



**Rivista medico-scientifica dell'Ordine dei Medici  
Chirurghi e degli Odontoiatri della Provincia di Arezzo**

**Aprile 2022 numero 55**

# IL CESALPINO

- **Cultura e Medicina**
- **Prevenzione**
- **Appropriatezza in medicina**
- **Medicina e salute pubblica**
- **Inquinamento da piombo: problematiche ambientali e rischio per la salute umana, una questione ancora in sospeso**

## Editoriale

2 ■ Lorenzo Droandi

## Cultura e Medicina

3 ■ **Nascita e sviluppo della medicina scientifica**

P. Mausullo

## Prevenzione

10 ■ **Tutti allergici? Il ruolo dei medici sentinella per l'ambiente per la prevenzione delle malattie allergiche respiratorie.**

P. Lauriola, M. Talluri

15 ■ **La prevenzione per l'ambiente e per la salute: le prospettive e l'impegno di una società scientifica OneHealth**

P. Lauriola, A. di Ciaula, M.G. Petronio G. Tamino, R. Romizi

## Appropriatezza in medicina

21 ■ **La riforma delle Cure Primarie: cause ed elementi chiave di una evoluzione necessaria**

S. Celotto, A. Mereu

## Medicina e salute pubblica

25 ■ **Promozione della vaccinazione tra i cittadini stranieri nel territorio della ASL Toscana sud est: efficacia del coinvolgimento delle comunità straniere e delle reti territoriali, e degli educatori di salute di comunità (ESC)**

S. Arniani, S. Magi, C. Casamenti, P. Piacentini

## Ambiente e salute

30 ■ **PFAS e latte materno**

A. Pasinato

## Opinioni a confronto

35 ■ **Il ruolo dei medici nella gestione della sanità a livello locale**

F. Anelli, M. Bozzi

## Inquinamento da piombo: problematiche ambientali e rischio per la salute umana, una questione ancora in sospeso

38 ■ **Introduzione**

R. Romizi

39 ■ **Fonti di esposizione al piombo nei bambini, assorbimento e fattori di rischio specifici per l'età, necessità di prevenzione primaria.**

V. Murgia

46 ■ **Rischio di contaminazione da piombo in acque destinate al consumo umano**

A. Daniele, L. Lucentini

50 ■ **Assunzione di cibo dietetico ed esposizione al piombo: rischio e strategia di prevenzione**

R. Alleva

56 ■ **Esposizione al piombo ed aumento del rischio di essere affetti da disabilità del neurosviluppo.**

G. Ghirga

59 ■ **Riduzione della concentrazione di piombo nel sangue di bambini nella Repubblica di Georgia a seguito di interventi per affrontare il superamento diffuso del valore di riferimento nel 20191**

E. Ruadze, G.S. Leonardi, A. Saei, I. Khonelidze, L. Sturua, V. Getia, H. Crabbe, T. Marczylo, P. Lauriola, A. Gamkrelidze

67 ■ **Impatto su clima, ambiente e salute del trasporto aereo. Il caso dell'inquinamento da piombo**

A. Litta, G. Ranalli

### IL CESALPINO

*Rivista medico-scientifica dell'Ordine dei Medici Chirurghi e degli Odontoiatri della Provincia di Arezzo*

**Aprile 2022**

anno 22 - numero 55

**Editore:** Consiglio provinciale dei Medici Chirurghi e degli Odontoiatri di Arezzo

**Presidente Ordine dei Medici Arezzo:**

Lorenzo Droandi

**Direttore responsabile:** Roberto Romizi

**Coordinatore Redazionale:** Amedeo Bianchi

**Comitato Redazionale:**

Borghesi Simona, Grifagni Marcello, Linoli Giovanni, Magi Ezio, Nanni Sara, Nassi Rossella, Parca Gino, Pieri Piero, Rinnovati Andrea, Sereni Paolo.

**Comitato Scientifico e Revisori**

*Ambiente e salute:* Bianchi Fabrizio, Borghesi Simona, Di Ciaula Agostino, Gentilini Patrizia, Lauriola Paolo, Maurello Maria Teresa, Romagnoli Carlo, Sallese Domenico, Tamino Gianni.

*Appropriatezza in medicina:* Bonaldi Antonio, Donzelli Alberto, Murgia Vitalia, Parca Gino, Vernerio Sandra.

*Altri lavori scientifici:* Grifagni Marcello, Linoli Giovanni, Magi Ezio, Martini Marco, Nanni Sara, Nassi Rossella, Pieri Piero, Andrea Rinnovati, Sasdelli Mauro, Sereni Paolo.

**Segreteria redazionale e**

**progetto grafico**

Simona Ghezzi

redazionecesalpino@gmail.com

c/o Ordine dei Medici Chirurghi e degli Odontoiatri

Viale Giotto, 134 - 52100 Arezzo

tel. (+39) 0575 22724

fax (+39) 0575 300758

chirurgi@omceoar.it

odontoiatri@omceoar.it

www.omceoar.it

Aut. Trib. n°7 - 2001

del registro stampa n° 522/2001

La informiamo che secondo quanto disposto dall'art. 13, comma 1, della legge 675/96 sulla "Tutela dei dati personali", Lei ha diritto, in qualsiasi momento e del tutto gratuitamente, di consultare, far modificare o cancellare i Suoi dati o semplicemente opporsi al loro trattamento per l'invio della presente rivista.

## La pandemia infinita

**LORENZO DROANDI**

Presidente Ordine dei Medici Chirurghi e degli Odontoiatri di Arezzo

Mi sia concesso di affermare che speravo di non vederla, una pandemia: stavo bene anche senza. I due anni trascorsi sono stati impegnativi, molto pesanti per tutti e la luce in fondo al tunnel mi pare ancora lontana. Giusto per gradire, poi, si è aggiunto un evento bellico preoccupante e vicino non solo geograficamente.

Pur non potendo mai dimenticare la guerra tra Federazione Russa e Ucraina, tuttavia oggi dobbiamo preoccuparci di vedere come utilizzare i fondi del PNRR (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza), concessi in prestito dall'Europa per aiutare la ripresa economica degli Stati membri. Per la nostra realtà sono stati stanziati diversi e svariati milioni di euro, che Regione e Azienda USL competente hanno convenuto di destinare allo sviluppo o alla realizzazione di case di comunità sul territorio e sulla ristrutturazione di alcuni ospedali (compresi adeguamenti antisismici) nonché

su altre strutture ritenute meritevoli di attenzioni. Ben vengano i fondi del PNRR, la programmazione dello sviluppo di strutture ospedaliere e territoriali, di tempi ragionevolmente ridotti per la realizzazione di tutto questo. Ne siamo molto contenti. C'è un però, tuttavia, che credo riguardi il personale, medico e non medico, necessario a far funzionare al meglio ospedali, case di comunità e quant'altro verrà costruito o potenziato con i fondi del PNRR. Per quanto riguarda i medici, il problema, purtroppo, è quello che abbiamo denunciato da tempo, sul quale nessuno ha messo le mani in maniera concreta. Parlo della politica, dei governi che si sono succeduti nel tempo, degli amministratori regionali e di chiunque avesse voce in capitolo: negli ultimi due decenni hanno ignorato o non hanno recepito i segnali di allarme che la professione, essenzialmente tramite la Federazione Nazionale (FNOMCeO) e l'Ente di Previdenza (ENPAM), ha più volte espresso. Avevamo detto che avremmo avuto la cosiddetta gobba pensionistica, cioè l'uscita dal mondo del lavoro in breve tempo di un elevato numero di medici e che, a regole invariate, non sarebbe stato possibile sostituirli. Invece di far tesoro degli allarmi ricevuti, si è scelto di lasciare invariato il numero dei posti disponibili per le scuole di specializzazione e per il corso di formazione triennale in medicina generale, continuando a fare la cosiddetta programmazione basandola non sul numero dei professionisti necessari al Paese dopo 4-5-6 anni ma piuttosto sul numero degli specialisti che ciascuna università era in grado di formare. Quali le conseguenze? Che oggi abbiamo medici rimasti fuori dalle scuole di specializzazione (il cosiddetto "imbuto formativo") e quindi senza titoli per poter accedere ai concorsi ospedalieri ovvero per aspirare a coprire le zone carenti della medicina generale. È indubbiamente vero che si è corsi ai ripari, e che le borse di studio, in quest'ultimo anno, sono state largamente aumentate. Ma gli specialisti ed i medici di medicina generale formati e diplomati tali saranno disponibili solo fra 3-4-5 anni. Nel frattempo, cosa facciamo? Chi andrà a sostituire i Colleghi che andranno in quiescenza?

Ma non c'è solo questo. Alcuni concorsi sono andati deserti; in certe scuole di specializzazione numerosi posti restano vacanti; molte zone carenti di medicina generale e soprattutto della pediatria di libera scelta vengono rifiutate dai candidati perché si trovano in zone considerate scomode o distanti dalla città capoluogo o comunque non appetibili dal punto di vista logistico. Potrei continuare, dicendo per esempio che molte specializzazioni sono considerate "pericolose" perché gravate da troppi episodi di contenzioso, per cui anche i contratti assicurativi risultano troppo onerosi. Ciò che voglio dire è che, accanto all'aumento del numero delle borse di studio, ritengo che dovrebbero essere ricercati meccanismi incentivanti tali da far tornare appetibili situazioni che oggi non lo sono.

Giusto per fare un esempio, il contratto di un chirurgo potrebbe prevedere anche un benefit costituito dal pagamento della assicurazione professionale. Oppure, per un medico di medicina generale, laddove non ci fosse la casa di comunità, la messa a disposizione dello studio professionale completamente arredato e del personale sanitario ed amministrativo necessario, associato al benefit della assicurazione o ancora al versamento di contributi pensionistici in più rispetto a quelli oggi previsti dagli Accordi nazionali, regionali e locali. Infine, mi permetto di dire, prima che altri vi si nascondano dietro, che questi problemi erano di gran lunga precedenti tanto alla pandemia quanto alla guerra tra Ucraina e Federazione Russa. Mentre le soluzioni vanno trovate ora, tra pandemia e guerra.

Un abbraccio.

## Nascita e sviluppo della medicina scientifica

### *The birth and development of scientific medicine*

#### Riassunto

Si traccia un breve excursus sulla nascita e affermazione del concetto di medicina scientifica inquadrato nel contesto storico e culturale che lo ha determinato e che ha definito l'era della Modernità intesa come solida impalcatura che ha impregnato la filosofia, la scienza, la cultura in generale per vari secoli arrivando fino ai nostri giorni con la pretesa di sostituire l'incertezza e la tollerante ambiguità umanistica e rinascimentale con l'enfatica certezza della teoria esatta fondata su basi sicure fondendo in una unica visione le "sensate esperienze" (frutto di esperimenti) e le "necessarie dimostrazioni" (per uso rigoroso di relazioni matematiche). La medicina scientifica è figlia della rivoluzione scientifica avvenuta nel XVII secolo ad opera di Copernico, Cartesio, Galileo, Newton, che le ha conferito una impostazione razionalistica ed ha trovato la sua definitiva concettualizzazione ed affermazione nella seconda metà dell'Ottocento ad opera di Claude Bernard medico e fisiologo francese che ha individuato nel metodo scientifico lo strumento più idoneo per la diagnosi e la cura delle malattie posto a fondamento del modello biomedico imperante fino ai nostri giorni e che riconosce nella EBM di A. Cochrane (1909-1988) e David Sackett (1934-2015) la versione più attuale.

**Parole chiave:** Rivoluzione scientifica, metodo sperimentale, modello biomedico

#### Abstract

*This is a brief excursus about the origin and success of the concept of scientific medicine in the historical and cultural context of its establishment, which defined the Modern era as a strong framework for philosophy, science and culture*

*for several centuries up to present day. Scientific medicine had the claim of replacing the uncertainty and tolerant humanistic and Renaissance ambiguity with the emphatic certainty of the exact theory based on secure foundations by merging in one vision the "sensible experiences" (fruit of experiments) and the "necessary proofs" (for strict use of mathematical relationships). Scientific medicine is the outcome of the scientific revolution that took place in the seventeenth century by Copernicus, Descartes, Galileo, Newton, who gave it a rationalistic approach. Its concept was fully established in the second half of the nineteenth century by Claude Bernard, a French physician and physiologist who identified the scientific method as the most suitable tool for the diagnosis and treatment of diseases, which was the foundation of the biomedical model that is still prevailing, having its latest version in the EBM by A. Cochrane (1909-1988) and David Sackett (1934-2015).*

**Keywords:** *Scientific Revolution, experimental method, biomedical model*

#### ■ Introduzione

L'impostazione razionalistica della medicina trae le sue origini dalla cosiddetta rivoluzione scientifica del XVII sec. con la nascita della scienza moderna riconducibile a Copernico, Galileo, Cartesio, Newton. Da quel momento la matematica diviene strumento di conoscenza (mathesis) nelle scienze e anche in Medicina. I fondatori della scienza moderna avevano un programma ben preciso che consisteva nel distruggere un mondo e rimpiazzarlo con un altro, cancellare l'esistente, ricominciare daccapo, a partire dall'interrogazione dell'esperienza rinunciando alla tradizione. È l'era della Modernità intesa

PIETRO MASULLO\*  
ANTONELLA MASULLO\*\*  
CARLO IADEVAIA\*\*\*

\* Direttore a r. UOC Oncologia Osp. S. Luca, Vallo della Lucania (SA) - Medico ISDE  
\*\* Spec. Amb. Medico legale INAIL, Salerno  
\*\*\* Dir. Med. Pneumologia Osp. Monaldi AUO Dei Colli, Napoli

Per corrispondenza:  
masullopietro@inwind.it

come impalcatura che ha impregnato la filosofia, la cultura, la scienza nei quattro secoli successivi fino ai nostri giorni così come nota il filosofo Stephen Toulmin: “Nel 1650 la tolleranza umanista per l’incertezza, l’ambiguità, la diversità cedette il posto all’intolleranza puritana, all’insistenza razionalistica sulla teoria esatta e universale, all’enfasi sulla certezza del tutto”.

Pertanto i concetti di scienza e verità, ancorati e sorretti dal pensiero logico-matematico, diventano indissolubili nel percorso della Modernità sullo sfondo di una concezione riduzionistica dell’Universo e della vita che pretende di spiegare tutti i fenomeni della natura con le leggi della meccanica; con il passare del tempo i biologi e i medici utilizzano sistemi simili ad orologi per descrivere i processi della vita, adottando una visione meccanicistica del corpo umano come parte di un universo scritto in lingua matematica e assimilabile al funzionamento di una macchina (Cartesio). Non a caso i medici di scuola galileiana applicano alla medicina la iatrofisica e la iatromeccanica: William Harvey (1578-1657), sviluppando le teorie di Cartesio, studia “il moto del cuore e del sangue” e Giorgio Baglivi nella seconda metà del ‘600 parla di economia fisica dell’uomo asserendo che il cuore è una molla, lo stomaco una storta, le mascelle tenaglie, le vene e le arterie tubi idraulici, i visceri filtri e setacci, i polmoni mantici: di conseguenza se l’uomo è una macchina all’anatomo-patologo viene riconosciuta l’autorità della parola definitiva dato che è il solo ad avere accesso alle intime alterazioni morfologiche e quindi può rintracciare e definire il malfunzionamento delle parti costituenti l’organismo con maggior precisione del clinico che invece svolge un lavoro induttivo od abduttivo interpretando i dati disponibili dall’esterno: è la prevalenza della anatomia patologica sulla clinica stabilendo un vero e proprio ordine gerarchico nel percorso per giungere alla verità diagnostica che è stato ritenuto valido fino a pochi anni or sono.

### ■ Il contesto filosofico e scientifico

La nascita della Medicina Scientifica così come oggi è comunemente intesa, in quanto basata sul metodo sperimentale, si può correttamente far risalire al XVII secolo allorché venne superata la concezione unitaria dell’uomo culturalmente dominante lungo tutto il periodo medioevale e rinascimentale indotta dallo spiritualismo medioevale che considerava l’uomo nella sua interezza. Già nel mondo classico l’uomo era considerato appartenente alla totalità della natura come un microcosmo che nella sua struttura riproduceva gli elementi che compongono l’intero universo; di conseguenza la salute veniva intesa come armonia tra questi elementi e la malattia come disarmonia e quindi la medicina era vista come un dono della Divinità (giuramento di Ippocrate). La medicina medioevale tendeva ad una trasformazione dell’uomo malato, ad una vera e propria conversione: la guarigione del corpo, quando avveniva, era la conseguenza della guarigione dell’anima attraverso una catarsi più o meno lunga. Ciò che

riportava alla salute superando la malattia era il ristabilimento di un rapporto con il divino. Lo spiritualismo medioevale non distingueva tra cura dell’anima e cura del corpo in quanto l’obiettivo era rappresentato dalla “salus” intesa come salvezza dell’una e salute dell’altro<sup>1</sup>. Pertanto la malattia era intesa anche come una opportunità per ristabilire il rapporto con il Divino. La cesura tra mente e corpo che determinò una vera e propria frattura epistemologica in questa considerazione unitaria dell’uomo avvenne in maniera netta con il dualismo cartesiano (*res cogitans* e *res extensa*) e con il conseguente affermarsi del modello biomedico. Nel 1637 Cartesio (1596-1650) pubblicò il suo “Discorso sul metodo” in cui riprese il dualismo del pensiero greco e in particolare di Platone e definì l’uomo come l’insieme di due entità (corpo e mente) qualitativamente diverse. La mente era diretta espressione della natura di Dio nell’uomo e quindi non studiabile scientificamente, il corpo invece era una macchina di cui si potevano studiare, scomporre e aggiustare i componenti e ristabilirne il funzionamento. In questa prospettiva la salute era simile all’immagine perfettamente funzionante mentre la persona malata poteva essere assimilata ad un orologio rotto e quindi passibile di riaggiustamento. Da allora i concetti generali che hanno guidato la ricerca scientifica si possono sostanzialmente ridurre a quattro: ordine, riduzione, separazione, razionalizzazione indagabili utilizzando un linguaggio matematico.

