

Arh. hig. rada, 27 (1976) 167.

OLOVO U KOSI

DANICA PRPIĆ-MAJIĆ i JADRANKA PONGRAČIĆ

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada JAZU, Zagreb

(Prilježeno 22. XII 1975)

Prikazani su metodološki problemi u određivanju olova u kosi. Istaknuta je važnost pravilnog uzimanja uzorka kose prema dužini vlasi, kao i načina pretpripreme uzorka. Iznesene su prema literaturnim podacima normalne vrijednosti koncentracije olova u kosi i vrijednosti pri povećanoj apsorpciji i otrovanju olovom u odraslih i djece. U zaključku se predlaže uvođenje standardne metode za određivanje koncentracije olova u kosi, koja će omogućiti usporedbu rezultata raznih proučavanja i tako postati vrijedan pokazatelj u određivanju apsorpcije olova.

Kosa je organ za ekskreciju nekih metala. *Flesch* (1) smatra kosu važnim organom u detoksikaciji metala, kao što su arsen, selen, kadmij, talij i olovo. Arsen i olovo su metali, koji se osobito lako vežu sa sulfhidrilnim skupinama folikularnih proteina i njihove koncentracije često premašuju koncentracije u drugim organima i tjelesnim tekućinama (2-4). Normalna koncentracija olova u kosi (do 30 $\mu\text{g/g}$) mnogo je viša od koncentracije olova u krvi (do 50 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$), koja se prema suvremenim shvaćanjima smatra gornjom granicom normale u odraslih (5). Pored toga kosa je lako dostupan organ i uzima se bezbolno. Zato se u profesionalnim, epidemiološkim i drugim ispitivanjima pri ekspoziciji olovu kosa nastoji upotrijebiti kao biološki supstrat, čime bi koncentracija olova u kosi postala još jedan pokazatelj više u određivanju apsorpcije olova (6-14).

Usprkos spomenutim prednostima, kosa ipak nije jednostavan materijal za kemijsku analizu. U prvom redu koncentracija olova nije ravnomjerno raspoređena uzduž jedne ili više vlasi. *Renshaw, Pounds* i *Pearson* (15, 16) ispitali su olovo u segmentima kose i utvrdili da se koncentracija olova povećava od korijena prema vrhu. Dio kose u ne-

posrednoj blizini glave s aktivnim rastom (anagena faza) sadržava manje olova od kose koja se nalazi u stanju mirovanja (telogena faza). Kao objašnjenje autori navode mogućnost difuzije olova iz okoline u strukturu kose, pa je koncentracija olova u telogenoj fazi viša jer je to ukupna količina endogenog i egzogenog olova. Fenomen različite distribucije olova u kosi potvrdili su i drugi autori (6, 14), koji također smatraju da je olovo kose u neposrednoj blizini glave endogeno, a ono na većoj udaljenosti od glave pretežno egzogeno. Ova pretpostavka, iako u osnovi prihvatljiva, nije i objektivno potvrđena. Problem je analitički razdvojiti endogeno i egzogeno olovo u kosi. Olovo koje ulazi izvana u stabljiku kose vrlo je čvrsto vezano s keratinom (17) i ne može se ukloniti normalnim načinom pranja, a niti pomoću kemijskih agensa. Pored različite distribucije olova u kosi, brzina rasta kose za sve dijelove glave nije jednaka. Kosa najbrže raste na prednjem dijelu glave, sporije na zatiljku i sljepoočicama, a najsporije na tjemenu (18). Zato nasumce izabrani uzorci kose, najčešće skupljeni za vrijeme šišanja, ne daju pravu informaciju o olovu. To je možda i razlog da se rezultati više autora ponekad ne mogu međusobno uspoređivati. U pravilu se moraju analizirati iz jednog uzorka kose barem dva segmenta, jedan iz anagene, a drugi iz telogene faze (14).

