženi povišenim koncentracijama cijanida. Koncentracija cijanida u atmosferi odeljenja galvanizacije bila je viša od iste u odeljenju kalionice. Izlučivanje rodanida mokraćom u svih eksponovanih radnika bilo je značajno povišeno u poređenju sa kontrolnom grupom. Ta razlika je statistički značajna bez obzira na naviku pušenja. Radnici koji su duže vreme bili izloženi cijanidima, u pravilu su izlučivali više rodanida. Test određivanja rodanida u mokraći pokazao se vrlo korisnim za ocenjivanje izloženosti cijanidima.

Literatura

1. *Mokranjac, M.*: Toksikološka hemija, Naučna knjiga, Beograd, 1964, str. 86.
2. Occupational Health and Safety, Vol. 1, International Labour Office, Geneva, 1970, str. 352.
3. *Patty, F.*: Industrial Hygiene and Toxicology, Volume 2, Interscience Publishers, 1967, Inc. New York.
4. *Fabre, R., Truhaut, R.*: *Precis de Toxicologie*, 1, SEDES, Pariz, 1960, str. 272.
5. *Koelsch, F.*: *Handbuch der Berufskrankheiten*, Springer-Verlag Berlin, 1964, str. 470.
6. *Nikolić, M.*: Biohemija, 124, Naučna knjiga, Beograd, 1969, str. 124.
7. *Derobert, L.*: *Intoxications et Maladies Professionnelles*, Editions medicales Flammarion, Paris, 1963, str. 920.
8. *Stanković, M., Milić, S.*: Analize biološkog materijala u industrijskoj toksikologiji, Zajednica instituta i zavoda zaštite pri radu, 1970, str. 151, Niš.
9. *Elkins, H.*: *Chemistry of Industrial Toxicology*, John Wiley and Sons, New York, 1951, str. 360.
10. *Jacobs, M.*: *The Analytical Chemistry of Industrial Poisons, Hazards and Solvents*, Interscience Publishers, Inc., New York, 1956, str. 444.

*Summary*DETERMINATION OF THIOCYANATES IN URINE OF WORKERS
OCCUPATIONALLY EXPOSED TO CYANIDES

In a group of workers occupationally exposed to cyanide vapours a high correlation between urinary contents of thiocyanate and cyanide in air was found.

A great difference in the arithmetic means of the urinary thiocyanate levels in exposed workers and in a control group indicates that the determination of the urinary thiocyanate excretion is the most valuable test of exposure to cyanide.

The workers from the electroplating plant seemed to be more exposed to the toxic effect of cyanide than those from the foundry.

*Institute for Occupational Health,
Medical Faculty, Niš*

Received for publication October 23, 1972