Il libro di Cartesio si pone al centro di quel periodo indicato come rivoluzione scientifica e che va dalla data di pubblicazione del *De Revolutionibus* di Copernico (1543) all’opera di Newton (1687 circa): è un potente movimento di idee che acquista nel seicento i suoi caratteri determinanti nell’opera di Galileo e trova i suoi filosofi in Bacone e nello stesso Cartesio e troverà la sua espressione classica nell’immagine newtoniana dell’universo come macchina. Si afferma man mano una nuova concezione dell’uomo, della scienza, del rapporto tra scienza e filosofia, tra scienza e religione. La scienza inizia un percorso lungo e tortuoso non privo di ostacoli (basti ricordare la condanna di Galileo da parte del Sant’Uffizio), si divincola dalla fede e man mano emerge la concezione galileiana del metodo scientifico: la scienza è sperimentale ed il suo progresso è dettato dal metodo sperimentale (all’osservazione diretta e agli esperimenti di laboratorio (le “sensate esperienze”) si associava l’uso rigoroso di relazioni matematiche ((le “necessarie dimostrazioni”)<sup>2</sup>, dal momento che “...l’universo è un grande libro aperto scritto in linguaggio matematico...”. Nel XVII sec. Robert Boyle (1627-1691) inizia ad utilizzare il metodo scientifico nelle investigazioni chimiche e mediche. Questa metodologia, basata sulla verifica sperimentale delle ipotesi, si affermerà in Medicina solo a metà del XIX secolo con la pubblicazione nel 1865 della monumentale opera di Claude Bernard “Introduction a l’étude de la médecine expérimentale”<sup>3</sup>. Dal metodo sperimentale scaturisce una prospettiva, dapprima ad opera di Bacone poi ad opera di Cartesio, che avrebbe man mano informato di sé tutta l’era della Modernità: la scienza, il sapere scientifico

non serve soltanto alla conoscenza della natura e a svelarne i segreti ma anche a dominarla e sottometterla. Un mito ed anche una illusione che Cartesio pensò subito di applicare alla medicina e quindi alla possibilità dell'uomo di poter sconfiggere le malattie. Nel Discorso sul metodo in parte Cartesio affermava che la nuova scienza avrebbe resi gli uomini "quasi padroni e possessori della natura"<sup>4</sup> e che questa possibilità andava sfruttata soprattutto per la "conservazione della salute la quale è senza dubbio il primo bene e fondamento di tutti gli altri beni in questa vita". Il corpo umano inteso come *res extensa* poteva essere considerato una macchina contraddistinta da una serie di funzioni meccaniche come la circolazione, la digestione. Alla salute come buon funzionamento della macchina faceva riscontro la malattia come guasto od usura della macchina stessa. Al medico il compito di prendersi cura del corpo malato attraverso la "manutenzione" e la "riparazione" intese come prevenzione e terapia. Dopo aver stigmatizzato i limiti della medicina del suo tempo Cartesio era convinto che l'uomo avrebbe potuto in un prossimo futuro liberarsi "da una infinità di malattie tanto del corpo quanto dello spirito e forse anche dell'indebolimento della vecchiaia..." e che sarebbe stato sufficiente "...la conoscenza delle loro cause e dei rimedi di cui la natura stessa ci ha provvisti..."<sup>4</sup> purtroppo occorre riconoscere che l'auspicio cartesiano è rimasto soltanto tale. Scrive Giorgio Cosmacini nel suo libro "La medicina non è una scienza" del 2008:

"Dal Rinascimento in poi, la medicina, dopo aver ricevuto da Andrea Vesalio (1514-1564), con il volume *De humani corporis fabrica* (1543), la propria fondazione anatomica, è stata continuamente arricchita da scienze di base che l'hanno avviata alla pista di lancio della modernizzazione tecnico-scientifica: nel seicento la fisica di Galileo Galilei (1564-1642), nel settecento la chimica di Antoine-Laurent Lavoisier chimico francese (1743-1794) nell'ottocento la biologia di Gottfried Reinhold Treviranus naturalista tedesco (1776-1837). Alle soglie dell'età contemporanea altre scienze si aggiungono ad ampliare la modernizzazione..."

I più importanti tentativi per indirizzare il pensiero medico seicentesco verso le nuove idee scientifiche galileiane furono compiuti dalle scuole di iatromeccanica e di iatrochimica<sup>5</sup> sostenuta, quest'ultima, da Van Helmont (1557-1644), da Joseph Black (1728-1799), da George Stahl (1660-1734) da Henry Cavendish (1731-1810). La iatromeccanica affermava che l'essere vivente, l'uomo, fosse una macchina composta da "caruncole", "pulegge" e "setacci" per cui le sostanze farmaceutiche agivano "dilatando o restringendo i pori, aumentando o diminuendo il tono delle fibre penetrando più o meno profondamente nell'organismo con le loro particelle"<sup>5</sup>. La iatromeccanica venne elaborata da William Harvey e consolidata da Marcello Malpighi, ebbe tra i principali esponenti il medico istriano Santorio Santorio (autore di una *Ars de Statica Medica* del 1614) e il napoletano di scuola galileiana Giovanni Alfonso Borelli autore di un volume *De motu animalium* pubblicato postumo nel 1681 nel quale si riteneva "...la vita una serie coordina-

ta di fenomeni motori rappresentabili e misurabili con gli strumenti della matematica..."<sup>5</sup>. La iatrochimica, in cui risulta evidente l'influenza di Paracelso (1493-1541), medico naturalista e filosofo, intendeva ricondurre le malattie alle alterazioni di tipo chimico considerate alla base di qualunque fenomeno vitale e rappresentò un duro colpo inferto dopo secoli alle teorie galeniche avviando l'affermazione di un nuovo modo di intendere la salute imperniato sull'osservazione empirica delle malattie.

Verso la metà del settecento la medicina comincia a studiare il corpo in sala anatomica ad opera di Giovan Battista Morgagni il quale evidenzia che le malattie sono conseguenza di lesioni organiche e che i sintomi rappresentano "il grido degli organi sofferenti". Infatti la scomposizione cartesiana dell'uomo in corpo e spirito risulta la migliore garanzia per la proficuità degli studi anatomo-clinici che diverranno nel tempo una solida base per ogni tentativo di classificazione e di studio del corpo umano. Da questo approccio nasce la ricerca moderna: il modello biomedico, modello meccanico riduzionista del corpo umano, descrive le sue funzioni in termini quantificabili. Anche gli studi della fisiologia degli esseri viventi hanno rinsaldato la validità della teoria meccanicistica e riduzionistica. Nel corso di pochi decenni il medico inglese William Harvey (1578-1657) scoprì e descrisse la circolazione sanguigna; nella seconda metà del XIX secolo Rudolph Virchow concentrò l'attenzione sulle cellule e Louis Pasteur individuò nei germi la causa di molte malattie: cominciò ad emergere il concetto di causalità. La natura riduzionistica del modello biomedico considera la malattia una disfunzione patologica o meccanica all'interno del corpo e l'obiettivo del medico è "riparare" il corpo tramite la somministrazione di farmaci o interventi chirurgici e nessuna considerazione è riservata alla dimensione psicologica, sociale, spirituale ritenute fuori dal controllo biomedico.

E' pertanto logico collocare l'origine del moderno concetto di malattia e la nascita del modello biomedico nell'atmosfera culturale del XVII secolo allorquando in parallelo alla formulazione del dualismo cartesiano, in cui si assume la separazione tra mente e corpo, nasce la teoria dell'uomo macchina con la conseguente disumanizzazione del corpo dell'uomo considerato una macchina che può essere studiata come una serie di meccanismi molto complicati, definiti dal rapporto causa-effetto, ma, in quanto meccanici e costanti, anche comprensibili e oggetto pertanto di scienza e non di metafisica. La considerazione del corpo come macchina consegna alla medicina, almeno in teoria, la possibilità di anticipare una serie di eventi; questa capacità predittiva è resa possibile dalla costanza dei processi meccanici che avvengono sia nel corpo sano sia in quello malato; in secondo luogo la corporeità della macchina-uomo, soggetto alle regole della oggettività e replicabilità, rende del tutto superfluo il contributo delle scienze umane alla medicina. Quindi il dualismo cartesiano rappresenta il primo, imprescindibile fondamento del modello biomedico.

Durante l'età dell'Illuminismo gli approcci terapeutici abbandonarono l'usanza di trattare ogni sintomo o disturbo ma cominciò a prevalere una interpretazione che si serviva di classificazioni patologiche (nosologie) e teorie fisiopatologiche<sup>6</sup>.

Il sistema nosologico riconosce in Thomas Sydenham (1624-1689) in suo antesignano ed il suo esponente principale fu William Cullen (1710-1790). Al primo si deve l'invenzione e l'uso delle cartelle cliniche sulle quali annotava per ogni paziente la manifestazione, lo sviluppo e la eventuale scomparsa dei sintomi accusati. Utilizzando il metodo induttivo baconiano Sydenham, coadiuvato dall'amico medico e filosofo John Locke, utilizzò le sue cartelle cliniche come veri e propri resoconti sulla malattia, chiamandole "historiae morborum" che contenevano descrizioni minuziose del quadro clinico<sup>7</sup>. Sydenham, in aspra polemica con gli antichi e i suoi contemporanei che vedevano un legame indissolubile tra il paziente e la sua malattia, affermava che la natura produce delle malattie agendo con "uniformità e costanza al punto che per la stessa malattia i sintomi sono per lo più gli stessi e che si possono osservare identici fenomeni di malattia in Socrate o in uno sciocco"<sup>7</sup>. Nella descrizione di una malattia bisognava distinguere i sintomi propri e costanti da quelli accidentali ed estranei che potevano dipendere dall'età, dal temperamento del malato. E' chiara in Sydenham la distinzione tra il malato e la malattia e la considerazione che su quest'ultima deve concentrarsi l'attenzione del medico. Cullen fece un ulteriore passo avanti e applicò il sistema nosologico all'approccio terapeutico: il suo modello, predominante a fine settecento, si basava sulla considerazione che un trattamento per poter essere efficace doveva essere adattato al genere, alla specie e alla varietà della malattia in un'ottica specificamente nosologica che prevedeva quattro classi (pyrexiae, neurises, cachexiae, locales) suddivisi in un totale di diciannove ordini e centotrentadue generi<sup>8</sup>. A inizio del XIX secolo la fisiologia e la chimica abbandonarono definitivamente la via alchemica per diventare vere e proprie discipline scientifiche affidandosi ad una metodologia di ricerca impostata su una sperimentazione sistematica dapprima in laboratorio (in vitro) successivamente sugli organismi viventi (in vivo). Un esempio che ha segnato la storia della medicina è rappresentato dalla individuazione del primo vaccino ad opera di Edward Jenner nel 1796 allorquando sperimentò una sostanza liquida contenente il virus del vaiolo bovino che risultò capace di garantire una resistenza specifica nei riguardi del vaiolo umano. La fisiologia cominciò ad approfondire il funzionamento del corpo sia in condizioni normali sia in situazioni patologiche e la chimica cominciò a selezionare i principi attivi delle preparazioni ottenute in gran parte da erbe e piante. Pertanto a partire dal settecento e ancor più nell'ottocento la malattia cominciò ad essere concepita come risultato di uno specifico agente o di uno specifico processo: curare significava individuare la causa di un fenomeno per poterlo eliminare. La prospettiva filosofica che stava alla base di questa nuova rappresentazione della malattia era il determinismo da

cui derivava il principio che ogni fenomeno fisiologico o patologico è prodotto in maniera determinata e da una specifica causa. Da questa concezione di cura derivò un'idea di malattia connessa intimamente al processo della sua individuazione e del suo successivo sradicamento: la cura era una forma di separazione. Successivamente, nel Novecento sarà Michael Foucault, filosofo francese, (1926-1984) ne "La nascita della clinica", ad evidenziare nettamente questo processo di separazione riferendolo non solo alla malattia ma anche al malato che iniziava ad essere "separato" dalla società e relegato negli ospedali. Per individuare la causa della malattia non era più sufficiente l'esame esterno del malato ma diventava necessario guardare dentro il corpo per cui a poco a poco nacquero e si diffusero gli strumenti diagnostici e, con Marie Francois Xavier Bichat chirurgo e fisiologo francese (1771-1802), la partica autoptica. Il progresso in campo medico fu reso possibile anche grazie all'apporto che una serie di discipline scientifiche erano in grado di fornire: chimica, biologia, fisica, matematica incrementarono il corpus dottrinale medico e l'antica sinergia tra medicina, filosofia, etica, cedette il passo ad una alleanza con le discipline naturali che meglio rispondevano alle esigenze del metodo sperimentale

### ■ Il contesto storico e sociale

La nascita e l'affermazione della medicina moderna sono essenzialmente riconducibili alla sua organizzazione come professione sanitaria e alla sua dipendenza sempre più stretta dal sapere scientifico. A poco a poco i medici si trasformano da guaritori forti del loro potere magico e teurgico a curatori forti della loro sapienza e competenza. Nell'epoca moderna si assiste ad un processo di convergenza tra lo stato, istituzioni e professioni emergenti (tra cui quella medica e farmaceutica) a seguito dell'affermarsi degli stati nazione che attribuiscono alle istituzioni educative e formative (Università) il compito importante e non ulteriormente eludibile di costruzione di una nuova élite professionale per la gestione di sistemi politici ed economici sul modello tedesco del XIX secolo che modificò la formazione universitaria conferendo alla istituzione un carattere di laicizzazione e professionalizzazione della carriera accademica<sup>9</sup>. Secondo il ministro della Pubblica Istruzione tedesco, Wilhelm von Humboldt (1767-1835), l'organizzazione universitaria aveva il compito di formare il cittadino e per questo doveva configurarsi come un sistema culturale secolarizzato con la interazione tra la didattica delle discipline umanistiche (in primis la filosofia) con le attività di ricerca sperimentali. In Europa con la graduale istituzionalizzazione delle Facoltà di Medicina parte preponderante delle attività viene trasferita nei luoghi di cura (ospedali, centri di ricerca...). Un ruolo importante in questo processo di assistenza e cura dei malati viene rivestito anche dalla nascita e dall'espandersi delle industrie farmaceutiche con l'incremento della produzione e diffusione di prodotti sa-

nitari (farmaci, dispositivi e strumentazione).

Nella seconda metà dell'ottocento grazie ai successi ottenuti in campo infettivologico con la scoperta di virus e batteri si afferma sempre più l'interesse dei medici verso attività e procedure nettamente scientifiche. Grazie ai contributi della microbiologia si mise in moto anche una rivoluzione sociale della medicina che non veniva più considerata scienza della guarigione soltanto ma anche scienza della prevenzione. Potendo individuare con precisione gli agenti patogeni (cause delle malattie) e potendo realizzare in laboratorio procedure in grado di contrastarli si rafforza la convinzione che per ogni malattia esiste una causa biologica precisa che occorre cercare per debellarla utilizzando l'attività clinica di indagine all'interno dell'organismo malato.

Si cominciò ad indagare sul rapporto tra l'insorgere delle malattie e le condizioni di vita e di lavoro, specialmente nelle campagne dove l'esplosione della povertà con condizioni di miseria, denutrizione, rappresentava un forte elemento di rischio per patologie di varia natura. Nel 1842 in Inghilterra venne pubblicata un'inchiesta ad opera di Edwin Chadwick, fondatore del movimento igienista, a cui era stata commissionata dalla Regina Vittoria, che denunciava la correlazione tra le condizioni di lavoro e l'insorgenza di alcune malattie per cui si ribadiva la necessità di assicurare acqua pulita e potabile a tutte le famiglie. Nello stesso periodo nella Prussia germanica R. Virchow, evidenziò la connessione tra una epidemia di tifo e le condizioni di marginalità e povertà estrema in cui vivevano i minatori in Alta Slesia sostenendo anche che "il dovere del medico fosse quello di vagliare attraverso l'accertamento dei sintomi lo stato di salute e decidere se c'è qualcosa di patologico e in quale parte del corpo e infine prescrivere un trattamento chirurgico o farmacologico"<sup>10</sup>. Si affermava quindi la consapevolezza che ad ogni singola malattia corrispondesse una singola causa e quindi la lesione organica determinava una frattura nell'equilibrio fisiologico, una rottura da sanare al fine di ristabilire l'ordine funzionale.