Jednako je važno odabrati najbolji način pranja uzorka kose prije analize. Ima, naime, autora koji pretpostavljaju (19) da je koncentracija olova u telogenoj fazi veća samo zato što uzorak nije propisno opran prije analize na olovo. Kosa može biti onečišćena prašinom anorganskog i organskog porijekla. Uz to su, kao normalni sastojci izlučivanja žlijezda lojnica, prisutne i masne tvari (loj) koje su potrebne za elasticitet i sjaj kose. U vanjsko onečišćenje kose ubrajaju se i razni kozmetički preparati, kao što su lakovi, losioni, kreme, deodoransi i sl.

Prema podacima iz literature primijenjeni postupci za pranje uzoraka kose radi analize olova mogu se podijeliti u više kategorija: pranje vrućom deioniziranom vodom (6, 7), pranje u vrućem eteru (15, 16) ili tetra-klorugljiku (20), pranje u detergentu (12) uz dodatno pranje 1% -tnom HNO_3 (10), ili uz dodatno pranje alkoholom, odnosno acetonom (19, 20-23), pranje u detergentu uz dodatno pranje otapalom i uz još jedno pranje etilendiamintetraoctenom kiselinom (EDTA) (8, 9, 19). Mišljenja o najboljem sredstvu i načinu razilaze se, kao što se razilaze i mišljenja o toksikološkoj važnosti egzogenog olova. Pojedini autori (19) zamenaruju olovo uneseno u kosu izvana i zato preporučuju pranje kose uz kuhanje sa zasićenom otopinom EDTA, kako bi se uklonilo sve egzogeno olovo. Drugi istraživači (13, 14) smatraju da je endogeno i egzogeno olovo u kosi podjednako važno pri ocjeni utjecaja olova iz okoline. Neki od njih posebno upozoravaju da kuhanje sa zasićenom otopinom EDTA (24), pa i s manjim koncentracijama EDTA (21) može imati i nepoželjan efekt jer se osim egzogenog može isprati i endogeno olovo u kosi. Zato se čini opravdanim da svaki analitičar primijeni onaj postupak pranja koji će najbolje zadovoljiti osnovnu namjenu istraživanja. S obzirom na raznovrsno onečišćenje kose, postupak pranja s ne-

koliko specifičnih vrsta otopina umjerene koncentracije što ga primjenjuju *Hammer* i suradnici (9)* čini se najprikladnijim za epidemiološka ispitivanja. Pri profesionalnoj ekspoziciji olovu, kada su izgledi za vanjsku kontaminaciju značajno veći, a analizom olova u kosi želi se utvrditi samo endogena apsorpcija, velika je vjerojatnost da će više pranja 1% -tnim HNO_3 , a nakon uklanjanja masnoće vrućim detergen-
tom (10), dati najbolje rezultate. Kosa se ne smije dugo držati u kiselini, jer bi se moglo ekstrahirati i endogeno olovo. *Hinners, Terril, Kent i Colucci* (25) dokazali su da se iz kose koja je bila dugo uronjena (21 sat) u 1% -tnu otopinu HNO_3 ekstrahira $89 \pm 2\%$ prisutnog olova. Pranje vrućom i koncentriranom otopinom EDTA u velikoj količini (2 l vruće zasićene otopine EDTA za samo 0,2—0,5 g kose) koje su upravo za egzogeno olovo preporučili *Ann Clarke* i *Wilson* (19), ne može se sa sigurnošću preporučiti, jer njihov podatak o gubitku težine uzorka za 25% nakon pranja ozbiljno navodi na sumnju da se osim egzogenog uklanja i endogeno olovo. Kao dobra metoda pranja bez EDTA može se preporučiti postupak koji su upotrijebili *Sorenson, Melby, Nord* i *Petering* (21).**

