

DISTRIBUZIONE DEL PIOMBO NEL SANGUE E NEI CAPELLI DI UNA POPOLAZIONE INFANTILE  
RESIDENTE IN UN'AREA INDUSTRIALE

M. Bergomi(a), P. Borella (b), G. Fantuzzi (b) & G. Vivoli (b)

- (a) Cattedra di Epidemiologia (Facoltà di Medicina e Chirurgia), Università di Modena, Modena  
(b) Cattedra di Igiene (Facoltà di Medicina e Chirurgia), Università di Modena, Modena

Riassunto. - In un'indagine epidemiologica sui livelli espositivi al piombo di una popolazione infantile residente in una zona industriale ad alto rischio (Comprensorio modenese delle ceramiche), oltre al dosaggio della piombemia e della protoporfirina IX eritrocitaria, è stata effettuata in 182 bambini, in età scolare, la valutazione della concentrazione di piombo nei capelli. Contemporaneamente il medesimo dosaggio sui capelli è stato effettuato per confronto in un gruppo altrettanto numeroso di bambini di pari età residenti in un'area urbana (Modena) di modeste dimensioni. La concentrazione di piombo nei capelli della popolazione infantile è risultata significativamente più elevata nella zona industriale rispetto alla zona urbana. E' altresì stato osservato un maggiore accumulo negli individui di sesso maschile, solo tra i residenti della zona ad alto rischio espositivo, a conferma di analoghi dati ottenuti da altri AA. E' altresì emersa una significativa correlazione tra concentrazioni di piombo nei capelli ed i parametri ematici di esposizione al tossico.

Summary (Blood and hair lead levels in children population exposed to lead absorption). - We have measured the levels of lead and free erythrocyte porphyrine and the concentration of lead in the hair, in a first group of 182 students who live in an industrial area with high lead pollution. We have done the same tests in a second group of students (equal number and age) who live in a little town. The following results have been obtained: 1) lead concentration in hair is significantly higher in the children of the first group than in those of the second group. Lead concentration was higher in males but only in the industrial area, confirming the results of other Authors; 2) there is a significant correlation between lead exposure and blood parameters.

Nell'ambito della sorveglianza biologica contro il rischio del saturnismo abbiamo ritenuto interessante effettuare un'indagine epidemiologica sui livelli espositivi di una popolazione infantile residente in una zona industriale ad alto rischio (Comprensorio modenese delle ceramiche).

In questa area, dove l'Istituto di Igiene dell'Università degli Studi di Modena da tempo conduce studi sullo stato di salute della popolazione residente, il monitoraggio biologico effettuato fino dagli anni '70 aveva messo in evidenza che una percentuale non trascurabile dei bambini in età scolare presentava, rispetto a gruppi di controllo, alterazioni del metabolismo porfirinico attribuibili ad un eccessivo assorbimento di piombo (1-3).

In seguito al miglioramento delle condizioni ambientali registrato dopo il 1976, per l'adozione negli stabilimenti ceramici di idonee misure di prevenzione nei confronti dell'inquinamento, l'entità dell'esposizione a piombo della popolazione infantile è stata nuovamente controllata negli anni successivi (1979-1981) attraverso la determinazione della piombemia (Pb-E) e della Protoporfirina IX libera eritrocitaria (FEP) (4, 5).

Nel corso dell'ultima indagine si è ritenuto interessante affiancare alla misura della Pb-E anche la determinazione del tenore in piombo dei capelli confrontando i risultati con quelli ottenuti contemporaneamente in scolari di pari età residenti in un'area urbana di medie dimensioni (Modena).

Su entrambi i gruppi è stata effettuata anche la determinazione del contenuto nei capelli di zinco e di rame nel contesto di un parallelo progetto di ricerca sui rapporti tra oligoelementi essenziali ed accrescimento del bambino.

Il dosaggio degli elementi in traccia nei capelli ha suscitato negli ultimi anni un notevole interesse come test di screening utilizzabile per valutare stati carenziali di alcuni metalli essenziali, oltre che per il controllo della esposizione ambientale a metalli tossici (6-12).