Avvenne nella Parigi della metà dell'Ottocento, nel clima sociale che di lì a poco avrebbe determinato il golpe che portò al potere Luigi Napoleone Bonaparte, la vera e propria istituzionalizzazione della medicina scientifica. Infatti affiora in quegli anni un nuovo modello medico di interpretazione degli stati patologici umani con un approccio alla fisiologia che sostituirà in breve tempo la teoria umorale ancora in auge da molti secoli sottraendo definitivamente a maghi e guaritori l'esercizio di attività finalizzate alla cura delle persone. Essendo l'insorgenza della malattia riconducibile a lesioni organiche e non più ad un aggregato di sintomi esterni (febbre, sonnolenza...) si riconosce estrema importanza all'osservazione clinica e alle pratiche autoptiche che hanno luogo nei contesti ospedalieri definiti come spazi dedicati alla comprensione e cura delle malattie con la conseguente ridiscussione e abbandono delle pratiche curative fino ad allora di moda (salassi, pratiche emetizzanti, clisteri ...) <sup>11</sup>.

## ■ Il concetto di medicina scientifica

La svolta decisiva che consentì la nascita della medicina scientifica avvenne ad opera di Claude Bernard (1813-1878) con la pubblicazione del suo volume "Introduzione allo studio della medicina sperimentale" nel 1865. E' doveroso ricordare che le basi di questa nuova visione della medicina si possono far risalire a Andrea Vesalio che per primo offrì un contributo fondamentale per la scoperta della circolazione sanguigna e per la verifica dell'errore presente nella "teoria pneumatica" di Galeno riportando la medicina e lo studio del corpo umano alla sua dimensione pratica compiendo un importante passo di avvicinamento alla medicina sperimentale intesa come scienza basata sul metodo ipotetico-sperimentale.

La scienza medica fatta di rimedi empirici e basata sulla classificazione delle malattie e sulla ricerca di nuove terapie cominciò ad allontanarsi dalle pratiche in auge trasformandosi nella medicina basata sull'osservazione dei fatti che contrapponeva alla medicina tradizionale, considerata alla stregua di magia o cialtroneria, il rigore della propria scientificità. La medicina sperimentale di matrice positivista spinse a concentrare l'attenzione del medico più sulla malattia che su malato: Claude Bernard vedeva nella malattia da catalogare e non nel malato da curare il vero santuario della scienza medica. Inoltre l'utilizzo e la diffusione di strumentazioni per l'epoca innovative spostarono l'attenzione dal racconto e testimonianza del paziente alla valutazione oggettiva degli indicatori di malattia (ispezione, percussione, palpazione, auscultazione). Inevitabilmente questi cambiamenti condussero alla nascita del modello biomedico che vedeva nel malato "il paziente" in atteggiamento di attesa passiva e acritica rispetto al medico e al suo operato; l'importanza della comunicazione e della relazione vennero sacrificate e nullificate. Il graduale allontanamento da una prospettiva basata sul ruolo attivo che il paziente assumeva nelle varie fasi del processo morboso condurrà nel XX secolo alla affermazione della malattia, equiparata a qualsiasi altra forma di patologia del regno animale o vegetale, come unico polo di interesse per il medico il cui compito iniziava a identificarsi con il contributo da offrire al progresso scientifico: cominciò a delinarsi, a partire dalla metà dell'Ottocento, un rapporto medico-paziente di tipo deterministico e meccanicistico: la malattia tornò ad essere un corpo estraneo da eliminare. La prassi dell'osservazione clinica è stata immortalata in un celebre quadro di Luke Fildes del 1891, *The Doctor*, ove viene ritratto il medico attento e pensieroso seduto al capezzale di una piccola paziente.

Nella sua opera Claude Bernard trasferisce i principi positivistici su cui si basavano le scienze della natura (chimica, fisica) alla ricerca in campo biologico e medico, privilegiando il parametro quantitativo rispetto al qualitativo. Scrive Bernard: "Patologico è tutto quanto si discosta dal normale e questa alterazione da uno stato all'altro può essere misurata"<sup>12</sup>. In tal modo alla medicina scientifica o sperimentale viene ufficialmente

affidato il compito di ricostruire con precisione i meccanismi e gli effetti prodotti che, partendo dalla alterazione dell'equilibrio funzionale, producono la lesione organica e causano quindi la malattia che non veniva più classificata per sintomi morbosi (febbre, catarro, stipsi...) ma in riferimento agli organi danneggiati dai quali cominciò a derivare la terminologia per indicare la patologia (polmonite, bronchite, gastrite...). L'approccio alla malattia non avveniva più accostandosi al malato ma analizzando il corpo malato con strumenti specifici: il laboratorio diventava fondamentale. Scrive D. Guthrie in *Storia della Medicina*, 1967:

"Secondo Bernard non vi è posto nella medicina sperimentale per dottrine o sistemi... Bernard era nemico delle formule accettate e si propose perciò di stabilire i canoni dell'esperienza obiettivamente condotta. Secondo lui il vero scienziato non ha un punto di partenza prestabilito: egli studia la natura, osserva i fatti e in base a questi formula un'ipotesi della quale poi accerta la fondatezza o la fallacia mediante esperimenti. Nell'esperimento non vi è posto per l'immaginazione, per quanto questa sia indispensabile, prima per concepirlo e dopo per interpretare i risultati. Bisogna dunque, nell'entrare in laboratorio, spogliarsi della propria immaginazione come del soprabito."

In questo procedimento il malato assume un ruolo del tutto secondario essendo sostanzialmente una vittima del suo stato patologico che è accertabile e sanabile dal medico. Pertanto l'oggetto della medicina sperimentale non risulta il malato con le sue emozioni e sensazioni ma la patologia da cui è affetto con la ratifica della netta separazione anima-corpo in ossequio al dualismo cartesiano.

Su queste basi è stata costruita la visione della medicina che oggi definiamo scientifica e che privilegia l'aspetto biologico e oggettivo della malattia indagandone cause e suggerendo rimedi al fine di ristabilire l'equilibrio perduto dell'individuo malato: medicina biologica quindi o biomedicina secondo una locuzione oggi in voga<sup>13</sup>. Bernard nella sua monumentale opera pone la fisiologia sperimentale al centro del sapere medico riconoscendo ad essa importanza non solamente come insieme di conoscenza ma soprattutto come modello operativo. Scrive Bernard "...la medicina scientifica, come ogni scienza, può costituirsi solo come procedimento sperimentale, ossia con l'applicazione immediata e rigorosa del ragionamento ai fatti forniti dall'osservazione e dell'esperimento. Il metodo sperimentale considerato in sé è un ragionamento tramite il quale le idee sono metodicamente confrontate con l'esperienza dei fatti..." Secondo Bernard la triade sintomatologica del medico è simile a quella del ricercatore e consiste in: osservazione, ipotesi, controllo. Continua Bernard: "...Un medico che osserva una malattia in circostanze diverse, che ragiona sull'influenza di queste diverse circostanze e trae conseguenze che poi controlla con altre osservazioni, fa ragionamenti sperimentali benché non faccia esperimenti. Se però vuole andare oltre e conoscere i veri meccanismi della malattia deve fare i conti con fenomeni nascosti e deve fare esperimenti;

ma sempre ragiona nella stessa maniera.... Quando si dice fare esperimenti o fare osservazioni si intende applicarsi alla ricerca: significa ripetere prove e tentativi al fine di ottenere dati su cui ragionare per trarne una conoscenza o un insegnamento...." È il processo scientifico che ininterrottamente avanza senza interruzioni dal controllo della ipotesi formulata precedentemente e che ha originato nuove osservazioni. Bernard giunge per via sperimentale ad un concetto di malattia di tipo quantitativo e misurabile: "...Non c'è fra questi due modi di essere (la salute e la malattia) che una differenza di grado: l'eccesso, la sproporzione, lo squilibrio dei fenomeni normali determinano la condizione di malattia...È sempre necessario riconoscere la continuità dei fenomeni, la loro sfuggente gradualità, la loro armonia..." L'affermazione del modello biomedico è indotta anche dall'evoluzione del pensiero scientifico e dalle nuove conquiste: la rivoluzione radiologica di fine Ottocento, la scoperta dell'elettrone, la scoperta di nuovi farmaci dovuta all'espansione dell'industria farmaceutica.

Nella prima metà del XIX secolo riceve nuovo impulso l'innovazione culturale che aveva visto la sua nascita già alla fine del secolo precedente: la ricerca biologica e la sperimentazione scientifica (chimica, fisica, anatomica e fisiologica) ottenevano risultati di grande rilievo in vari settori. Robert Virchow, patologo tedesco (cui si devono i moderni concetti di patologia cellulare e di patogenesi delle malattie) localizzava le malattie nell'alterata struttura delle cellule così come Bichat le aveva individuate nei tessuti e precedentemente G. B. Morgagni (1682-1771) negli organi. In campo biochimico J. von Leibig fisiologo (1822-1893) favoriva lo sviluppo di una medicina fisiologica su basi sperimentali e Helmholtz medico, fisiologo e fisico tedesco (1821-1894) formulava il principio della conservazione dell'energia, studiava l'acustica e l'ottica inventando l'oftalmoscopio per studiare il fondo oculare e lo stato della retina. La teoria dei germi di L. Pasteur, chimico e biologo francese, (1822-1895) spalancava le porte allo studio della microbiologia e l'analisi microscopica delle cellule nervose ad opera di J. E. Purkinje fisiologo ceco (1787-1869) contribuisce a rivoluzionare il mondo medico-scientifico del tempo realizzando l'epocale passaggio dallo studio delle strutture visibili ad occhio nudo a quello delle strutture individuabili con il ricorso a strumentazione per l'epoca certamente sofisticate, lo stesso Bernard compiendo ricerche di fondamentale importanza sulla funzione digestiva, (intestino e pancreas) sul metabolismo epatico (sintesi del glicogeno) meccanismi neuromotori dei vasi sanguigni (vasocostrizione simpatica), sul concetto di milieu intérieur (ambiente interno), fornisce alla medicina le basi fisiologiche che tuttora conserva. Un duro colpo alle teorie vitalistiche e un decisivo impulso alla costruzione di un nuovo paradigma biomedico viene inferto dall'identificazione delle cellule come unità biologiche elementari avvenuta negli anni quaranta del XIX secolo ad opera di M. Schleiden, botanico tedesco (1804-1881) e di T. Schwann, fisiologo anche lui tedesco (1810-1881). Si perviene alla conclusione che gli organismi viventi

sono costituiti da cellule e che queste si formano per divisione dalle cellule pre-esistenti: la cellula diviene l'unità vivente, l'individualità che racchiude in sé tutte le proprietà.

## ■ Conclusioni

Nei nostri giorni la EBM, che riconosce e si fonda sul metodo galileiano, ripropone essenzialmente una struttura della conoscenza medica in termini di fondamenti (based) che rappresentano delle giustificazioni epistemologiche (assunte come "prove") per soddisfare in termini di certezze, non altrimenti raggiungibili, il giudizio medico. Ma tutto questo avviene in un momento in cui, tramontata l'era della modernità ed esploso in tutta la sua veemenza il principio della singolarità del malato irrobustita anche da riferimenti genetici, sociali, culturali, ambientali ed idiografici, si assiste al cambiamento dello statuto ontologico del malato (da oggetto passivo a soggetto consapevole e partecipante) caratterizzato da individualità e unicità. Il ricorso alla "evidence" in medicina, inteso come metodo e strumento di conoscenza, riconosce la utilità di un "dato" (statistico) da considerare insieme ad altri tipi di "dati" (fisiopatologici, esperienze, comparazioni, narrazioni...) concorrendo a orientare e qualificare la scelta medica abbandonando ogni pretesa di esaustività. La EBM rappresenta un ragguardevole sforzo di fondare l'atto medico nelle sue varie espressioni sui risultati di ampie sperimentazioni resi noti su pubblicazioni internazionalmente accreditate. Tuttavia il senso della medicina di oggi è quello di curare ogni singola persona in base alle sue necessità e pertanto di fornire risposte individuali che possono variare in funzione della singolarità di ogni malato e di conseguenza non si può avere la certezza che con una terapia di provata efficacia su un singolo aspetto a livello populazionale, si potrà ottenere pari efficacia, fino alla guarigione, sul singolo malato. Questa im-

stazione concettuale può anche essere di scarso rilievo a livello statistico ma assume importanza fondamentale per il singolo soggetto che deve essere curato e per il singolo medico che deve curare. Lo sforzo epistemologico pertanto deve consistere nel superare la concezione riduzionistica e inquadrare l'atto medico in un contesto di paradigma della complessità<sup>14</sup> che presuppone interventi simultanei sia nel campo della ricerca (che deve fornire le basi per comprendere gli eventi biologici che sottintendono gli eventi patologici con alterazioni del sistema paziente) sia in ambito clinico (dove questi eventi debbono essere riconosciuti nel rispetto della persona) sia in ambito organizzativo (che deve fornire e garantire le prestazioni necessarie).

## Bibliografia

- 1) Schippegers H., Il giardino della salute: La medicina nel medioevo, Garzanti ed., Milano, 1988
- 2) Galilei G., Lettera a Cristina di Lorena, in Lettere Copernicane, Roma, Armando ed. 2008
- 3) Bernard C., Introduzione allo studio della medicina sperimentale, trad. it. A cura di Ghirelli F., Padova Piccin ed., 1994
- 4) Cartesio, Discorso sul metodo, ed. La Scuola, 1983
- 5) Armocida G., Storia della medicina dal XVII al XX secolo, Milano Jaca Book, 1993
- 6) Maehle A.H., L'età dei lumi: le scienze della vita: Sistemi e metodi terapeutici, Storia della scienza vol 2 Roma, 2002, Encicl. Ital. Treccani
- 7) Sydenham TH., Opera omnia medica, ed. Patavii, MDCC
- 8) Maehle A.H. riportart. da: L'età dei Lumi: le scienze della vita; sistemi e metodi terapeutici, Storia della scienza vol. 2 Roma, 2002, Enc. Ital. Treccani
- 9) Malatesta M., Professionisti e gentiluomini., Storia delle professioni nell'Europa contemporanea, Einaudi, Torino, 2006
- 10) Neresini F., Salute, malattia e medicina: lo sguardo sociologico, in Sociologia della salute, Carocci, Roma, 2001
- 11) Armstrong D., Use of genealogical method in the exploration of chronic illness: a research note, in Social Science & Medicine, vol 30, n.11, 1990
- 12) Bernard C., op. cit
- 13) Piza G., Antropologia medica., Saperi, pratiche e politiche de corpo., Carocci, Roma, 2016
- 14) De Toni AF, Comello L., Prede o ragni: Uomini e organizzazioni nella ragnatela della complessità, UTET Torino, 2005

## Tutti allergici? Il ruolo dei medici sentinella per l'ambiente per la prevenzione delle malattie allergiche respiratorie.

### *All of them allergic? The role of sentinel doctors for the environment for the prevention of respiratory allergic diseases.*

PAOLO LAURIOLA\*  
MARCO TALLURI\*\*

\*Associazione Medici per l'Ambiente (ISDE Italia)  
Gruppo di lavoro Rete Italiana Medici Sentinella  
per l'Ambiente – RIMSA (FNOMCeO-ISDE Italia)  
\*\*giornalista scientifico

Per corrispondenza:  
paolo.lauriola@gmail.com

#### Riassunto

L'allergia è una reazione anormale dell'organismo in occasione di un "contatto" con una sostanza generalmente inoffensiva, chiamata allergene. Essa è dovuta ad una risposta immunitaria che viene sviluppata unicamente da colui che soffre di una ipersensibilità. Le manifestazioni possono essere diverse a seconda degli individui. Si stima che uno su due europei soffrano di almeno una forma di allergia e il costo della sola asma in Europa dai 15 ai 64 anni, si aggira intorno a 19,3 miliardi di Euro. Si calcola che il 10-30 % della popolazione mondiale soffra di rinite allergica da pollini. Un discorso a parte merita l'asma bronchiale. Centocinquanta milioni di persone al mondo soffrono d'asma, essa è la principale malattia cronica dell'infanzia nei paesi sviluppati. E' inoltre essenziale ricordare che il legame tra la concentrazione della CO<sub>2</sub>, i cambiamenti climatici e il carico pollinico è ormai accettato dalla comunità scientifica.

Su questa problematica, da tempo le Agenzie ambientali italiane sono impegnate nel fornire a cittadini, medici ed amministratori informazioni sul monitoraggio e le previsioni sulla concentrazione pollinica su tutto il territorio nazionale. I medici di famiglia e i pediatri di famiglia, se adeguatamente sensibilizzati, formati ed organizzati, possono rappresentare un "anello di congiunzione" tra problemi globali, possibili soluzioni e azioni locali. In particolare per quanto riguarda il tema delle pollinosi grazie al rapporto di fiducia tra medico di famiglia e paziente quest'ultimo potrebbe essere istruito sui tempi e sui modi per prevenire tempestivamente la sintomatologia, nonché attuare la terapia più appropriata. Tali opportunità rappresenterebbero un "Apripista" per una più ampia ed efficace collaborazione tra la cosiddetta assistenza primaria

e la prevenzione ambientale e sanitaria.