Koncentracija olova u opranom uzorku kose može se odrediti ditizonskom metodom ili metodom atomske apsorpcijske spektrofotometrije (AAS). U metodi AAS moguće je primjeniti tzv. plamenu i besplamenu tehniku. U ditizonskoj i plamenoj tehnici AAS uzorak se prethodno mora mineralizirati suhim ili mokrim postupkom. Pri suhoj mineralizaciji (19, 20) uzorak se spaljuje na suho nekoliko sati, pa i nekoliko dana na temperaturi nižoj od 450°C . Temperature više od 500°C mogu biti značajan uzrok gubitka olova, kao što je to dokazano analizom bioloških i drugih uzoraka (26, 27). Pri mokroj mineralizaciji uzorak se obično digestira dušičnom kiselinom (8, 9, 21). Vrlo često se uz dušičnu dodaje perklorna kiselina (6, 7, 12) a ponekad se digestija provodi u smjesi dušične, perklorne i sumporne kiseline (23). Mineralizirani se uzorak može otopiti u deioniziranoj vodi (6-9, 12), u razrijeđenoj solnoj (20) ili razrijeđenoj dušičnoj (19, 21, 22) kiselini. Ukoliko se primjenjuje ditizonska metoda (10), uzorak se neutralizira i dalje ob-

* Postupak pranja kose za analizu olova prema *Hammeru* i sur. (9): Uzorak kose (oko 1 g) namoči se u 200 ml detergenta (1,3 g/l natrijeva laurilsulfata u destiliranoj H_2O) i ostavi u etilnom alkoholu (95%) 3—5 minuta. Nakon dekantacije alkohola, kosa se ponovno ispere tri puta destiliranom vodom, prelije s 200 ml EDTA-otopine (0,26 g/l EDTA u redestiliranoj vodi, dotjerano na $\text{pH}=3$ uz dodatak octene kiseline) i zagrije do vrenja. Nakon dekantacije vruće otopine EDTA, kosa se dobro i potpuno ispere redestiliranom H_2O , osuši i odvaži na analitičkoj vazi.

** Postupak pranja za analizu olova prema *Sorensonu* i sur. (21): Uzorak kose (oko 0,5 g) uroni se u eter 10 min, a zatim u aceton 10 min (25°C) uz povremeno miješanje staklenim štapićem. Zatim se kosa prenese u 50% -tnu otopinu natrijeva laurilsulfata i na temperaturi od 35°C dobro mućka 20 min. Otopina detergenta se dekantira i kosa dobro ispere redestiliranom vodom dok se ne ukloni sav detergent. Na kraju se kosa ispere acetonom i eterom, osuši između filtrir-papira i odvaži na analitičkoj vazi.

rađuje standardnim postupcima (28) za maskiranje interferirajućih metala. Ako se pak upotrijebi plamena tehnika AAS, tada se otopljeni uzorak može izravno aspirirati u instrument (6-9, 12, 20, 23) ili se olovo u svrhu koncentriranja prethodno kelira amonijevim pirolidin-ditiokarbamatom, pa dobiveni kelat ekstrahira s metil-izobutilketonom i u tako koncentriranom obliku aspirira u instrument (19). Kod besplatne tehnike AAS pretpriprema uzorka nije potrebna i kosa se direktno analizira uz optimalnu temperaturu mineralizacije i atomizacije (15,16).

Izbor metode — ditizonska ili plamena i besplatna tehnika AAS — prvenstveno ovisi o tehničkoj opremljenosti laboratorija. U principu obje metode mogu biti vrlo dobre, ali isto tako i loše ako analitičar ne poznaje osjetljivost analize metala u tragovima. U ditizonskoj metodi interferiraju metali bizmut, kositar, talij i željezo (26,28,29), dok u tehnici AAS takve interferencije uopće ne dolaze u obzir jer se valne dužine apsorpcije dovoljno razlikuju. Određivanje olova tehnikom AAS značajno je brže od ditizonske metode, broj manipulacija i primijenjenih kemikalija je manji, pa se može očekivati da će vanjsko onečišćenje uzorka biti manje u metodama AAS nego u ditizonskoj metodi. Osobito brza i praktična bez dodatnih kemikalija jest besplatna tehnika AAS. Međutim, u radu s takvom tehnikom važno je da instrument bude opskrbljen deuterijskim korektorom za nespecifičnu apsorpciju («Deuterium background corrector»), te da se za svaki instrument odrede optimalne temperature mineralizacije i atomizacije.