I capelli rappresentano una matrice ottimale dal punto di vista della semplicità e non invasività del prelievo e della facile conservabilità, ma i dati esistenti in letteratura sono difficilmente confrontabili tra loro per le numerose variabili interferenti quali le differenze legate al sesso, all'età, alla razza, nonché la disomogeneità dei metodi di campionamento e delle metodologie analitiche tuttora non standardizzate, con particolare riferimento alla fase di decontaminazione esterna del capello (13-16).

A prescindere da questo tipo di problematica le controversie esistenti tra i vari ricercatori riguardano il significato da attribuire alla presenza di elementi in traccia nei capelli, considerando il differente comportamento osservato per ciascun metallo nonché l'elevata variabilità individuale (17).

Non è infatti stato chiarito se i capelli rappresentano un indicatore di esposizione a lungo termine che riflette in modo significativo il carico organico complessivo o non piuttosto un indicatore di breve termine che si modifica rapidamente in presenza di esposizioni non costanti seguendo la dinamica ematica degli oligoelementi.

## Materiali e Metodi

Nella presente indagine sono stati presi in esame 182 bambini di età compresa tra 8 e 11 anni (età media 9,6 anni) frequentanti due scuole elementari dislocate in un'area di Sassuolo con forte addensamento di stabilimenti ceramici e 249 bambini di età compresa tra 6 e 12 anni (età media 8,9 anni) di una scuola elementare dislocata alla periferia della città di Modena. Su entrambi i gruppi è stata eseguita la determinazione di piombo, zinco e rame nei capelli e negli scolari di Sassuolo è stata misurata la piombemia e la protoporfirina IX eritrocitaria.

Per l'analisi nei capelli si è proceduto al taglio di ciocche di peso variabile da 200 a 500 mg, di uguale lunghezza, prelevate nella regione nucale e conservate in sacchetti di polietilene. Seguendo la metodica proposta da HARRISON e coll. (18), per rimuovere il materiale depositato per contaminazione esterna, i capelli sono stati lavati con una soluzione acquosa di detergente non ionico (7X-OMATIC) e poi accuratamente risciacquati con acqua bidistillata.

Dopo digestione umida con miscela solfo-nitro-perclorica su tutti i campioni è stato determinato il contenuto di zinco, rame e piombo mediante spettroscopia di assorbimento atomico in fiamma facendo precedere per il piombo un procedimento estrattivo (ammoniopirrolidinditiocarbammato/metilisobutilchetone).

La piombemia è stata misurata sempre in spettroscopia di assorbimento atomico utilizzando il sistema di atomizzazione in forno di grafite previa semplice diluizione del campione in TRITON-X 100 (0,2%).

L'accuratezza delle misure veniva controllata nell'ambito del controllo di qualità interlaboratoriale promosso dall'Istituto Superiore di Sanità (Progetto METOS, attuazione D.P.R. 496, 8/6/1982).

La FEP è stata dosata utilizzando il micrometodo estrattivo con lettura spettrofluorimetrica (19).

## Risultati

Nella tabella 1 sono riportate le concentrazioni medie di Pb-E e FEP dei

bambini di Sassuolo raffrontando i risultati dell'ultima campagna di rilevamento (1981) con quelli ottenuti nella precedente indagine condotta nel 1979 su un gruppo di bambini paragonabili per età e zona di residenza. Come si può osservare, i valori di piombemia hanno subito nell'arco di un biennio un decremento medio del 22% che ha interessato in misura pressoché uguale entrambi i sessi ed è stato confermato inoltre il reperto di un maggior livello di piombo ematico nel sesso maschile.

Si è anche constatato che il superamento del livello di 20  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ , che nel 1979 interessava circa il 30% degli alunni, nell'ultima indagine si è limitato al 10% dei soggetti esaminati.

Nonostante la diminuzione dei livelli espositivi intervenuti nei bambini residenti a Sassuolo dal 1979 al 1981, la protoporfirina IX non ha subito negli stessi gruppi di scolari alcuna modificazione di rilievo nel periodo in esame, confermando altresì l'assenza di scarti significativi in rapporto al sesso.