**Parole chiave:** Allergie, Pollini, Medici Sentinella per l'Ambiente

#### Abstract

*Allergy is an abnormal reaction of the body to a generally harmless substance, called an allergen. It is due to a immune response produced exclusively by those who suffer from hypersensitivity. The effects can be different depending on the individual. It is estimated that one in two Europeans suffers from at least one form of allergy, and the cost of asthma alone in Europe across the ages of 15 and 64 is around € 19.3 billion. It is estimated that 10-30% of the world population suffers from allergic pollen rhinitis. Bronchial asthma deserves a separate discussion. One hundred fifty million people worldwide suffer from asthma; it is the main childhood disease in developed countries. It is also essential to remember that the link between CO<sub>2</sub> concentration, climate change and pollen load is now widely accepted by the scientific community.*

*On this issue, the Italian Agencies have been committed to providing citizens, doctors and experts with information on environmental monitoring and environmental pollen concentration throughout the national territory. If sensitized, trained and organized, family doctors and paediatricians can represent a "link" between global problems, possible solutions and local actions. In particular, concerning the issue of pollinosis, thanks to the relationship of trust between the family doctor and the patient, the latter could be instructed on the times and ways to prevent symptoms and implement the most appropriate therapy promptly. These opportunities could represent a "Forerunner" for a broader and more effective*

*collaboration between the so-called primary health care, prevention and environmental health.*

**Key words:** Allergies, Pollen, Setinel Physicians for the Environment

## ■ Introduzione alle allergie

Allergia è una di quelle parole “passe-partout” che indica una situazione di fatto alquanto indefinita, con manifestazioni le più diverse. In realtà 150 milioni di persone al mondo soffrono d'asma tanto è vero che l'asma è la principale malattia cronica dell'infanzia nei paesi sviluppati<sup>1,2</sup>. Essa è strettamente legata all'esposizione di inquinanti atmosferici in particolare l'NO<sub>2</sub>. L'Organizzazione Mondiale della Sanità pone le allergie respiratorie in generale al quarto posto tra le malattie più diffuse in tutte le età<sup>3,4</sup>. Si calcola che il 10-30 % della popolazione mondiale soffre di rinite allergica da pollini<sup>5,6</sup>. L'eczema atopico tocca dal 15 al 20 % dei nati e dei bambini<sup>7</sup>, l'orticaria riguarda dal 2 al 3% degli uomini e dall'8 al 10% delle donne<sup>8</sup>. Se il 10-20% delle persone ospedalizzate presentano degli effetti secondari legati ai farmaci che si assumono, nel 30% di questi vi sono reazioni allergiche<sup>9</sup>. Si stima che uno su due europei soffrono di almeno una forma di allergia e il costo della sola asma in Europa dai 15 ai 64 anni, si aggira intorno a 19,3 miliardi di Euro<sup>10</sup>.

*Ma che cos'è un'allergia?* E' una reazione anormale dell'organismo in occasione di un “contatto” con una sostanza generalmente inoffensiva, chiamata *allergene*. Essa è dovuta ad una risposta immunitaria che viene sviluppata unicamente da colui che soffre di una ipersensibilità. Ciò che è alla base di tale risposta sono anticorpi (nel caso si tratti di IgE si parla di atopia), o linfociti. A seconda dei meccanismi in gioco, le reazioni sono diverse

Le manifestazioni patologiche connesse con l'allergia sono:

1. le a. respiratorie (rinite ed asma)
2. le a. cutanee (le più importanti: eczema, orticaria edema di Quincke)
3. le a. alimentari
4. le a. da farmaci
5. le a. ai veleni degli imenotteri,: vespe, calabrone, api...
6. le reazioni anafilattiche (reazione clinica grave che mette in gioco la vita di un soggetto allergico a una sostanza allorché egli viene a contatto con quest'ultima)

*E che cosa non è un'allergia?* E' bene fare la differenza tra allergie e intolleranze, anche se possono avere manifestazioni simili. Le prime riconoscono un meccanismo immunologico, le seconde no. Ad es. si parla della “Sindrome del ristorante cinese” che spesso viene spiegata come un'allergia alimentare. In realtà è una semplice intolleranza al glutammato che viene spesso usato nella cucina asiatica. Un altro esempio di falsa allergia buccale o genitale avviene a seguito di terapie

antibiotiche, causate in realtà da una infezione da parte di un fungo (*Candida albicans*).

## ■ Le riniti allergiche

Le riniti allergiche sono intimamente legate con la produzione e il ciclo di emissione in ambiente dei pollini delle piante. Solitamente, i pollini più allergenici sono quelli prodotti da piante arboree o da piante erbacee e selvatiche, prive di fiori. In questo caso, infatti, l'impollinazione non è affidata, come nel caso delle piante da fiore, al trasporto mediato da insetti, ma alle correnti d'aria e al vento. Si tratta quindi di pollini prodotti in abbondanti quantità, di dimensioni molto ridotte, capaci di rimanere sospesi in aria anche per lunghi periodi di tempo e di essere trasportati a grandi distanze, per qualche centinaio di chilometri.

In termini di effetti sulla popolazione, le allergie si posizionano ai primi posti come malattie croniche. La prevalenza, secondo i dati dell'Oms, si attesta tra il 10 e il 40% della popolazione, a seconda delle regioni e dei periodi dell'anno. Negli Stati Uniti, l'Istituto di salute nazionale (Nih) e l'Accademia americana delle allergie e dell'asma valutano che 35 milioni di persone soffrono di sintomi allergici dovuti ad allergeni trasportati dall'aria, con i pollini ai primi posti nella classifica dei fattori che scatenano reazioni allergiche. Oltre 11 milioni sono i malati di asma. Nel loro complesso, quindi, le allergie coinvolgono dai 40 ai 50 milioni di americani, e sono la sesta causa di malattia e disabilità. In Europa, diverse società scientifiche e associazioni dei malati stimano una prevalenza delle riniti allergiche, nel loro complesso, del 10-20%, a seconda delle zone e delle stagioni, con un trend che sembra essere in crescita negli ultimi anni. Secondo la società britannica per le allergie, una persona su quattro è soggetta, almeno in un periodo nel corso dell'anno, a soffrire di allergie. La società svizzera per le allergie riporta dati di prevalenza che si aggirano sul 20% di allergici ai pollini. Dati tra il 10 e il 20% di prevalenza sono riportati anche in Italia, secondo quanto contenuto nel progetto Aria, una iniziativa voluta dall'Oms per diffondere nelle farmacie e tra il pubblico generale informazioni sulle riniti allergiche, sull'asma e sui loro trattamenti<sup>11</sup>.

## ■ Previsioni sulla produzione pollinica

Come accennato sopra, uno dei fattori di rischio più importanti sono degli accessi asmatici sono i pollini. Una stima della produzione pollinica nel mondo è estremamente complessa, anche e soprattutto perché le modalità di raccolta di questi non sono affatto standardizzati. Ciononostante recentemente è stato pubblicato un importante contributo su Lancet che cerca di fare il punto sui legami tra “carico” pollinico (produzione di pollini), durata della sintomatologia e cambiamenti climatici<sup>12,13</sup>. Tale carico è correlato alla durata della sintomatologia allergica, e alla intensità delle manifestazioni allergiche<sup>14</sup>. In altre parole è assai verosimile che il contesto ambientale influenzi la incidenza della sensibilizzazione, la frequenza sintomi e la gravità dei sintomi<sup>15,16</sup>.

D'altro canto il legame tra la concentrazione della CO<sub>2</sub>, i cambiamenti climatici e il carico pollinico è ormai accettato dalla comunità scientifica.

In questo contesto le proiezioni future indicano un allungamento della stagione pollinica e un raddoppio della sensibilizzazione a diverse *taxa*<sup>1</sup>.

La presenza consistente di pollini – in particolare quelli allergenici – è un tema quindi che interessa comunque un gran numero di persone. Appare quindi di interesse per coloro che assicurano il presidio sanitario sul territorio avere informazioni il più possibile complete su questo fenomeno. Nel nostro paese il Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente (SNPA) effettua da anni – in quasi tutta Italia – il monitoraggio e la valutazione dei pollini allergenici attraverso la Rete Italiana di Monitoraggio Aerobiologico POLLnet. Da tempo POLLnet rende disponibili documenti di approfondimento e bollettini settimanali dei livelli di concentrazione dei pollini allergenici con la tendenza per la settimana successiva.

Nel 2021 SNPA ha presentato il primo rapporto nazionale sui pollini allergenici in Italia (Ispra)<sup>17</sup>. Il Rapporto descrive lo stato della presenza dei principali pollini allergenici e della spora *Alternaria* in Italia nel 2019 e gli andamenti delle loro concentrazioni in aria, misurate, dal 2003 al 2019, nelle stazioni di monitoraggio della rete POLLnet-SNPA e del Centro di monitoraggio aerobiologico di Tor Vergata (Roma).

I dati pollinici analizzati di riferiscono alle seguenti famiglie botaniche, tutte di rilevante interesse allergologico: Betulaceae, Asteraceae (anche chiamate Compositae), Corylaceae, Cupressaceae/Taxaceae, Poaceae (anche chiamate Gramineae), Oleaceae e Urticaceae.

Sempre nel 2021, in coincidenza con l'inizio della primavera, per la prima volta la rete POLLnet ha presentato il quadro sintetico dello stato dei principali pollini allergenici in Italia registrato nel 2020. Complessivamente sono stati analizzati i dati di 46 stazioni di monitoraggio aerobiologico.

Sono stati scelti due indicatori a rappresentare lo stato dei principali pollini allergenici in Italia nel 2020:

- **l'Indice Pollinico Allergenico (IPA)**, ossia la somma annuale delle concentrazioni giornaliere dei pollini aerodispersi delle seguenti sette famiglie botaniche che rappresentano i più importanti pollini allergenici monitorati sul territorio italiano: Betulaceae (Betula, Alnus), Corylaceae (Corylus, Carpinus, Ostrya), Oleaceae (soprattutto Olea, Fraxinus spp.), Cupressaceae-Taxaceae, Graminaceae (o Poaceae), Compositae (o Asteraceae, soprattutto Artemisia e Ambrosia), Urticaceae (Parietaria, Urtica). L'IPA è un parametro che dipende dalla quantità di pollini allergenici aerodispersi nella zona di monitorag-

gio. Più grande è l'IPA, più grandi sono le quantità medie di pollini aerodispersi nel corso dell'anno, quindi maggiore deve essere l'attenzione da prestare alla loro presenza per i soggetti atopici. Si tratta comunque di un indicatore sintetico che dà una dimensione complessiva del fenomeno senza evidenziare il contributo che a esso danno i pollini di ciascuna famiglia botanica (variabile secondo l'andamento stagionale e la località considerata); Figura 1.

- **i Giorni rossi**, un nuovo indicatore sintetico proposto dalla rete POLLnet che consiste nel conteggio del numero di giorni, nell'arco dell'anno solare, in cui almeno un taxon (tra tutti quelli misurati) presenta un alto livello di concentrazione di granuli pollinici in aria secondo i valori di riferimento POLLnet-SNPA. Di particolare interesse l'indicatore giorni rossi sembra mettere in evidenza, più dell'IPA, una prevalenza di alti livelli cumulati di concentrazione pollinica nelle regioni del centro Nord Italia, con diverse stazioni di monitoraggio che hanno registrato "giorni rossi" per più di 200 volte nel 2020. Un dato che merita senza dubbio un approfondimento per capire meglio quali ne sono le cause; Figura 2.

Infine, sempre in questo ambito, il servizio dell'Unione Europea Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) ha iniziato a diffondere le previsioni, fino a quattro giorni in anticipo, sulla diffusione dei più comuni tipi di polline. Gli scienziati del CAMS usano una modellazione numerica per calcolare le concentrazioni di polline di cinque delle specie più comuni, betulla, olivo, erba, ambrosia e ontano, per fornire previsioni fino a quattro giorni in anticipo. Queste informazioni anticipate sulle concentrazioni di polline danno ai 100 milioni di allergici in Europa l'opportunità di iniziare le cure in anticipo o di limitare le attività all'aperto quando la quantità dei pollini è particolarmente alta.

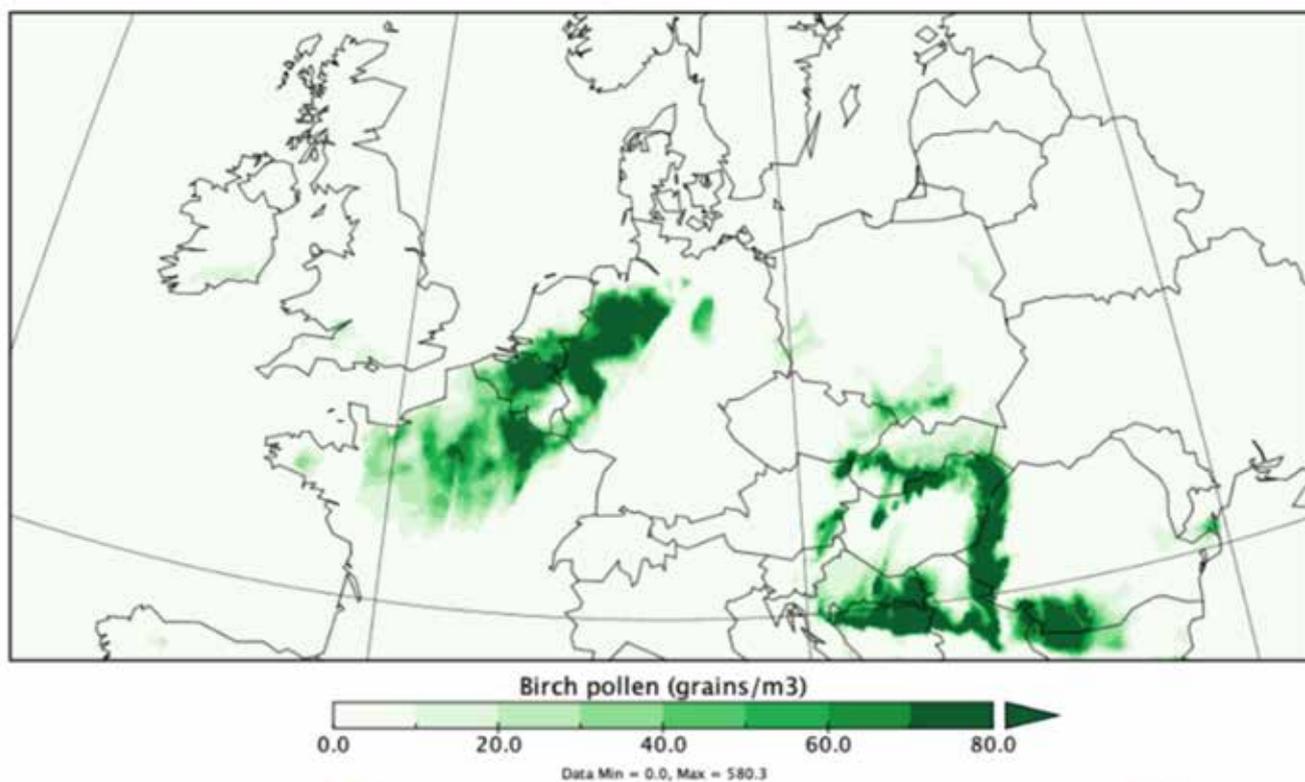
## ■ Il ruolo dei medici di famiglia e dei pediatri di Famiglia nella prevenzione degli accessi asmatici e delle riniti allergiche

Dalla epidemia di COVID-19 ancora in corso, si ricava un insegnamento importante: la separazione tra i medici di famiglia/pediatri di famiglia (MdF/PdF) e i sistemi di prevenzione è assolutamente nefasta.

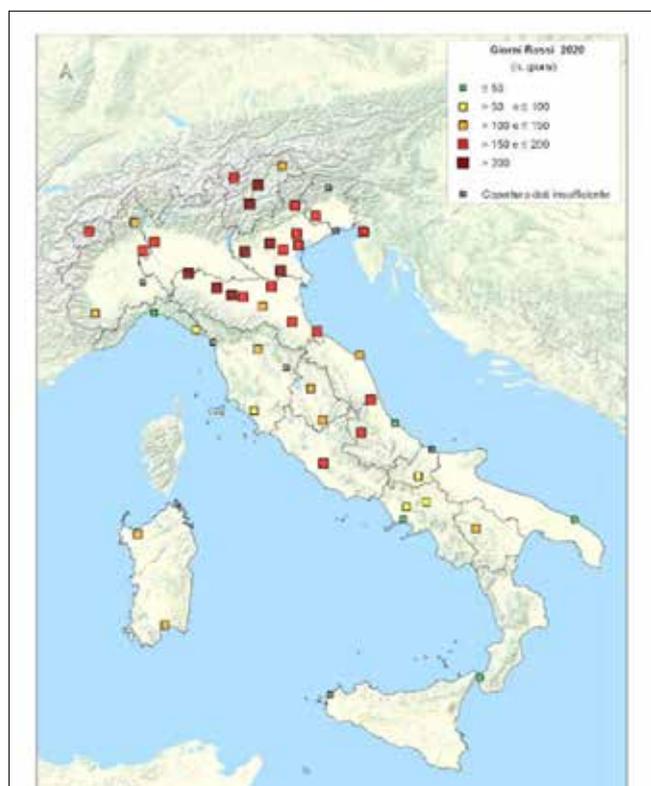
Vale la pena ribadire che se è infatti ormai chiaro quanto essi siano cruciali per quanto riguarda l'assistenza (response), emerge sempre più che è altrettanto importante promuovere il loro coinvolgimento nell'ambito della prevenzione. E' infatti essenziale avere rilevatori che siano in grado di avvertire tempestivamente i segnali che giungono dal territorio. Questa necessità, resa bene evidente dalla epidemia corrente, potrebbe essere altrettanto importante nel caso delle malattie trasmesse da vettori (VBD), la cui rilevanza è altamen-

I. Un taxon (plurale taxa, dal greco *τάξις*, taxis, "ordinamento") o unità tassonomica, è un raggruppamento di oggetti o organismi, distinguibili morfologicamente dagli altri per una caratteristica comune e che possono più precisamente anche essere organizzati attraverso la sistematica in una gerarchia, dando inizio ad una classificazione scientifica. La scienza che definisce i taxa si chiama tassonomia (wikipedia)

Birch pollen: forecast for 12 April 2021, 18h CET



**Figura 1:** Previsione dei pollini di betulla  
 fonte: Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS)



**Figura 2:** Giorni rossi 2020.  
 fonte: SNPA, Stato e trend dei principali pollini allergenici in Italia (2003-2019)

te variabile a livello geografico, tanto da essere note come “malattie focali”. In pratica, tutte le strategie globali (adattamento e mitigazione) come ad esempio nel caso dei Cambiamenti Climatici devono considerare con molta attenzione il contesto locale<sup>18</sup>.