Normalna koncentracija olova u prirodnoj kosi ovisi o životnoj dobi i spolu. Iako mišljenja istraživača nisu jedinstvena, više njih je dokazalo da koncentracija olova u kosi opada sa životnom dobi i da ženska kosa sadrži više olova od muške kose. *Kraut i Weber* (30) objavili su prvi razlike u koncentraciji olova u kosi muškaraca i žena. Njihove srednje vrijednosti bile su 14,7 $\mu\text{g/g}$ za odrasle muškarce i 19,2 $\mu\text{g/g}$ za odrasle žene; ta je razlika prema *Klevayevoj* statističkoj ocjeni (13) statistički vrlo značajna ($P < 0,001$). *Petering, Yeager i Witherup* (22) dokazali su da olovo u kosi muškaraca postepeno opada od prosječne vrijednosti od 25 $\mu\text{g/g}$ u dobi od 2 godine do 10 $\mu\text{g/g}$ u dobi od 85 godina. Istodobno žene su imale najvišu koncentraciju olova u kosi u dobi od 35 godina od prosječno 40 $\mu\text{g/g}$, a sa starenjem ta se vrijednost naglo smanjuje, pa kod 85 godina koncentracija olova u kosi iznosi samo 2 $\mu\text{g/g}$. *Klevay* (13) utvrdio je za stanovnike Paname ove srednje vrijednosti: 24,5 $\mu\text{g/g}$ za muškarce i 34,6 $\mu\text{g/g}$ za žene. Koncentracija olova u kosi smanjivala se sa životnom dobi samo u muškaraca. U *Schroederovim* i *Nasonovim* ispitivanjima (20) razlika u koncentraciji olova u kosi prema spolu nije dokazana. Oni su ispitivali kosu na više metala u tragovima pa u njihovim prosječnim vrijednostima za olovo u kosi nije bilo statistički značajne razlike (muškarci 17,8 $\mu\text{g/g}$ i žene 19,0 $\mu\text{g/g}$). Isti su autori utvrdili da i boja kose može utjecati na koncentraciju olova. Sijeda kosa žena, bez obzira na životnu dob, ima značajno manje

olova ($P < 0,001$) od kose prirodne boje; u muškaraca takve razlike nema. Smeđa i plava kosa muškaraca imaju više olova od crne kose, a za žensku kosu u navedenom radu nema podataka.

I kosa tek rođene djece sadržava olovo. *Baumslag, Yeager, Levin i Petering* (23) utvrdili su da kosa novorođenčadi u američkom gradu Cincinnatiju u prosjeku sadržava $13,9 \mu\text{g/g}$ (X_G). Ta je vrijednost bila za oko polovicu manja od prosječne vrijednosti olova u majki ($X_G = 31,5 \mu\text{g/g}$). Relativno visoka vrijednost olova u kosi novorođenčadi upućuje na prijenos olova iz krvi majke u fetus preko placente. Između koncentracije olova u kosi majke i njezina djeteta nije utvrđena korelacija i prema mišljenju autora za prijenos olova iz majke u fetus odgovorni su drugi metali u tragovima, a naročito bakar. Kosa crne djece sadržavala je više olova nego kosa bijele djece.

Kopito i Schwachman (14) jesu strani autori, koji su u prikazu koncentracije olova u kosi u nekoliko različitih geografskih skupina objavili i vrijednosti za mali broj ispitanika ($N = 10$) naše urbane sredine; srednja vrijednost za muškarce iznosi $6 \mu\text{g/g}$, a za žene $1 \mu\text{g/g}$. S obzirom na malen broj ispitanika te se vrijednosti ne mogu uzeti kao stvarne prosječne koncentracije olova u kosi za naše stanovnike.