Tabella 1. - Valori medi di piombemia e protoporfirina IX relativi all'anno 1979 e 1981 in gruppi di bambini residenti a Sassuolo.

		Totale			Maschi			Femmine		
		N.	Media	D.S.	N.	Media	D.S.	N.	Media	D.S.
Pb-E $\mu\text{g}/100\text{ ml}$	1979	111	17,58	4,74	58	18,74	5,23	53	16,32	3,77
	1981	182	13,85	4,20	83	14,46	4,42	99	13,33	3,95
FEP $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ G.R.	1979	111	44,69	12,65	58	43,50	14,36	53	46,00	10,45
	1981	181	46,44	19,59	82	47,93	19,59	99	45,21	18,69

Nella Tabella 2 sono esposti i risultati del dosaggio dei metalli nei capelli dei bambini di Sassuolo e Modena. La concentrazione media di piombo è risultata significativamente più elevata negli scolari residenti nell'area industriale rispetto al gruppo di bambini dell'area urbana a bassa esposizione ambientale, con uno scarto medio di circa 10  $\mu\text{g}/\text{g}$ .

Suddividendo i risultati in rapporto al sesso, è interessante osservare che il contenuto medio di piombo nei capelli non differisce nei maschi e nelle femmine della zona urbana, mentre, nei bambini residenti a Sassuolo, la differenza tra i due sessi è rilevante (29,31  $\mu\text{g}/\text{g}$  nei maschi contro 21,55  $\mu\text{g}/\text{g}$  nelle femmine) anche se non statisticamente significativa.

Nettamente diverso è il comportamento dello zinco e del rame per i quali non sussistono differenze legate alla zona di residenza, come ci si poteva

attendere in base alla relativa omogeneità dei due gruppi esaminati sotto il profilo socio-economico e nutrizionale.

Tabella 2. - Valori medi di piombo, zinco e rame nei capelli dei due gruppi di bambini presi in esame.

Metalli nei capelli		N.	Sassuolo Media	D.S.	N.	Modena Media	D.S.	t	P
Piombo $\mu\text{g/g}$	Totale	181	25,11	26,79	218	15,31	15,26	4,37	<0,001
	Maschi	83	29,31	28,80	99	14,41	15,81		
	Femmine	98	21,55	24,55	119	15,93	14,81		
Zinco $\mu\text{g/g}$		182	154,19	42,12	242	144,86	49,44	2,09	N.S.
Rame $\mu\text{g/g}$		180	14,52	9,77	249	14,71	5,35	0,24	N.S.

I valori medi di questi due metalli e le relative deviazioni standard nei due gruppi di bambini esaminati sono peraltro sovrapponibili a quelli reperibili in letteratura in popolazioni infantili in buono stato di salute e con normale accrescimento somatico (13, 16, 20).

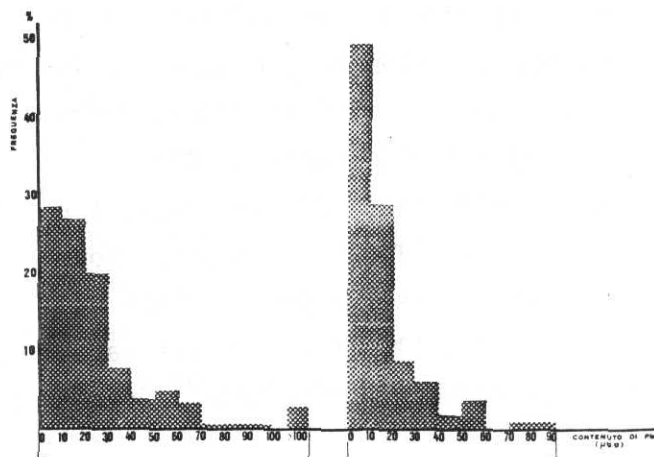


Fig. 1. - Distribuzione di frequenza dei livelli di Pb nei capelli dei bambini residenti a Sassuolo e a Modena. A sinistra sono rappresentati 181 residenti in area industriale, a destra 218 residenti in area urbana.