In sintesi, i medici di famiglia (MdF e PdF), se adeguatamente sensibilizzati, formati ed organizzati, possono rappresentare un “anello di congiunzione” tra problemi globali, possibili soluzioni e azioni locali, in aderenza alle più rigorose evidenze scientifiche. Pertanto, un loro maggiore coinvolgimento consentirebbe non solo di raccogliere informazioni in modo tempestivo e preciso sullo stato di salute della popolazione e dell’ambiente, ma anche e soprattutto nel trasmettere al cittadino un immediato senso di protezione da parte del Servizio Sanitario che, come già detto, nel 95% dei casi viene rappresentato dal MdF e PdF<sup>19</sup>.

Come detto in premessa conseguenza di tali allergopatie è un notevole costo in termini di giornate lavorative perdute per gli adulti e causa di un negativo rendimento scolastico per molti studenti. L’incidenza di queste patologie dipende, in realtà, da numerosi e svariati fattori ambientali che agiscono contemporaneamente (ad es., morfologia del territorio, urbanizzazione ed uso del territorio, ecc.), ma è chiaro che i fattori meteo-climatici assumono un ruolo particolarmente importante. La pollinosi, come le allergie in generale, deriva dalla associazione di fattori di natura genetica e ambientale ed è

legata allo stile di vita.

In particolare, per quanto concerne l'inquinamento outdoor (anidride solforosa, NO<sub>x</sub>, PM, O<sub>3</sub>) in particolare NO<sub>2</sub>,<sup>20</sup> è ben chiaro che esso aggrava la sintomatologia asmatica. Studi recenti hanno infatti dimostrato che esiste una correlazione positiva tra presenza di inquinanti in aria e aumento delle pollinosi. L'influenza può essere diretta come ad esempio nel caso di Ambrosia, dove l'aumento di CO<sub>2</sub> porta ad un aumento di produttività pollinica di queste piante erbacee, oppure indiretta e si esplica soprattutto attraverso "l'attacco chimico" al polline diffuso in aria, attacco che stimola il rilascio in aria degli allergeni pollinici.

Nelle pollinosi risulta particolarmente indicato un intervento di tipo preventivo orientato al riconoscimento precoce della diffusione delle particelle nell'aria, al fine di effettuare interventi farmacologici precoci. Occorre promuovere, laddove esistono sistemi di monitoraggio dei pollini e delle spore fungine, l'utilizzo delle informazioni sugli andamenti della pollinazione, ai fini di attuare correttamente la diagnosi e collocando esattamente i periodi di terapia in base alla fioritura delle principali specie arboree allergizzanti del territorio.

Si tratta comunque di patologie di stretta pertinenza dell'assistenza primaria. Ad es l'asma vien considerata come una tipica Ambulatory Care Sensitive Conditions (ACSC)<sup>21</sup>.

Per queste ragioni una reale interazione dell'attività ambulatoriale dei MdF e PdF sarebbe essenziale sia da un punto di vista della conoscenza, ma anche soprattutto per la prevenzione

In particolare occorre una strategia complessiva che miri:

- utilizzare i dati pollinici e sporologici per effettuare un'importante prevenzione del rischio allergologico e aiutare a determinare il rapporto di causa-effetto tra l'agente scatenante e la patologia allergica;
- diffondere capillarmente i dati derivanti dal monitoraggio aerobiologico a strutture sanitarie (ospedali, poliambulatori, centri di medicina generale, CUP, ecc.) e ai MdF e PdF;
- favorire il rapporto di fiducia tra medico di famiglia e paziente affinché quest'ultimo venga istruito sui tempi e sui modi per prevenire tempestivamente la sintomatologia, nonché attuare la terapia più appropriata.

## ■ Conclusioni

Anche in questo caso si ripropone la necessità di una integrazione tra le organizzazioni di ricerca, monitoraggio e assistenza sanitaria in campo ambientale naturalistico e sanitari.

Nella fattispecie sarebbe importante un percorso formativo e comunicativo che integri e sviluppi le specifiche competenze delle diverse professionalità.

Sicuramente in questo settore sono state fatte molte esperienze positive, che si sono organizzate nell'ambito della rete Pollnet<sup>22</sup>. Tale esperienza potrebbe rappresentare un "Apripista" per una più ampia ed efficace

collaborazione tra la cosiddetta assistenza primaria e la prevenzione ambientale e sanitaria.

## Bibliografia

- 1 "Asthme: Depistage et prevention chez l'enfant" Expertise collective INSERM 2002
- 2 Ferrante G, La Grutta S. The Burden of Pediatric Asthma. *Front Pediatr*. 2018;6:186. Published 2018 Jun 22. doi:10.3389/fped.2018.00186
- 3 D. Vervloet et al. "Consensus et perspectives de l'immunothérapie spécifique dans les maladies allergiques" *Le Lettre (Supplément à la Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique)*, 1997
- 4 WHO Europe, ENHIS, Prevalence of asthma and allergies in children (2007)[https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0012/96996/3.1.pdf](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0012/96996/3.1.pdf)
- 5 Sarfaty M, Kreslake J, Bloodhart B, et al. Views of allergy specialists on the health effects of climate change. Key findings: membership survey of the American Academy of Allergy, Asthma & Immunology. December, 2015. <https://www.aaaai.org/Aaaai/media/MediaLibrary/PDF%20Documents/Libraries/Climate-Change-Survey.pdf> (accessed Feb 22, 2019)
- 6 Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Allergies and hay fever. National Center for Health Statistics. Jan 20, 2017. <https://www.cdc.gov/nchs/fastats/allergies.htm> (accessed July 12, 2018).
- 7 F. Shultz Larsen, T. Diepgen, A. Svenson The occurrence of atopic dermatitis in North Europe: an international questionnaire study, *J Am Acad Dermatol* 1996; 34: 760-764
- 8 D.Vervloet et A. Magnan *Epidemiologie des maladies allergiques respiratoires Traité d'allergologie*, 2003
- 9 P.Demoly, D. Messaad, S. Benhamed et al *Les reactions immunoallergiques d'origine medicamenteuse:donnes epidemiologiques et cliniques*, *Therapie* 2000 ; 55 :13-21
- 10 EFA e IPCRG Position Paper <http://www.efanet.org/activities/documents/FP7PositionPaperEFA-IPCRG.pdf>
- 11 <http://www.epicentro.iss.it/allergie/epidemiologia>
- 12 Isabella Annesi-Maesano United Nations Climate Change Conferences: COP21 a lost opportunity for asthma and allergies and preparing for COP22 *J Allergy Clin Immunol* 2016;138:57-8.
- 13 L H Ziska, L Makra, S K Harry, et al. *Lancet Planet Health* 2019; 3: e124-31
- 14 Schmidt CW. Pollen overload: seasonal allergies in a changing climate. *Environ Health Perspect* 2016; 124: A70-75.
- 15 D'Amato G, Cecchi L., Bonini S, et al., Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy* 2007; 62: 976-90.
- 16 Grewling L, Šikoparija B, Skjøth CA, et al. Variation in Artemisia pollen seasons in Central and Eastern Europe. *Ag Forest Meteorol* 2012; 160: 48-59.
- 17 Ispra, Stato e trend dei principali pollini allergenici in Italia (2003-2019), Roma, Ispra, 2021
- 18 Murgia V, Romizi F, Romizi R, de Waal P, Bianchi F, De Tommasi F, Calgaro M, Pegoraro S., Santamaria MG, Serafini A, Vinci E, Leonardi G. Lauriola, Family Doctors, Environment and COVID-19 in Italy: experiences, suggestions and proposals *BMJ* 2020;368:m627 (<https://www.bmj.com/content/368/bmj.m627/rr-37>)
- 19 Lauriola P, Serafini A, Santamaria MG, Pegoraro S, Romizi F, Di Ciaula A, Terzano B, De Tommasi F, Cordiano V, Guicciardi S, Bernardi M, Leonardi G, Romizi R, Vinci E, Bianchi F. Sentinel practitioners for the environment and their role in connecting up global concerns due to climate change with local actions: thoughts and proposals. *Epidemiologia e Prevenzione*, 2019; 43 (2-3):129-130. doi: 10.19191/EP19.2-3.P129.05
- 20 Anenberg SC, Mohegh A, Goldberg DL et al Long-term trends in urban NO<sub>2</sub> concentrations and associated paediatric asthma incidence: estimates from global datasets, *The Lancet Planetary Health*, 6 (1), 2022, e49-e58, [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00255-2](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00255-2).
- 21 WHO-Europe, Assessing health services delivery performance with hospitalizations for ambulatory care sensitive conditions Working paper 2016
- 22 [http://www.pollnet.it/default\\_it.asp](http://www.pollnet.it/default_it.asp)

## La prevenzione per l'ambiente e per la salute: le prospettive e l'impegno di una società scientifica OneHealth

### *Environmental-health prevention: the perspectives and the commitment of a OneHealth scientific society*

#### ■ Introduzione: La necessità di un approccio sindemico.

Negli ultimi 20 anni partendo dalle considerazioni teoriche che via via si sono trasformate in osservazioni sempre più stringenti e legate alle realtà locali<sup>1</sup>, il concetto di "complessità" è stato chiaramente declinato come approccio ecologico alla salute, basato sulla comprensione delle relazioni e dell'interdipendenza tra la salute dell'uomo, la biodiversità e gli ecosistemi, lo stato dell'ambiente e le condizioni socio-economiche.

Il concetto stesso di ecosistema rimanda ad una visione sistemica, di complessità: un sistema complesso è caratterizzato dalle relazioni tra le parti che lo costituiscono e differisce nettamente da un sistema lineare (riduzionista), come l'attuale sistema produttivo umano, perché le proprietà dell'insieme complesso non si deducono dalla somma delle proprietà delle parti, ma dalle relazioni tra le parti. In un ecosistema, ad esempio, tutti gli organismi viventi sono in qualche modo interconnessi tra loro attraverso i cicli biogeochimici e le catene alimentari.

Sul nostro pianeta i processi naturali sono ciclici, cioè i materiali vengono continuamente riciclati, senza produzione di rifiuti, come nel ciclo del carbonio, garantito dall'alternarsi della fotosintesi e della respirazione. Da quando esiste vita sulla Terra ossigeno, carbonio e azoto, attraverso specifici cicli, vengono continuamente riciclati all'interno del sistema, principalmente ad opera degli organismi viventi e delle loro catene alimentari. L'energia necessaria per questi processi di trasporto e trasformazione di materia nei vari comparti è l'energia che la Terra riceve dal Sole.

Gli esseri umani fanno parte di questi processi ciclici naturali e dipendono

dai servizi ecosistemici che l'ambiente fornisce: pertanto la loro salute, come il loro futuro, sono strettamente correlati alla salute dell'ambiente, ma anche alla loro capacità di realizzare strutture economiche compatibili con l'economia della Natura, senza dimenticare il ruolo delle strutture sociali, che devono essere eque e solidali, non solo tra tutti gli esseri umani, ma anche con gli altri esseri viventi. Non si può essere sani in un contesto ambientale sociale malato. Di conseguenza lo strumento che ci consente di comprendere questa complessità e di agire in maniera integrata su tutti i diversi determinanti di salute non può che essere l'interdisciplinarietà, ovvero l'integrazione delle competenze e la collaborazione tra diverse discipline al fine di creare una sinergia e di superare i confini disciplinari che oggi ostacolano una visione olistica dei problemi.

Un esempio delle drammatiche conseguenze del mancato recepimento delle indicazioni che derivano dagli approcci *One e Planetary health* è proprio il fenomeno dello spillover (salto di specie) e la pandemia in atto ha reso drammaticamente evidente quanto sia importante conoscere il legame tra la salute dell'uomo, quella degli animali domestici e selvatici e le relative conseguenze sulla sicurezza alimentare ed economica nonché sulla biodiversità dell'ecosistema.

Inoltre, le conseguenze della diffusione del virus SARS-CoV-2, sia in termini di gravità sanitaria che di costi economici, sono state amplificate dalla preesistenza di uno scenario caratterizzato dall'incremento epidemiologico costante, negli ultimi decenni, di malattie non-comunicabili (principalmente obesità, malattie cardio-metaboliche, alcune forme di cancro) in larga parte prevenibili. L'inadeguato impegno in termini di prevenzione primaria ha reso

PAOLO LAURIOLA<sup>1,2</sup>  
AGOSTINO DI CIAULA<sup>1,3</sup>  
MARIA GRAZIA PETRONIO<sup>1</sup>,  
GIANNI TAMINO<sup>1,4</sup>  
ROBERTO ROMIZI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Associazione Medici per l'Ambiente (ISDE Italia)

<sup>2</sup> Gruppo di lavoro Rete Italiana Medici Sentinella per l'Ambiente – RIMS (FNOMCeO-ISDE Italia)

<sup>3</sup> Clinica Medica "A. Murri", Università degli Studi di Bari

<sup>4</sup> Già docente di Biologia dell'Università di Padova

Per corrispondenza:  
paolo.lauriola@gmail.com

queste patologie fattori critici di rischio per mortalità da COVID-19, con costi sanitari che sono sotto gli occhi di tutti, soprattutto a carico delle nazioni con economie più avanzate e delle classi sociali più vulnerabili. Numerosi studi, inoltre, hanno dimostrato come il pericoloso intreccio tra COVID-19 e malattie non comunicabili sia stato favorito dall'inquinamento ambientale e dalle modificazioni indotte dalle emissioni clima-alteranti, che agiscono incrementando la vulnerabilità individuale all'infezione da SARS-CoV-2 e favorendone la diffusione. È infine ormai ben evidente come un ulteriore fattore di amplificazione del danno, di incremento della vulnerabilità individuale e di riduzione delle capacità di resilienza sia l'esistenza di iniquità socio-economiche. Tutto questo ha permesso di inquadrare la pandemia COVID-19 nell'ambito di una SINDEMI<sup>2</sup> che, a causa delle interazioni negative tra aspetti sanitari, ambientali, socio-economici e culturali, sta generando danni ancora difficili da quantificare soprattutto nei paesi più industrializzati.

## ■ Quindi, che fare?

L'interazione tra COVID-19, malattie non trasmissibili, iniquità socio-economiche, inquinamento ambientale e modificazioni climatiche richiede, nell'ottica di un approccio sindemico, uno sforzo senza precedenti sia per risolvere la crisi attuale che per prevenirne altre. La sfida non può che essere quella di puntare al mantenimento dello stato di salute (e non alla mera gestione delle patologie) per il più lungo periodo possibile, grazie a pratiche di prevenzione primaria che coinvolgano tutti i settori della società (dalla mobilità, all'agricoltura, alle fonti energetiche etc.) e che prevedano una riorganizzazione dei servizi pubblici nel senso della interdisciplinarietà a partire dal settore sanitario. Questo obiettivo deve essere considerato come prioritario su qualunque altro, seguendo il principio OMS "Health in all policies".

Occorre che il contesto di complessità e dinamicità alla base dell'amplificazione dei rischi e dei danni venga affrontato nel modo più appropriato, mettendo in campo competenze diverse che possano socializzare le specifiche conoscenze, collaborare alla valutazione di tutti i rischi e proporre soluzioni condivise.

Tutto questo deve fondarsi su una adeguata comprensione delle relazioni tra fenomeni biologici ed ambientali, che devono essere affrontate in modo rigoroso, scientificamente appropriato, rapido ed efficiente dal punto di vista sanitario, economico, sociale ed anche psicologico. Diventa dunque indispensabile perseguire gli obiettivi indicati nelle linee guida *Subsidiary Body On Scientific, Technical And Technological Advice* (SBST-TA)<sup>3</sup>

- rafforzare l'adattamento e costruire la resilienza sociale ed ecologica di fronte al cambiamento ambientale globale e promuovere l'equità intergenerazionale;
- ridurre gli elevati costi finanziari e sociali e le inefficienze degli interventi nel singolo settore, asso-

ciati a focolai di malattie e scarsi risultati sanitari;

- migliorare la valutazione, il monitoraggio e la risposta ai cambiamenti degli ecosistemi e relativi effetti sulla salute;
- raggiungere una maggiore coerenza, allineamento e complementarità delle politiche attraverso le scale di governance dell'ecosistema, la gestione della salute pubblica e ambientale e la pianificazione di uno sviluppo ambientalmente sostenibile in linea con gli obiettivi dell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile<sup>4</sup>.

Secondo Giorgio Vacchiano, ricercatore e docente in gestione e pianificazione forestale all'Università Statale di Milano, "L'unico beneficio a lungo termine di questa emergenza è quella di averci mostrato un mondo che può essere diverso, ma finisce qui", il problema è che *bisogna farlo!*

## ■ L'integrazione dei "servizi" a livello globale e locale. Alcuni principi<sup>5</sup>

L'intento precipuo della "One Health" è definito dall'American *Veterinary Medical Association* come sforzo congiunto di più discipline professionali che operano a livello locale, nazionale e globale per il raggiungimento di una salute ottimale delle persone, degli animali e dell'ambiente. Tale sinergismo può condurre a vantaggi significativi per affrontare l'odierna situazione di crisi, comprenderne il meccanismo di insorgenza e diffusione e dare risposte adeguate e tempestive.