Pri profesionalnoj ekspoziciji olovu, koncentracije olova u kosi mogu biti vrlo visoke. U radnika jedne japanske tvornice akumulatora ($N = 112$) srednja koncentracija olova u kosi iznosila je $217 \mu\text{g/g}$ (31). U ispitivanjima što su ih proveli *El-Dakhakhny* i *El-Sadnik* (10) na radnicima ($N = 67$) različito izloženim anorganskom olovu u četiri tvornice u Aleksandriji, koncentracija olova u kosi (prosjek $36 \mu\text{g/g}$; raspon $4-81 \mu\text{g/g}$) bila je u dobroj korelaciji sa stupnjem olova koja je bila potvrđena biokemijskim i medicinskim nalazima. Prema rezultatima istih autora, koncentracija olova u kosi iznad $30 \mu\text{g/g}$ siguran je znak povećane ekspozicije olovu.

Kod otrovanja olovom u djece, koncentracija olova u kosi pokazala se vrlo korisnom analizom. U 17 djece s kroničnim otrovanjem olovom, koncentracija olova u kosi (raspon $107-975 \mu\text{g/g}$) bila je statistički izrazito značajno viša ($P < 0,001$) od kontrolne grupe djece iz istog područja ($X = 24 \mu\text{g/g}$) i dobro se slagala s dužinom ekspozicije i drugim kliničkim i laboratorijskim nalazima (6). Povišena koncentracija olova u kosi djece ponekad je bila i prvi pokazatelj otrovanja olovom (7), a analiza olova u kosi primijenjena je i u »screening« studijama opterećenja tijela olovom (11). *Baltrop, Strehlof, Thorton i Webb* (32) našli su u grupi djece koja su živjela na području kontaminiranom olovom (zona napuštenih rudnika olova s povišenom koncentracijom olova u zemlji) značajnu razliku olova u kosi, već prema tome da li su djeca imala naviku uzimanja raznih predmeta u usta ($X = 21 \mu\text{g/g}$) ili je nisu imala ($X = 16 \mu\text{g/g}$). *Hammer* i sur. (9) mjerili su koncentraciju olova u kosi dječaka starih oko 10 godina u pet američkih gradova na pet razina ekspozicije i utvrdili da koncentracija olova u kosi vrlo dobro odražava ekspoziciju olova iz okoline. Pozitivna i značajna korelacija iz-

među njihovih rezultata koncentracije olova u kosi i koncentracije olova u krvi ($r = 0,46$) daje naslutiti da olovo u kosi uz egzogenu ekspoziciju stvarno odražava i endogenu ekspoziciju.

Zanimljivo je da je usprkos općem povećanju koncentracije olova u atmosferi »normalna« koncentracija olova u kosi u SAD u 1971. godini bila značajno niža (odrasli: $6,55 \pm 1,17 \mu\text{g/g}$; djeca: $16,23 \pm 0,97 \mu\text{g/g}$) nego u razdoblju od 1871. do 1923. godine (odrasli: $93,36 \pm 16,3 \mu\text{g/g}$; djeca: $164,24 \pm 20,7 \mu\text{g/g}$) (12). Autori spomenutog ispitivanja tu razliku objašnjavaju nekadašnjom većom ingestijom olova zbog upotrebe posuđa glaziranog olovnom gleđi.

Pojedini autori poriču toksikološku i dijagnostičku vrijednost koncentracije olova u kosi. *Schroeder* i *Tipton* (33) prvi su izrazili sumnju da olovo u kosi može odrediti stupanj opterećenja tijela olovom. *Barry* i *Mossmann* (34) koji su proučavali koncentraciju olova u raznim tkivima umrlih ljudi ($N = 73$) zaključili su da kosa i pored relativno visoke koncentracije olova ($X = 20 \mu\text{g/g}$) nije dobar pokazatelj apsorpcije olova zbog velikih individualnih razlika. Ova ispitivanja *Barry* je proveo i na većem broju leševa ($N = 129$) i ponovni je zaključak da koncentracija olova u kosi nije dobar pokazatelj apsorpcije olova (35). Da bi potkrijepio tu tvrdnju, *Barry* je u istom radu posebno ispitao 32 radnika eksponirana anorganskom olovu uz dodatnu malu ekspoziciju i organskom olovu. Koncentracija olova u kosi, opranoj detergentom tri puta prije analize, bila je nerazmjerno visoka u odnosu na koncentraciju olova u krvi i urinu. Uz to nije utvrđena korelacija između koncentracije olova u kosi i duljine ekspozicije olovu, te s koncentracijama olova u krvi i urinu. Ti su rezultati sasvim različiti od rezultata *El-Dakahakhnyja* i *El-Sadnika* (10), a objašnjenje možda treba tražiti u različitoj pretpripremi uzorka.