Dalla Fig. 1, in cui i livelli di piombo nei capelli sono distribuiti in classi di frequenza omogenee nei due gruppi ( $\Delta x = 10 \mu\text{g/g}$ ), si può rilevare che il 44,4% dei bambini residenti nell'area industriale presenta concentrazioni maggiori di  $20 \mu\text{g/g}$ , mentre nell'area urbana solo il 22% dei soggetti indagati supera tale valore.

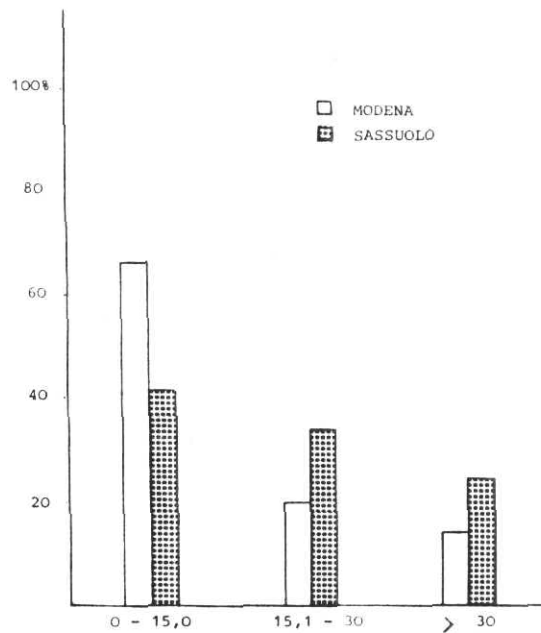


Fig. 2. - Frequenza percentuale a Modena e Sassuolo delle concentrazioni di piombo, suddivise in tre livelli, nei capelli dei bambini esaminati.

Nella Fig. 2 le concentrazioni di piombo misurate nei capelli dei bambini di Modena e Sassuolo sono ripartite percentualmente in tre livelli (< 15, tra 15 e 30 e > 30 µg/g): emerge chiaramente che quasi il 70% dei bambini abitanti nella zona urbana presenta concentrazioni di piombo inferiori a 15 µg/g mentre nell'area industriale tale percentuale scende al 42%.

Dal calcolo di alcuni coefficienti di correlazione è emerso che la deposizione del metallo tossico nei capelli non è in alcun modo associato all'età dei bambini a differenza di quanto si osserva per lo zinco ed il rame; esiste invece un rapporto associativo tra i livelli di piombo nei capelli e la piombemia ( $r = 0,349$ ,  $p < 0,001$ ) mentre più modesto è risultato il rapporto associativo con la protoporfirina.

Tabella 3. - Distribuzione percentuale dei valori di piombo nei capelli dei bambini di Sassuolo con diverso livello di piombemia.

Pb nei capelli µg/g	Pb-E µg/100 ml	
	≤ 20	> 20
< 15,0	72 (43,9%)	3 (18,8%)
15,1 - 30,0	57 (34,8%)	4 (25,0%)
> 30	35 (21,3%)	9 (56,2%)
Totale	164 (100%)	16 (100%)

Nella Tabella 3 sono infine riportate le distribuzioni percentuali dei valori di piombo nei capelli dei bambini di Sassuolo suddivisi in base ai livelli di Pb-E.

Dall'analisi di tale tabella si può osservare che, anche per tassi ematici di Pb  $\leq$  20  $\mu\text{g}/100$  ml, si sono evidenziati elevati valori di Pb nei capelli ( $>$  30  $\mu\text{g}/\text{g}$ ) nel 20% circa dei bambini indagati.

## Conclusioni

Il monitoraggio del saturnismo in una popolazione infantile residente in un'area industriale ha fatto registrare un sensibile miglioramento dei livelli espositivi, come emerge dalla diminuzione dei valori medi della piombemia (22% circa) rispetto alla situazione rilevata nel biennio precedente.