La *Global Health* è invece definita dalla rivista "The Lancet" come l'area di studio, ricerca e pratica che pone una priorità sul miglioramento della salute e sul raggiungimento dell'equità nella salute di tutte le persone nel mondo. La *Global Health* enfatizza così i problemi sanitari, i determinanti e le soluzioni transnazionali; coinvolge molte discipline all'interno e al di fuori delle scienze della salute e promuove la collaborazione interdisciplinare; ed è una sintesi della prevenzione basata sulla popolazione con l'assistenza clinica a livello individuale<sup>6</sup>.

Tuttavia, è necessario estendere il concetto di One Health e Global Health a una visione "planetaria". Infatti, se è vero che molte delle malattie infettive provengono dalla fauna, in particolare quella selvatica, ancora non è stato studiato a sufficienza l'influenza che i cambiamenti ambientali stanno avendo su questo processo. Così come il dilagare dell'antimicrobico-resistenza in cui, oltre all'eccessivo uso di antibiotici, anche l'accumulo e la diffusione di tratti genetici trasmissibili di antibiotico-resistenza nell'ambiente ha avuto un forte impatto nel suo sviluppo e espansione. Il caporedattore di *Lancet Planetary Health*, Raffaella Bosurgi, afferma che "mentre la sanità pubblica si occupa della protezione e della promozione della salute all'interno dei sistemi sanitari e la salute globale esamina come migliorare la salute delle popolazioni di tutto il mondo, la salute planetaria amplia questo impegno osservando le società, le civiltà e gli ecosistemi da cui dipendono.

La salute planetaria offre un'entusiasmante opportunità di trovare soluzioni alternative per un futuro migliore e più resiliente e mira non solo a studiare gli effetti dei cambiamenti ambientali sulla salute umana, ma anche a per un effetto diretto sulla salute psichica e fisica dell'uomo.<sup>7</sup>

Nello studio di una malattia emergente e di una zoonosi, come l'Ebola o lo stesso SARS-CoV-2, ci si può limitare a studiare le vie di trasmissione della malattia tra individui e attuare misure volte alla riduzione dei contagi, riducendo il contatto tra soggetti infetti e soggetti sensibili. A livello più macroscopico, tuttavia, la portata e la gravità dei focolai di queste patologie emergenti, possono essere correlati alla deforestazione, alle abitudini alimentari, che sono collegate a loro volta a credenze e pratiche culturali, pressioni economiche e scelte politiche. D'altronde, soluzioni semplicistiche come l'abbattimento della fauna selvatica per scongiurare il rischio di malattie si sono dimostrate non solo inefficaci ma artefici di conseguenze per la popolazione locale. In tal senso, occorre sviluppare nuovi metodi per la convivenza umana con gli animali.

Ad un livello organizzativo superiore, occorre poi considerare l'organizzazione nazionale della sanità pubblica e dei sistemi economici che influiscono su istruzione, accesso all'assistenza sanitaria, disponibilità alimentari e tendenze socio-demografiche, inclusa l'urbanizzazione e la mobilità, nazionale, domestica ed internazionale. Tutti questi fattori, a loro volta, hanno implicazioni sui sistemi agricoli e le infrastrutture, che incidono a loro volta sull'ambiente e sugli animali, di allevamento e selvatici.

Occorre quindi tenere in considerazione questi cambiamenti, non solo a livello internazionale e nazionale, ma anche a livello regionale e locale: la biodiversità, il clima e l'effetto sui serbatoi del virus, ma anche gli effetti della globalizzazione alla base del trasporto del virus a grandi distanze.

Tutto questo all'interno delle diverse transizioni in atto nella nostra società (epidemiologica, demografica, democratica, energetica, etc.) che impongono di valutare i sistemi politici, economici e sociali che regolano tali effetti<sup>8,9,10</sup>.

### ■ Un Modello Integrato per la Salute, l'Ambiente e la Sostenibilità

La salute e la salubrità ambientale, tra loro strettamente correlate, dovrebbero rappresentare le priorità nelle scelte delle amministrazioni locali e nazionale.

La crisi ambientale, la crisi dei valori e la crisi della salute sono strettamente interconnesse e dipendono l'una dall'altra. Nei paesi industrializzati anneghiamo nell'eccesso di consumo, ma al contempo diventa più difficile soddisfare i bisogni elementari, come bere acqua pulita e respirare aria non inquinata.

Il tema salute si pone attualmente al centro della discussione non ultimo a causa di servizi sanitari che diventano finanziariamente insostenibili.

Alla domanda di salute il sistema, nel mondo occiden-

tale, risponde con un aumento di prestazioni tecnologicamente sofisticate e costosissime, non sempre utili anzi a volte addirittura dannose, nel tentativo di modificare "la malattia", che di per sé è già sinonimo di "salute perduta", senza occuparsi di prevenzione primaria, sia nei confronti dell'ambiente e della collettività sia nei confronti delle singole persone.

Un richiamo costante al principio di responsabilità personale si fonda, oltre che sui noti concetti filosofici e del diritto internazionale, che si riverberano nella nostra come in altre legislazioni nazionali, anche sull'evidenza scientifica di un sistema di equilibri ambientali e sociali del nostro pianeta fortemente dipendente dagli equilibri locali. Occorre, quindi, considerare un modello epidemiologico sistemico che tenga conto della necessità di unitarietà di approccio ai diversi determinanti sanitari e non sanitari della salute, e delle inedite e non prevedibili modificazioni causate dalle interrelazioni e dalle sinergie tra tutti questi determinanti.

E' importante tener conto, come da tempo evidenziato dalla letteratura internazionale, che i Servizi Sanitari Nazionali dei Paesi Occidentali possano apportare un contributo alla riduzione di mortalità stimato intorno all'11%, a fronte di un investimento pari al 90% del totale della spesa sanitaria, mentre risulterebbe molto più favorevole il rapporto costo-benefici investendo nella modifica di fattori biologici, ambientali e comportamentali.

### ■ Il piano nazionale della prevenzione 2020-2025<sup>11</sup>

Il "Piano Nazionale della Prevenzione 2020-2025", adottato con Intesa Stato-Regioni del 6 agosto 2020 rappresenta lo strumento fondamentale di pianificazione centrale degli interventi di prevenzione e promozione della salute da realizzare sul territorio. Esso mira a garantire sia la salute individuale e collettiva sia la sostenibilità del Servizio sanitario nazionale secondo un approccio multidisciplinare, intersettoriale e coordinato. L'attenzione alla centralità della persona e della comunità è un elemento centrale del piano nella consapevolezza che la salute è determinata non solo da fattori biologici o comportamenti individuali, ma anche da fattori sociali ed economici da affrontare anche per assicurare l'equità. Le azioni finalizzate a migliorare l'alfabetizzazione sanitaria (*Healthliteracy*), ad accrescere la capacità degli individui di agire per la propria salute e per quella della collettività (*empowerment*) e a migliorare l'interazione con il sistema sanitario (*engagement*) sono quindi elementi importanti della pianificazione.

Il Piano ribadisce un approccio OneHealth che considera la necessità di una visione organica e armonica delle relazioni tra ambiente-animale-ecosistemi umani per affrontare efficacemente i rischi potenziali, o già esistenti, per la salute. Secondo questa ottica il PNP 2020-2025 si pone come strumento anche per il raggiungimento degli obiettivi dell'Agenda 2030 adottata

dall'ONU per lo sviluppo sostenibile del pianeta, che definisce un approccio combinato agli aspetti economici, sociali e ambientali che impattano sul benessere delle persone e sullo sviluppo delle società.

Il Piano, inoltre, tiene conto della drammatica esperienza della pandemia da COVID-19, sottolineando l'indispensabilità di una programmazione basata sempre più su integrazione, coordinamento e rete tra le diverse istituzioni, strutture e attività presenti nel territorio, per assicurare flessibilità, efficacia e tempestività di risposta sia a situazioni di emergenza, sia ai bisogni di salute della popolazione.

In particolare, il PNP intende:

- ribadire l'approccio *life course*, finalizzato al mantenimento del benessere in ciascuna fase dell'esistenza, per setting, come strumento facilitante per le azioni di promozione della salute e di prevenzione, e di genere, al fine di migliorare l'appropriatezza e l'equità degli interventi;
- rafforzare le Azioni centrali a supporto, anche al fine di valorizzarne la funzione di integrazione tra i diversi livelli di governo;
- rafforzare l'intersettorialità, attraverso modelli organizzativi che ne favoriscano l'attuazione;
- affrontare il contrasto alle disuguaglianze sociali e geografiche quale priorità trasversale a tutti gli obiettivi;
- promuovere un approccio di tutto il governo, nazionale o locale, e dell'intera società, con un maggiore coinvolgimento della comunità e dei suoi gruppi di interesse a partire già dalla fase di pianificazione delle azioni;
- sostenere i Piani Regionali della Prevenzione (PRP) come "luoghi" istituzionali e riconoscibili per la *governance* delle politiche e degli interventi di prevenzione;
- sostenere l'interazione organizzativa, funzionale, operativa di tutte le risorse interne ed esterne al sistema sanitario, a partire dal Dipartimento di prevenzione;
- rafforzare il sistema di monitoraggio e valutazione dei processi e dei risultati.

Il PNP 2020-2025 si propone, inoltre, di guidare e accelerare il processo di attuazione del LEA "Prevenzione collettiva e sanità pubblica" (Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 gennaio 2017).

## ■ ISDE Italia, una società scientifica One Health

La International Society of Doctors for Environment (ISDE) e la sua espressione a livello nazionale, l'Associazione Medici per l'ambiente (ISDE Italia), sono da decenni impegnate sul fronte delle relazioni tra ambiente e salute. Tale impegno si estrinseca, sul piano sociale, con azioni di advocacy nei confronti di cittadini e istituzioni, finalizzate alla trasposizione delle evidenze scientifiche sul piano pratico. Questo consente di affrontare in maniera adeguata, efficace ed efficiente nu-

merose criticità ambientali e sanitarie con azioni combinate di istituzioni e società civile.

Da segnalare, tra le altre, l'esperienza della Rete Italiana dei Medici Sentinella per l'Ambiente.

Su questo tema è in atto un'importante esperienza promossa da FNOMCeO e ISDE Italia per la realizzazione di una Rete Italiana Medici Sentinella per l'Ambiente (RIMSA)<sup>12,13</sup> che si basa sul ricco patrimonio scientifico in possesso dei medici del territorio e sulle grandi potenzialità informative dei dati epidemiologici in loro possesso mediante le Cartelle Cliniche Elettroniche -*Electronic Medical Records* (EMRs);

Attraverso la Rete si sta cercando di sviluppare il contributo dei MMG/PLS proprio nella prospettiva dell'approccio One Health. In particolare sul tema dell'antimicrobico-resistenza è attivo un progetto di *stewardship* basato sulla formazione ed il coinvolgimento di tutte le professionalità che hanno un ruolo su questo tema e finalizzato all'implementazione di un sistema di sorveglianza ambientale e sanitaria integrata che coinvolga MMG/PLS, Ospedali, veterinari e ARPA.

Anche nel caso delle malattie trasmesse da vettori (VBD), la cui rilevanza è altamente variabile a livello geografico, tanto da essere note come "malattie focali", è essenziale avere rilevatori che siano in grado di avvertire tempestivamente i segnali che giungono dal territorio. In pratica, tutte le strategie globali (adattamento e mitigazione) come ad esempio nel caso dei Cambiamenti Climatici devono considerare con molta attenzione il contesto locale<sup>12</sup>. A tale scopo è evidente l'importanza del collegamento e della collaborazione tra MMG/PLS, veterinari e monitoraggio agro-zootecnico ed ambientale.

ISDE Italia ha avviato, in collaborazione con diverse società scientifiche ed organizzazioni di volontariato, un percorso definito "Verso un'ecologia della salute" volto ad individuare, diffondere e mettere in atto buone pratiche professionali capaci di contrastare le cause del degrado ambientale, eliminare gli sprechi, contenere i consumi, favorire il riciclo dei dispositivi medici e del materiale sanitario e ridurre l'impronta ecologica delle attività correlate alla ricerca, alla prevenzione primaria, alla diagnosi e alla cura.

Lungo questa linea, ISDE Italia svolge da anni un ruolo di interlocuzione sociale e istituzionale sul tema delle relazioni tra ambiente e salute e sulle possibili strategie di prevenzione primaria, riconoscendo il ruolo insostituibile e la competenza delle istituzioni impegnate a livello generale e locale come ASL, le ARPA e l'Università e cercando di favorirlo offrendo il proprio know-how e l'esperienza maturata sul territorio.

Ma la cosa che ha caratterizzato e distinto l'Associazione medici per l'ambiente rispetto alle società scientifiche "specialistiche" o mono-disciplinari è che, pur essendo una società medica, ha favorito il coinvolgimento di professionisti di diverse discipline (oltre a medici, biologi ed epidemiologi, anche ingegneri, architetti, avvocati, urbanisti, fisici, chimici) che hanno aderito all'Associazione o hanno stabilmente collaborato con

essa, nella convinzione -come già abbiamo detto- che gli obiettivi di salute -sia di prevenzione che di gestione delle malattie- si possono conseguire solo coinvolgendo tutti i settori sociali.

In quest'ottica sono state organizzate iniziative seminariali e formative ma anche gruppi di lavoro trans-disciplinari stabili che hanno svolto un lungo lavoro di approfondimento di temi quali *urbanhealth*, inquinamento atmosferico, benessere del bambino, prevenzione e assistenza sanitaria, biodiversità, rischi da sostanze chimiche, inquinamento da farmaci, antibioticoresistenza, transizione agro-ecologica dei sistemi agro-alimentari, siti contaminati, tutela del suolo, mobilità sostenibile etc.

La specificità di ISDE Italia, come società scientifica One Health è ben definita in alcuni suoi scopi statuari, tra i quali segnatamente:

- affermare i Principi di Precauzione e di Prevenzione che richiedono di adottare tutte le misure per prevenire i rischi per l'ambiente e per la popolazione quando siano noti gli effetti nocivi (fisici, chimici, biologici) di una tecnologia o di una attività umana (Prevenzione) o quando tali effetti non siano ancora noti ma siano ragionevolmente ipotizzabili (Precauzione) sulla base delle conoscenze disponibili;
- promuovere l'integrazione interdisciplinare fra le diverse aree della conoscenza scientifica e della cultura umanistica, nonché l'integrazione delle competenze;
- svolgere un ruolo di interfaccia tra agenzie governative, società civile e comunità scientifica, a livello locale, nazionale e internazionale per le tematiche che afferiscono al rapporto "Ambiente-Salute";
- sviluppare e diffondere conoscenze scientifiche e competenze professionali in tema di salute, ambiente e sviluppo sostenibile in tutti i contesti istituzionali ed operativi che possano spingere il sistema economico verso modelli di produzione e di consumo sostenibili, migliorando la qualità di vita della popolazione e dell'ambiente;
- realizzare iniziative per aumentare la consapevolezza e stimolare la collaborazione tra le diverse professioni intellettuali e non;
- favorire un approccio a livello sia locale che globale delle responsabilità per la pace, la giustizia, l'equità, lo sviluppo sostenibile, la crescita qualitativa e la protezione del clima, cercando di ridurre l'impatto sull'ambiente locale e globale;
- promuovere il Principio di Giustizia Ambientale, rafforzare la cooperazione internazionale e sviluppare le risposte locali ai problemi locali e globali in collaborazione con organismi governativi e non;
- assumere un ruolo di consultazione rivolto agli organismi governativi e non e di indirizzo delle politiche pubbliche a favore dell'ambiente naturale, dell'ambiente antropizzato, del clima, dell'energia, dei trasporti, dell'approvvigionamento di risorse, della gestione ecologica dei rifiuti e dell'agricoltura.

## ■ Conclusioni

Per far fronte al contesto di complessità in cui la salute e soprattutto la prevenzione si muovono, una delle parole chiave che attraversa tutto questo documento è "integrazione". Molto significativa è la spiegazione che il vocabolario italiano Treccani dà alla parola "integrazione": "il fatto di integrare, di rendere intero, pieno, perfetto ciò che è incompleto o insufficiente a un determinato scopo, aggiungendo quanto è necessario o supplendo al difetto con mezzi opportuni".

Integrazione, cooperazione e approccio sindemico sono strumenti indispensabili e insostituibili per affrontare le sfide sanitarie, ambientali, sociali ed economiche che pandemia e modificazioni climatiche impongono drammaticamente a questa ed alle future generazioni.

E' l'attuale organizzazione del sistema sanitario pronta a raccogliere queste sfide o continueremo ancora per anni a mantenere una rigida suddivisione per discipline (nella prevenzione la sanità pubblica separata da quella veterinaria o dalla medicina del lavoro, negli ospedali una rigida separazione per "reparti" etc.)?

Potrebbero essere proprio le società scientifiche a rompere questa rigida separazione ed avviare un'integrazione per obiettivi di salute?