U zaključku ovog prikaza može se reći da je koncentracija olova u kosi funkcija više varijabli, te da za pravilnu ocjenu rezultata, naročito u poredbenim proučavanjima, o svim navedenim činiocima treba voditi računa. Uz to se nameće potreba standardizacije analitičkog postupka. Samo uz standardnu metodu moguće je uspoređivati rezultate raznih proučavanja i objektivno ocijeniti toksikološku i epidemiološku značajnost određivanja koncentracije olova u kosi pri povećanoj apsorpciji olova.

ZAHVALE

Zahvaljujemo prof. dru T. Beritiću za kritičko čitanje rukopisa.

LITERATURA

1. *Flesh, P.*: Hair growth, u *Rothman, S.*: Physiology and Biochemistry of Skin, University of Chicago Press, Chicago, 1954, str. 641
2. *Kraut, H., Weber, M.*: Über den Bleigehalt der Haare, *Biochem. Z.*, 317 (1944) 133.
3. *Goldblum, R. W., Derby, S., Lerner, A. B.*: Metal content of skin, nails and hair, *J. Invest. Dermatol.*, 20 (1953) 13.
4. *Weinig, E., Borner, B.*: Über der normalen Bleigehalt der menschlichen Knochen, *Arch. Toxikol.*, 19 (1961) 34.
5. *Waldron, H. A.*: The blood lead threshold, *Arch. Environ. Health*, 29 (1974) 271
6. *Kopito, L., Byers, R. K., Schwachman, H.*: Lead in hair of children with lead poisoning, *N. Engl. J. Med.*, 276 (1967) 949.
7. *Kopito, L., Briley, A., Schwachman, H.*: Chronic plumbism in children. Diagnosis by hair analysis, *J. A. M. A.*, 209 (1969) 243.
8. *Hammer, D. L., Finklea, J. F., Hendricks, R. H., Shy, C. M., Horton, R. J. M.*: Hair trace levels and environmental exposure, *Am. J. Epidemiol.*, 93 (1971) 84.
9. *Hammer, D. I., Finkles, J. F., Hendricks, P. H., Hanners, T. A., Riggan, W. B., Shy, C. M.*: Trace metals in human hair as a simple epidemiologic monitor of environmental exposure, u *Hemphil, D.*: Trace substance in environmental health, V Symposium, University of Missouri, Columbia, Mo, 1972, str. 25
10. *El Dakhakny, A. A., Sadik, Y. M.*: Lead in hair among exposed workers, *Am. Assoc. Ind. Hyg. J.*, 33 (1972) 31.
11. *Pueschel, S. M., Kopito, L., Schwachman, H.*: Children with an increased lead burden. A screening and follow-up study, *J. A. M. A.*, 222 (1972) 462.
12. *Weiss, D., Whitten, B., Leddy, D.*: Lead content of human hair (1871—1971), *Science*, 178 (1972) 69.
13. *Klevay, L. M.*: Hair as a biopsy material. III. Assessment of environmental exposure, *Arch. Environ. Health*, 26 (1973) 169.
14. *Kopito, L. E., Shwachman, H.*: Lead in human scalp hair: Some factors affecting its variability, *J. Invest. Dermatol.*, 64 (1975) 342.
15. *Renshaw, G. D., Pounds, C. A., Pearson, E. F.*: Variation in lead concentration along single hairs as measured by non-flame atomic absorption spectrophotometry, *Nature*, 238 (1972) 162.
16. *Renshaw, G. D., Pounds, C. A., Pearson, E. F.*: Determination of lead and copper in hair by non-flame atomic absorption spectrophotometry, *J. Forensic Sci.*, 18 (1973) 143.
17. *Pichter, R.*: Handbuch der Haut und Geschlechtskrankheiten, Springer Verlag, Berlin, 1963, suppl. 1, dio 3, str. 282.
18. *Medicinska enciklopedija, Leksikografski zavod FNRJ, Zagreb (1962) knjiga 6, str. 64.*
19. *Clarke, Ann, N., Wilson, J.*: Preparation of hair for lead analysis, *Arch. Environ. Health*, 28 (1974) 292.
20. *Schroeder, H., Nason, A. P.*: Trace metals in human hair, *J. Invest. Dermatol.*, 53 (1969) 71.
21. *Sorensen, J. R. J., Melby, E. G., Nord, P. J., Petering, H. G.*: Interferences in the determination of metallic elements in human hair, *Arch. Environ. Health*, 27 (1973) 36.
22. *Petering, H. G., Yeager, D. W., Witherup, S. O.*: Trace metal content of hair, II. Cadmium and lead of human hair in relation to age and sex, *Arch. Environ. Health*, 27 (1973) 327.
23. *Baumslag, N., Yeager, D., Levin, L., Petering, H.*: Trace metal content of maternal and neonatal hair, *Arch. Environ. Health*, 29 (1974) 186.
24. *Kopito, L. A., Schwachman, H.*: Letter to the Editor, *Arch. Environ. Health*, 29 (1974) 348.