L'assenza di un parallelo decremento dei valori della protoporfirina IX (FEP) potrebbe essere attribuita alla relativa insensibilità di tale indicatore di effetto ai livelli di esposizione al piombo osservati nei bambini di Sassuolo anche nel 1979.

Nonostante nella zona in esame, grazie ad una serie di misure ambientali adottate negli ultimi anni, il rischio espositivo della popolazione residente sia nettamente diminuito, nei bambini sono stati ugualmente registrati nel 1981 valori di piombo nei capelli significativamente più elevati rispetto a quelli rinvenuti in zone urbane: infatti in tale area solo il 56% dei soggetti presenta valori  $<$  20  $\mu\text{g}/\text{g}$  contro l'80% registrato a Modena. Occorre sottolineare che il valore medio riportato nei capelli dei bambini di Modena (pari a 15,31  $\mu\text{g}/\text{g}$ ) è risultato del tutto sovrapponibile a quello riscontrato da altri AA in aree urbane di analoghe caratteristiche (21, 22).

Questi risultati confermano a nostro avviso l'utilità, nel monitoraggio biologico del saturnismo, di integrare la determinazione della Pb-E con la misura del tenore in piombo dei capelli in quanto tale matrice biologica consente di valutare pregresse esposizioni al tossico non evidenziabili dalla determinazione della sola piombemia che notoriamente fornisce una stima di esposizione corrente. Infatti nella nostra indagine è emerso che tra i bambini di Sassuolo, che presentavano valori di piombo ematico  $\leq$  20  $\mu\text{g}/100$ , il 21,3% ha depositato nei capelli un quantitativo del tossico  $>$  30  $\mu\text{g}/\text{g}$ . Anche il modesto rapporto associativo osservato tra Pb-capelli e Pb-E dimostra che le due variabili indagate assumono un differente significato specialmente quando sono intervenute importanti variazioni, nel tempo, dei livelli espositivi.

## BIBLIOGRAFIA

1. AGAZZOTTI ZANASI, G., AMORE, G., BERGOMI, M., BORELLA, P., FONTANA, G., OLIVO, R., TAMPIERI, A., VECCHI, G. & VIVOLI, G. 1976. Alcuni problemi igienici legati all'industria delle ceramiche. Parte 2<sup>a</sup>: Riflessi dell'inquinamento atmosferico sullo stato di salute della popolazione. Difesa Sociale 55: 141-162.
2. OLIVO, R., VIVOLI, G., BERGOMI, M., BORELLA, P., CASELGRANDI, E., PINI, A. & PREDIERI, G. 1978. Inquinamento da piombo e fluoro nel Comprensorio delle ceramiche. Possibili effetti sulla salute degli abitanti della zona. In: Atti Seminario Internazionale: Problemi da inquinamento per piombo e fluoro di origine industriale con particolare riferimento all'industria ceramica. Bologna, 26-27 gennaio 1978.
3. AMORE, F., BERGOMI, M., FANTUZZI, G., & VIVOLI, G. 1979. Effetti della contaminazione ambientale da piombo sulla popolazione scolastica. In: Atti del 1° Congresso Internazionale "La degradazione dell'ambiente nei suoi riflessi sull'infanzia". Roma, 11-13 dicembre 1979.
4. MORISI, G., TAGGI, F., MARTINI, F., MAGLIOLA, E., MATTIELLO, G., BORTOLI, A., GELOSA, L., FORTUNA, E., ALESSIO, L., VIVOLI, G., BORELLA, P., BERGOMI, M., PALLOTTI, G., CONSOLINO, A., PORROZZI, G., PIOVANO, V. & PIOMBINO, O. 1980. Programma Comunitario sulla sorveglianza biologica della popolazione contro il rischio di saturnismo. Risultati italiani: Fase I (1978-1979). Ann. Ist. Super. Sanità 16 (4): 537-644.
5. MORISI, G., PATRIARCA, M., MANCINELLI, R., BORTOLI, A., MATTIELLO, G., GELOSA, L., FORTUNA, E., VIVOLI, G., BORELLA, P., BERGOMI, M., PIOVANO, V., RAMPA, P., PALLOTTI, G., CONSOLINO, A., PORROZZI, G., PIOMBINO, O., BARRA, V., CHIAROTTI, F. & TAGGI, F. 1983. Programma Comunitario sulla sorveglianza biologica della popolazione contro il rischio di saturnismo. Risultati italiani: Fase II (1980-1981). ISSN-0391-1675, ISTISAN 1983/43.
6. KLEVAY, L.M. 1970. Hair as a biopsy material: assessment of zinc nutriture. Am. J. Clin. Nutr. 23: 284-289.
7. OLERU, U.G. 1975. Epidemiological implications of environmental cadmium: the probable utility of human hair for occupational trace metal (Cd) screening. Am. Ind. Hyg. Ass. Journal 36: 229-233
8. HAMBIDGE, K.M., WALRAVENS, P.A., BROWN, R.M., WERSTER, J., WHITE, S., ANTHONY, M. & ROTH, M.W. 1976. Zinc nutrition of preschool children in the Denver Head Start program. Am. J. Clin. Nutr. 29: 734-738.
9. JACOB, R.A., KLEVAY, L.M. & LOGAN, G.M. 1978. Hair metal as an index of