Raccogliere questa sfida significa mettere in campo tutte le forze e tutte le esperienze migliori che la società possa offrire, con spirito collaborativo e con la consapevolezza di agire utilizzando le evidenze scientifiche come unica guida e puntando verso obiettivi comuni, soprattutto in termini di prevenzione primaria e di superamento di squilibri e iniquità.

## Bibliografia

- 1 Lauriola P, Martín-Olmedo P, Leonardi GS, et al On the importance of primary and community healthcare in relation to global health and environmental threats: lessons from the COVID-19 crisis *BMJ Global Health* 2021;6:e004111. doi:10.1136/bmjgh-2020-004111
- 2 A. Di Ciaula, M Krawczyk, KJ Filipiak, A. Geier, L. Bonfrate, P. Portincasa. Noncommunicable diseases, climate change and iniquities: what COVID-19 has taught us about syndemic. *Eur J Clin Invest* 2021, e13682. doi: 10.1111/eci.13682
- 3 Guidance on integrating biodiversity consideration into One Health approaches - Twenty-first meeting Montreal, Canada, 11-14 December 2017 Agenda item 5, CBD/SBSTTA/21/9
- 4 EU Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions; Chemicals Strategy for Sustainability Towards a Toxic-Free Environment, Brussels, 14.10.2020 <https://ec.europa.eu/environment/pdf/chemicals/2020/10/Strategy.pdf>
- 5 Mastrobuono V, Di Benedetto A, Scimonelli L, et al Lauriola P., Pandemics and strategies on Environmental Health issues: One health. *Global Health and Planetary health*, Sistema Salute, 2021, 65, 2, 150-171, DOI: 10.48291/SISA.65.2.2
- 6 Koplan J, Bond C, Merson M et al. Towards a common definition of global health. *Lancet* 2009; 373 (9679): 1993-5
- 7 Engemanna K, BøckerPedersenc C, Argef L et al. Residential green space in childhood is associated with lower risk of psychiatric disorders from adolescence into adulthood. *PNAS* 2019; 116: 5188-5193
- 8 Bosurgi R. What's the Difference? Planetary Health Explained. *GHN* 2017. Available online: <https://www.globalhealthknow.org/2017-09/whats-difference-planetary-health-explained>
- 9 Kuo M. How might contact with nature promote human health? Promising mechanisms and a possible central pathway. *Front.*

- Psychol. 2015; 6:1093.
- 10 Hong Wang D, Yamada A, Miyanaga M. Changes in Urinary Hydrogen Peroxide and 8-Hydroxy-2-Deoxyguanosine Levels after a Forest Walk: A Pilot Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2018; 15, 1871
  - 11 [https://www.epicentro.iss.it/focus/piano\\_prevenzione/pnp-2020-25](https://www.epicentro.iss.it/focus/piano_prevenzione/pnp-2020-25)
  - 12 Murgia V, Romizi F, Romizi R, de Waal P, Bianchi F, De Tommasi F, Calgaro M, Pegoraro S., Santamaria MG, Serafini A, Vinci E, Leonardi G. Lauriola, Family Doctors, Environment and COVID-19 in Italy: experiences, suggestions and proposals *BMJ* 2020;368:m627 (<https://www.bmj.com/content/368/bmj.m627/rr-37>)
  - 13 Lauriola P, Serafini A, Santamaria MG, Pegoraro S, Romizi F, Di Ciaula A, Terzano B, De Tommasi F, Cordiano V, Guicciardi S, Bernardi M, Leonardi G, Romizi R, Vinci E, Bianchi F. Sentinel practitioners for the environment and their role in connecting up global concerns due to climate change with local actions: thoughts and proposals, *Epidemiologia e Prevenzione*, 2019; 43 (2-3):129-130. doi: 10.19191/EP19.2-3.P129.05

## La riforma delle Cure Primarie: cause ed elementi chiave di una evoluzione necessaria

### *The primary care reform: causes and key elements of a necessary evolution*

#### Riassunto

La riforma delle Cure Primarie è una necessità che si è evidenziata ben prima della presentazione del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) che l'ha portata all'ordine del giorno delle principali agende politiche. La Medicina Territoriale ha alcune carenze strutturali che erano già presenti da molti anni quando l'arrivo dell'epidemia COVID le ha evidenziate, mandando in crisi le Cure Primarie nonostante l'enorme sforzo profuso dai professionisti che vi operano.

In questo articolo proviamo a illustrare gli elementi chiave che rendono necessaria una riforma strutturale delle Cure Primarie ed evidenziamo le principali resistenze al cambiamento senza limitare l'analisi alle questioni maggiormente dibattute come lo status contrattuale dei Medici di Famiglia e dei Pediatri di Libera Scelta.

Infine proviamo a indicare alcuni principi chiave da cui partire affinché questa riforma sia realmente fatta per venire incontro ai bisogni concreti dei pazienti e degli operatori sanitari coinvolti.

**Parole chiave:** Cure Primarie, PNRR, Medicina Generale

#### Abstract

*The reform of Primary Care is a necessity that was evident well before the presentation of the National Recovery and Resilience Plan (PNRR, the Italian application of the European Next Generation EU Program) which brought it to the main political agendas. Territorial Medicine in Italy has some structural shortcomings that were already present for many years when the arrival of the COVID epidemic highlighted them, leading the Primary Care into a crisis, despite the enormous effort made by the professionals who work there.*

*In this article we try to illustrate the key elements that show why a structural re-*

*form of Primary Care is necessary and we highlight the main resistances to change without limiting the analysis to the most debated issues such as the contractual status of Family Doctors and Pediatricians. Finally, we try to indicate some key principles from which to start so that this reform is really made to meet the concrete needs of the patients and health-care professionals involved.*

**Keywords:** Primary Care, Next Generation EU, General Practice, Family Medicine

#### ■ Introduzione

La necessità di riformare la medicina territoriale non può avere come unico slancio l'investimento previsto a livello europeo con il Next Generation EU. Quello che è stato declinato in Italia come Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) deve diventare un incentivo a rivedere l'assistenza territoriale, ma non ne è la causa. Quest'ultima può invece essere identificata nella difficoltà che il territorio sta avendo nel sostenere un carico di lavoro progressivamente crescente e diventato quasi insostenibile con l'arrivo dell'epidemia di COVID-19 che ha dirottato risorse economiche e personale verso gli ospedali depauperando quanto, già insufficiente, non ne facesse parte. I fondi investiti negli ultimi 24 mesi, infatti, sono stati prevalentemente orientati alla gestione emergenziale della sanità senza andare ad intaccare i sistemi complessi che ne stanno alla base e che ne avrebbero potuto ridurre l'impatto.

Con i fondi dedicati alla salute presenti nel PNRR occorre ribaltare l'ottica emergenziale. Sarà necessario che gli investimenti effettuati operino per la prevenzione ed il mantenimento della salute delle persone, cosa che non può avvenire se non nel territorio e che prevede un investimento nel lungo termine.

**STEFANO CELOTTO\***  
**ALESSANDRO MEREU\*\***

\*Medico di Medicina Generale, Azienda Sanitaria Universitaria Friuli Centrale, Udine.

\*\*Medico di Medicina Generale, AUSL Toscana Centro

Per corrispondenza:  
celottostefano@gmail.com.

Tuttavia, come già scritto, le difficoltà che la medicina del territorio sta affrontando durante questi anni di pandemia non sono altro che un'esacerbazione di una difficoltà già nota, causata, tra le altre cose, anche dalla tendenza demografica della popolazione italiana, tanto per quanto riguarda i cittadini quanto per quanto riguarda i medici.

## ■ Demografia dei medici e dei pazienti

La popolazione italiana sta progressivamente aumentando per età e, conseguentemente, per complessità clinica. Secondo le stime ISTAT, le persone con più di 65 anni rappresentano attualmente oltre un terzo della popolazione con un'età media che ha ormai superato i 45 anni<sup>1</sup>. La piramide demografica ormai ha preso quasi la forma di un rombo, con un calo di natalità solo parzialmente compensato dalla popolazione giovane che giunge in Italia tramite flussi migratori.

Se una possibile riforma della sanità territoriale, attesa da 40 anni, necessita di essere duratura nel tempo, non possiamo immaginare di basare le nostre proposte sull'attuale popolazione, ma occorre ragionare in prospettiva. Vediamo quindi che la distribuzione demografica che ci aspettiamo nell'anno 2040, salvo sconvolgimenti come potrebbero essere nuove guerre coinvolgenti il nostro Paese o nuove crisi sanitarie, ha la forma di una piramide rovesciata, dove la maggioranza della popolazione si concentra nettamente nelle età più avanzate. Figura 1

Parallelamente all'invecchiamento della popolazione, aumenta anche il carico clinico ed assistenziale da fornire alla popolazione. Infatti all'aumentare dell'aspettativa di vita, non è aumentata proporzionalmente la speranza di vita in buona salute. Conseguentemente sono progressivamente aumentate le prevalenze di patologie croniche e degenerative e quindi anche le necessità di rivolgersi ai servizi di Cure Primarie.

I contatti dei Medici di Famiglia con i propri assistiti sono cresciuti di oltre il 40% dal 2009 al 2018 superando quota 15000 all'anno di media per ciascun Medico di Medicina Generale<sup>2</sup>. E questi dati, come si può evincere dalle annate indicate, non considerano minimamente dell'impatto della recente pandemia che ha aumentato ulteriormente il carico lavorativo, sia incrementando i bisogni clinici della popolazione, sia aumentando il carico burocratico.

Infatti, parallelamente a questo aumento della quota lavorativa relativa alla clinica, è avvenuto un progressivo aumento della burocratizzazione del lavoro.

Questo carico di lavoro non-clinico ha ulteriormente oppresso i Medici della Medicina Generale che operano in un sistema che era stato ideato per la popolazione ed il livello di complessità del 1978 e sono tuttora vincolati ad un Contratto fermo (come impostazione) al 2005<sup>3</sup>, quando i bisogni clinici e assistenziali della popolazione erano estremamente diversi da quelli attuali. Allo stesso tempo gli investimenti fatti sui Distretti Sanitari, sui servizi territoriali, sul personale di supporto alla Medicina Generale è stato misero rispetto alle aspettative ed agli slogan di investimento sulla sanità territoriale.

A questo sconsolante quadro si affianca ad una popolazione di Medici di Famiglia che invecchia parallelamente alla popolazione che assiste, ma che al momento attuale si trova al picco del pensionamento dei medici appartenenti alla pleora medica dei laureati nei primi anni 80. Il culmine del ricambio è già stato raggiunto in alcune regioni, in particolare nel nord Italia, dove numerose aree del Paese rimangono scoperte dal servizio di Assistenza Primaria (mentre quello di Continuità Assistenziale è già allo sbando da diversi anni)<sup>4</sup>, ma presto raggiungerà anche le regioni meridionali. È evidente, oltretutto, che l'aggravio lavorativo, clinico ma soprattutto burocratico, sommato all'ulteriore difficoltà occorsa durante la diffusione del SARS-CoV-2 e la percezione di

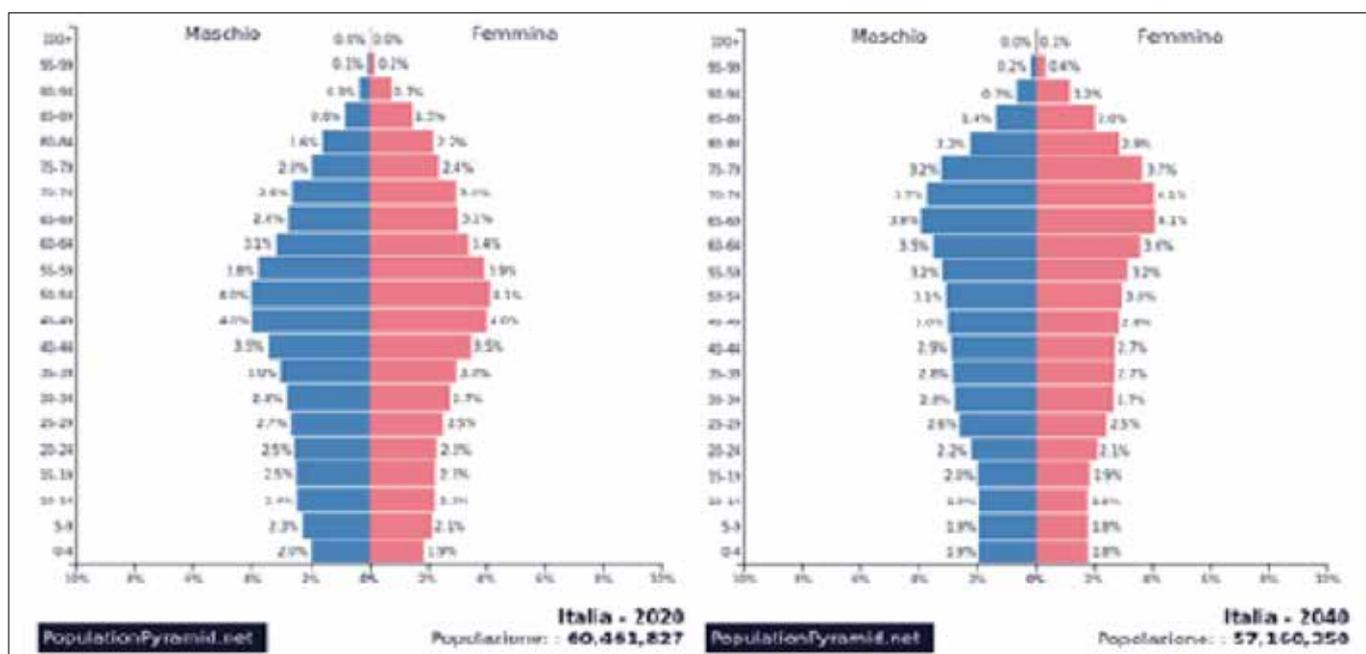


Figura 1: Rappresentazione della popolazione italiana e distribuzione per fasce d'età relative agli anni 2020 e 2040 - Fonte: <https://www.populationpyramid.net/italy/>

abbandono rilevata negli ultimi anni dagli stessi medici abbia portato (ed ancora porterà) una fetta di Medici di Famiglia a scegliere la strada del pensionamento anticipato, anche in aree dove non potranno essere sostituiti. In questo contesto di enormi cambiamenti ed aumento dei bisogni dei cittadini, è necessario solcare una nuova traccia per le Cure Primarie.

## ■ Le resistenze al cambiamento

Affrontare il tema della riforma del sistema sanitario territoriale si rende necessario alla luce di tutti i numerosi aspetti fin qui illustrati. Tuttavia ogni proposta ascoltata finora pare essere stata effettuata ascoltando, sebbene spesso con diffidenza, gli Operatori Sanitari coinvolti nelle Cure Primarie. Tuttavia la maggior parte del dibattito, mai concretamente realizzatosi con costruttivi e sinceri momenti di confronto, si è incentrato sull'aspetto probabilmente più emozionale ma anche meno concretamente riformatore.

Il tema principe che coinvolge la categoria dei Medici di Medicina Generale e dei Pediatri di Libera Scelta è la dicotomia tra dipendenza e convenzione come tipologia di inquadramento contrattuale. Certamente il tema è rilevante, ma il dibattito tra quale sia la "miglior" forma (una delle due oppure una terza ulteriore da configurare) ha dissanguato la riflessione sulla riforma delle prassi in Cure Primarie<sup>5,6</sup>.

Possiamo accennare alle motivazioni, intuibili, che hanno prodotto uno scontro monotematico: la tradizionale impostazione conservativa di qualsivoglia istituzione, i timori per la sorte di ENPAM in assenza di un rilevante e forse indispensabile introito dei contributi dei medici non dipendenti, il mutato scenario demografico della massa della categoria (più giovani, più donne) che produce nuove necessità e nuove istanze sulle forme e tutele lavorative, la persistente e forse strumentale confusione tra libera scelta del cittadino nell'identificare un Medico Curante fiduciario e la creazione di un rapporto fiduciario, una narrativa del mondo sanitario ancorata a una visione gerarchica dei sistemi complessi, l'assenza dell'elemento comunitario come co-gestore e corresponsabile dei servizi sanitari stessi.

Oltre a queste motivazioni, interne al settore, ciò che fa mancare una seria azione riformatrice è l'assenza di una cultura professionale ed accademica delle Cure Primarie in Italia associata all'assenza dell'attenzione politica ed istituzionale a questo mondo. Spesso definita la "cenerentola" del SSN, le Cure Primarie sembrano più orientate al ritiro sociale che non alla trasformazione in principessa, aldilà degli entusiastici proclami o delle rivendicazioni categoriali.

## ■ Le Cure Primarie moderne

Avendo criticato l'attuale contesto riformatore andiamo però a identificare quegli elementi che dovrebbero essere invece discussi per ottenere proprio gli scopi dichiarati dalle riforme annunciate: prossimità, rete dei servizi, continuità socio-assistenziale, ammodernamento tecnologico.

A questi obiettivi è utile affiancare anche lo scopo di tutela della salute che le istituzioni dovrebbero garantire, la necessità di inserire la partecipazione comunitaria nella scena, l'attenzione alla salute ed al benessere e non la mera presa in carico delle patologie (con tutto ciò che concerne in termini di prevenzione, promozione della salute, critica della medicalizzazione della vita, attenzione alla fragilità ed alla vulnerabilità, orientamento ai bisogni di salute).