25. *Hinners, T. A., Terrill, W. J., Kent, J. L., Colucci, A. V.*: Hair-metal binding, *Environ. Health Persp.*, 8 (1974) 191.
26. *Oelschläger, W., Schwarz, E.*: Fehlermöglichkeiten und deren Eliminierung bei der Bestimmung von Blei mittels Dithizon in biologischen Substanzen, *Z. Anal. Chem.*, 258 (1972) 203.
27. *Gorsuch, T. T.*: Radiochemical investigations on the recovery for analysis of trace elements in organic and biological materials, *Analyst*, 84 (1959) 135.
28. *Keenan, R. G., Byers, D. H., Saltzman, B. E., Hyslop, F. L.*: The »USPHS« method for determining lead in air and biological materials, *Am. Ind. Hyg. Assoc.*, 24 (1963) 481.
29. *Weber, O. A., Voloder, Kata, Vouk, V. B.*: Prilog određivanja malih količina olova u krvi, *Arh. hig. rada*, 3 (1952) 296.
30. *Kraut, H., Weber, M.*: Über den Bleigehalt der Haare, *Biochem. Z.*, 317 (1944) 133.
31. *Nishiyama, K.*: Significance of lead content in lead poisoning, *Shikoku acta med.*, 11 (1957) 164, cit. ad 6.
32. *Barltrop, D., Strehlow, D. D., Ghornton, I., Webb, J. S.*: Significance of high soil concentrations for childhood lead burdens, *Environ. Health Persp.*, 8 (1974) 191.
33. *Schroeder, H. A., Tipton, J. H.*: The human body burden of lead, *Arch. Environ. Health*, 18 (1968) 965.
34. *Barry, P. S. I., Mossman, D. B.*: Lead concentration in human tissues, *Brit. J. industr. Med.*, 27 (1970) 339.
35. *Barry, P. S. I.*: A comparison of concentration of lead in human tissues, *Brit. J. industr. Med.*, 32 (1975) 119.

Summary

LEAD IN HAIR

Methodological problems in the determination of lead in hair are presented. The importance of correct sampling of hair according to its length and of the way of preparation of samples is emphasized. Normal values of lead concentrations in hair as found in literature as well as the values of increased lead absorption and lead poisoning in adults and children are reported. In conclusion the authors suggest the introduction of a standard method for the determination of lead concentrations in hair which will enable a comparison of results from different studies and will thus become a valuable indicator in the determination of lead absorption.

*Institute for Medical Research and
Occupational Health, Zagreb*

*Received for publication
December 22, 1975*