- hepatic metal in rats: copper and zinc. Am. J. Clin. Nutr. 31: 477-480.
10. IAEA/RL/50. Vienna, October 1978. Activation analysis of hair as an indicator of contamination of man by environmental trace element pollutants.
  11. O'LEARLY, M.J., MATA, L.J. & HEGARTY, P. 1980. Hair zinc levels in rural costarican infants and preschool children. Am. J. Clin. Nutr. 33: 2194-2197.
  12. NICULESCU, T., DUMITRU, R., BOTHA, V., ALEXANDRESCU, R. & MANOLESCU, N. 1983. Relationship between the lead concentration in hair and occupational exposure. British J. Ind. Med. 40: 67-70.
  13. PETERING, H.J., YAGGER, D.W. & WITHE RUP, S.O. 1971. Trace metal content of hair I: Zinc and copper of human hair in relation to age and sex. Arch. Environ. Health 23: 202-207.
  14. DEEMING, S.B. & WEBER, C.W. 1978. Hair analysis of trace minerals in human subjects as influenced by age, sex and contraceptive drugs. Am. J. Clin. Nut. 31: 1175-1180.
  15. MCKENZIE, J.M. 1978. Alteration of the zinc and copper concentration of hair. Am. J. Clin. Nutr. 31: 470-476.
  16. GENTILE, P.S., TRANTALANGE, M.J. & COLEMAN, N. 1981. The relationship of hair zinc concentrations to height, weight, age and sex in the normal population. Pediatr. Res. 15: 123-127.
  17. SKY-PECK, H.H. & JOSEPH, B.J. 1983. The "use" and "measure" of human hair in trace metal analysis. In: Chemical toxicology and clinical chemistry of metals. Brown, S.S. and Savory, J. (Eds). Ac. Press, N.Y. pp. 159-163.
  18. HARRISON, W.W., YURACHEK, J.P. & BENSON, C.A. 1969. The determination of trace elements in human hair by atomic absorption spectroscopy. Clin. Chim. Acta 23: 83-91.
  19. PIOMELLI, S. 1973. Micromethod for free erythrocyte porphyrine. The FEP test. J. Lab. Clin. Med. 81: 932-940.
  20. HAMBIDGE, K.M. 1983. Increase in hair copper concentration with increasing distance from the scalp. Am. J. Clin. Nutr. 26: 1212-1215.
  21. CHATTOPADHYAY, A., ROBERTS, T.M. & JERVIS, R.E. 1977. Scalp hair as a monitor of community exposure to lead. Arch. Environ. Health 32: 226-236.
  22. ELY, D.L., MOSTARDI, R.A., WOEBHENBERG, N. & WORSTELL, D. 1981. Aerometric and hair trace metal content in learning-disabled children. Environ. Res. 25: 325-339.