Questa sintetica analisi ci porta con forza da una idea riformatrice ad una idea rivoluzionaria delle Cure Primarie, ovvero a non accontentarsi di restaurare alcuni aspetti demodè o di calibrare la nuova macchina e le sue nuove appendici, ma invece a ritenere necessaria una revisione delle prassi tale da poter decidere anche di chiudere alcune cose del vecchio per aprire ad alcune cose del nuovo (come fu per il movimento rivoluzionario della Salute Mentale nel pensiero Basagliano). In questa idea rivoluzionaria preziose sono le sperimentazioni così come la rivalutazione di quanto già in essere. Dobbiamo convivere con l'idea che andremo a operare in un sistema che è complesso, che non è possibile governare con la semplificazione né con la linearità dei processi per ragioni di ordine ontologico ed epistemologico. Ulteriore elemento che compone questo sistema complesso è la molteplice e contemporanea presenza di più bisogni e problemi di natura socio-sanitaria che non possono essere più gestiti da un unico professionista né in un unico modo o in un unico setting assistenziale. Un unico individuo (pensiamo ad esempio all'attuale Medico di Famiglia o a quello che potrebbe essere l'Infermiere di Comunità) non avrebbe il tempo di occuparsi di tutto ciò che richiede un singolo caso, nè tantomeno un singolo professionista può possedere contemporaneamente tutte le competenze necessarie alla gestione del singolo caso.

Per queste ragioni la rivoluzione necessaria si sostanzia nel riordinare l'attività assistenziale con un approccio olistico di tipo "comprehensive" centrato sul paziente ed orientato alla comunità che verrà messo in atto da una equipe la quale abiterà ed "agiterà" più competenze contemporaneamente e che dovrà saper agire in un luogo prossimo al singolo ed alla sua comunità, ma capace di operare in connessione con più setting assistenziali<sup>7,8</sup>. Quel che viene qui descritto non è utopico né distopico ma realizzabile nella misura in cui viene costituita una equipe che si integra coi servizi circostanti non lasciando al singolo individuo (sia esso il Medico di Famiglia, come attualmente, o un'altra figura come può essere l'Infermiere di Famiglia e Comunità) il compito di essere unico gestore e playmaker di un problema di salute.

Solo a cascata da questo punto nodale è possibile valutare le questioni contrattuali ed amministrative: si può discutere in merito alla composizione dei membri dell'equipe ma la riflessione deve puntare su quali siano le competenze (skills) necessarie in relazione al contesto epidemiologico di riferimento.

Emerge nell'attuale scenario il montante carico di lavoro sui professionisti causato dalla duplice spinta in alto ed in basso che schiaccia gli operatori. Da un lato vi è la

crescente fragilità della società sempre meno resiliente nel suo complesso e nei suoi individui: aumentano gli anziani, i malati, i disabili, le persone non autosufficienti a fronte di una riduzione delle iniziative solidali, della frammentazione delle famiglie, della disgregazione del tessuto sociale. Questo contesto sprema una forza lavoro ridotta all'osso da anni di manchevole programmazione e sempre più impoverita sul piano economico e sul piano del sociale del riconoscimento che storicamente ottiene una "professione di aiuto".

In questa ottica l'equipe può meglio supportare i professionisti, prevenire il burnout, ridimensionare lo stress personale in una piattaforma di condivisione. Ma non si diventa equipe mescolando semplicemente insieme degli elementi. Si impara a lavorare in equipe (le metafore sportive e le esperienze di altre dimensioni professionali lo insegnano bene), si imparano le competenze con modalità diverse, e diversamente si esercitano. E soprattutto, rinforzando l'elemento rivoluzionario, si creano nuove prassi tra curanti e assistiti e tra i curanti stessi.

A corollario di questa rivoluzione necessaria si inserisce anche la questione del tempo. Il tempo del lavoro si deve modificare in una dimensione di equipe all'interno di un sistema di Cure Primarie realmente capace di prevenire, programmare, personalizzare, reagire alle acuzie ed interagire con altri settori sociali ed assistenziali. Non esiste equipe senza periodici momenti di riunione, di vario livello, e momenti di programmazione non meno importanti di momenti assistenziali. Il tempo dedicato a tali riunioni, parimenti alla comunicazione medico-paziente, dovrà essere considerato come orario lavorativo; l'assistenza dovrà sbilanciarsi maggiormente nelle cure pro-attive e saper rispondere efficacemente alle cure per le acuzie, il tempo dedicato alla prevenzione ed alla promozione deve essere accresciuto e riconosciuto in quanto capace di risparmiare tempo e risorse in fasi successive e di spostare l'attenzione dalla malattia alla salute.

E come le serie rivoluzioni queste cominciano dal giorno uno e non si esauriscono nel giorno zero. Non si tratterà di legiferare atti che nulla sposteranno nelle prassi, ma di costruire prassi informanti le legislazioni da ammodernare.

In tutto questo dove ci aspettiamo che possa operare il Medico di Medicina Generale? Sarà in una casa di comunità e/o in un ambulatorio periferico o disperso in un territorio in funzione del territorio stesso, dedicherà la sua attività professionale in distinti momenti assistenziali (cure proattive, prevenzione, acuzie, palliazione e fine vita) e distinti momenti programmatici e formativi (riunioni di equipe, programmazione attività, programmazione piani di cura individuali, formazione permanente, educazione di studenti e professionisti in training). Le inevitabili attività amministrative devono semplificate ed eliminate laddove possibile (affidando al singolo paziente la responsabilità di una autocertificazione se necessario, come già in alcuni Paesi avviene per i primi giorni di malattia). In alternativa, qualora questa delega al singolo paziente risultasse impossibi-

le, devono essere affidate a personale idoneo che, come membro della equipe, collabora con i sanitari alla cura della persona e della sua comunità. La tecnologia informatica e diagnostica dovrà supportare le decisioni cliniche ed assistenziali dal lato dei sanitari e avvicinare i setting assistenziali ai malati, non come fine a sé stante ma sempre come strumento della cassetta degli attrezzi che nel tempo si modifica ed ammoderna rendendo i curanti sempre più capaci di fornire cure di qualità.

E lo stesso varrà per gli infermieri afferenti all'area delle Cure Primarie (come saranno gli infermieri di famiglia), con le specifiche e nuove competenze che anche loro dovranno saper apprendere e costruire insieme alla propria equipe. E lo stesso varrà per i fisioterapisti e i riabilitatori, gli psicologi, i terapeuti, gli assistenti sociali, gli operatori sociosanitari, i volontari e tutte le figure che saranno coinvolte a seconda delle necessità della comunità e del territorio di riferimento.

A fundamenta di tutto ciò, ma non potendoci permettere di attendere il lavoro compiuto, è necessaria una diversa formazione dei sanitari. Le Cure Primarie devono entrare nei curricula universitari del pre e del post laurea in Medicina e Chirurgia e nel contesto di tutti i corsi di laurea dell'Area Medica; le formazioni dei professionisti devono avvenire in modo interdisciplinare in modo precoce al fine di identificare precocemente l'equipe come unità fondamentale delle Cure Primarie. La formazione deve essere localizzata precocemente nei setting assistenziali idonei al lavoro di prossimità: distretti sanitari, Case di Comunità, ambulatori e Studi Medici periferici. Molteplici possono essere le modalità per ottenere gli obiettivi qui descritti; tuttavia ciò non sarà ottenibile se le categorie e i portatori di interesse si perderanno in battaglie per legittimare la propria posizione di potere, per difendere acriticamente una tradizione ormai crepuscolare ed impostazioni istituzionali antiche e non più al passo con una società "liquida" e complessa come quella attuale.

## Bibliografia

1. ISTAT. Popolazione residente al 1° gennaio: Per fascia di età. - <http://dati.istat.it/Index.aspx?QueryId=42869>
2. XIV Report Health Search - [https://report.healthsearch.it/Report\\_XIV.pdf?anno=2021](https://report.healthsearch.it/Report_XIV.pdf?anno=2021)
3. SISAC - Accordi collettivi nazionali - Medicina Generale - <https://www.sisac.info/antepriamaNewsHome.do?tipo=WEB&idArea=201011221610481056&idNews=201012212330479102&tit=&cat=&ddal=&dal=14/02/2022>
4. Il Sole 24 Ore - Medici di base, allarme carenza: 1,5 milioni di italiani sono senza - <https://www.ilsole24ore.com/art/medici-base-allarme-carenza-15-milioni-italiani-sono-senza-AE9gWwg>
5. Quotidiano Sanità - Agostino Panajia - La convenzione impoverisce la medicina territoriale. Per i Mmg meglio la dipendenza. - [http://www.quotidianosanita.it/lettere-al-direttore/articolo.php?articolo\\_id=102226](http://www.quotidianosanita.it/lettere-al-direttore/articolo.php?articolo_id=102226)
6. Quotidiano Sanità - Riccardo Colloca - Medicina generale. Il problema non è la convenzione - [http://www.quotidianosanita.it/lettere-al-direttore/articolo.php?articolo\\_id=102256](http://www.quotidianosanita.it/lettere-al-direttore/articolo.php?articolo_id=102256)
7. Baum F, Freeman T, Lawless A, et al. What is the difference between comprehensive and selective primary health care? Evidence from a five-year longitudinal realist case study in South Australia *BMJ Open* 2017;7:e015271. doi: 10.1136/bmjopen-2016-015271
8. Thomas P. Comprehensive Primary Health Care: a new phase? *London J Prim Care (Abingdon)*. 2008; 1(2): 87-89. doi: 10.1080/17571472.2008.11493216

## Promozione della vaccinazione tra i cittadini stranieri nel territorio della ASL Toscana sud est: efficacia del coinvolgimento delle comunità straniere e delle reti territoriali, e degli educatori di salute di comunità (ESC)

### *Promotion of vaccination among foreign citizens in the territory of the South East Tuscany ASL*

#### Riassunto

Le minoranze straniere corrispondono in molti casi a gruppi difficili da raggiungere nei programmi di salute pubblica. Per la vaccinazione di massa nella pandemia Covid-19 abbiamo analizzato i dati di vaccinazione dei cittadini stranieri assistiti dalla nostra ASL (azienda Sanitaria locale) che comprende le provincie di Arezzo, Siena e Grosseto, rilevando tassi inferiori agli italiani e diversi per nazionalità. Abbiamo messo in campo azioni di semplificazione dell'accesso, supporto informativo e linguistico all'accesso ai servizi, diffusione dell'informazione con canali generali e specifici, traduzioni e mediazione linguistico culturale (MLC). Le azioni hanno visto un forte coinvolgimento di cittadini stranieri di riferimento per la comunità di origine, sia singoli che in associazioni, e di altri enti coinvolti nei percorsi di integrazione (questura, scuole, terzo settore, corpi intermedi). Sono intervenuti mediatori di comunità formati ad hoc, secondo il modello degli Educatori di Salute di Comunità (ESC) attivato in precedenza per altri programmi di salute pubblica (screening oncologici, percorsi nascita, prevenzione dell'interruzione di gravidanza). Tali azioni si sono dimostrati efficaci per nazionalità extraeuropee, ed in misura minore per i cittadini di nazionalità est europea.

In conclusione, lo studio supporta l'efficacia, nel favorire l'adesione a programmi di salute pubblica di immigrati extraeuropei provenienti da paesi a forte pressione migratoria (PFPM), delle seguenti linee di azione: semplificazione dell'accesso ai servizi, diffusione dell'informazione, disponibilità di supporto in altre lingue, coinvolgimento attivo fin dalla programmazione di persone appartenenti al target specifico, MLC. La mediazione di comunità è una

forma avanzata di MLC, particolarmente adatta alla promozione della salute, in quanto interviene al di fuori e quindi anche prima dell'accesso al servizio sanitario.

**Parole chiave:** Vaccinazione Covid-19. Migranti. Promozione della salute.

#### Abstract

*Foreign minorities in many cases correspond to groups that are difficult to reach in public health programs. For mass vaccination in the Covid-19 pandemic we analyzed the vaccination data of foreign citizens assisted by our ASL, detecting rates lower than Italians and different by nationality. We have implemented actions to simplify access, information and linguistic support for access to services, dissemination of information with general and specific channels, translations and cultural linguistic mediation (MLC). The actions have seen a strong involvement of foreign citizens of reference for the community of origin, both individuals and associations, and other entities involved in integration paths (police headquarters, schools, third sector, intermediate bodies). Ad hoc trained community mediators took part, according to the community health educators (CHE) model previously activated for other public health programs (cancer screening, birth pathways, prevention of pregnancy termination). These actions have proved effective for non-European nationalities, and to a lesser extent for citizens of Eastern European nationality. In conclusion, the study supports the effectiveness of the following lines of action in favoring the adherence to public health programs of non-European immigrants from countries with strong migratory pressure (PFPM): simplification of access to services, diffusion of information, availability of support in other languages, active involvement right from the programming of people belonging to the*

STEFANIA ARNIANI,  
STEFANIA MAGI\*,  
CATERINA CASAMENTI\*\*,  
PAOLO PIACENTINI

Sistema Demografico Epidemiologico Azienda USL  
Toscana sud est

\*Medicina interculturale e percorsi di inclusione  
Azienda USL Toscana sud est  
\*\* Oxfam Italia Intercultura

Per corrispondenza:  
stefania.arniani@uslsudest.toscana.it

*specific target, MLC. Community mediation is an advanced form of CLM, particularly suited to health promotion, as it intervenes outside and therefore also before access to the health service.*

**Keywords:** Covid-19 vaccination. Migrants. Health promotion.

## ■ Introduzione

La pandemia Covid-19 ha reso necessaria la vaccinazione di massa, ed i sistemi sanitari di gran parte del mondo stanno lavorando con impegno enorme per massimizzare la partecipazione della popolazione<sup>1</sup>. La adesione alla vaccinazione è legata a molteplici fattori, sia di carattere organizzativo che culturale. La partecipazione delle persone immigrate a programmi di salute pubblica è di regola inferiore a quella della popolazione autoctona, e richiede azioni specifiche, che sono tanto più efficaci se mirate sulle esigenze dei target specifici<sup>2,3</sup>. La percentuale di immigrati, nel paese e nel territorio di riferimento della nostra azienda sanitaria, è di entità tale da condizionare fortemente la riuscita dei programmi di salute pubblica<sup>4,5</sup>. A questo si aggiunge la prevalenza, tra gli immigrati, di persone in età scolastica o lavorativa, e la tendenza a vivere in maggiore promiscuità (nuclei familiari più numerosi, famiglie allargate, appartamenti più piccoli), con maggiore esposizione quindi ad infezione da Covid-19 e con peggiori outcome di malattia, da legarsi a un ritardo nella diagnosi e nel trattamento a causa del più difficile accesso alle cure<sup>6,7</sup>. Nel maggio 2021 abbiamo valutato i tassi di infezione da Covid-19 e di vaccinazione Covid-19 delle persone di origine straniera assistite dalla nostra ASL, allo scopo di verificare il rischio di malattia e l'adesione al vaccino. Valutato il fabbisogno, abbiamo organizzato un confronto con persone straniere ed altri attori del territorio, concordato e messo in campo azioni di promozione della salute ed in particolare della vaccinazione. Nel gennaio 2022 abbiamo rivalutato il tasso di infezione relativamente al periodo dal 01/06/2021 al 18/02/2022 e la situazione vaccinale degli assistiti alla luce anche delle infezioni da Sars-Cov2 dei gruppi di popolazione stranieri.

## ■ Materiali e metodi

Dal punto di vista quantitativo l'adesione alla campagna vaccinale e i tassi di infezione da Sars-Cov2 sono stati valutati utilizzando come denominatore gli iscritti all'anagrafe assistiti residenti o aventi domicilio sanitario nella AUSL Toscana sud est al 24/05/2021. È questa la coorte sulla abbiamo periodicamente verificato il tasso di infezione e la copertura vaccinale; non abbiamo tenuto conto dei movimenti anagrafici successivamente intervenuti (migrazioni, nascite) ma abbiamo aggiornato la coorte con un follow up sullo stato in vita. Per quanto riguarda l'identificazione del paese di origine abbiamo considerato la cittadinanza; tuttavia, al fine di tenere conto anche della quota di provenienti

da stati esteri che ha ottenuto la cittadinanza italiana (poiché comunque potrebbero essere portatori di un bisogno particolare rispetto alle vaccinazioni), i soggetti di cittadinanza italiana e stato di nascita estero sono stati inclusi nel gruppo degli stranieri. Nelle analisi dei dati si è scelto di presentare gli stati di provenienza per i quali si registrano almeno 1000 iscritti nell'anagrafe assistiti nonché il totale degli stati esteri.

I casi di Covid-19 e le vaccinazioni sono estratti da SI-SPC (Sistema Informativo Sanitario della Prevenzione Collettiva). In particolare sono stati considerati i casi di infezione con esito confermato e le somministrazioni delle prime dosi, con l'obiettivo di quantificare eventuali fasce di popolazione che per scelta, o per motivi contingenti, non avevano avuto accesso alla vaccinazione.

Sono state organizzate sedute vaccinali con accesso libero, modulistica regionale plurilingue e mediazione linguistico culturale. Il personale sanitario ed amministrativo è stato istruito sulle possibili difficoltà relative a barriere linguistiche, culturali ed amministrative.

Sono stati selezionati gli ESC con i criteri stabiliti nel capitolato di servizio, privilegiando la nazionalità più rappresentate nelle singole zone, le persone con esperienza di MLC nei servizi sanitari, e le persone già coinvolte nel servizio di informazione plurilingue in remoto "emergenza Covid". È stato effettuato un incontro formativo ad hoc online con i sanitari esperti, e mantenuto un canale di confronto costante con i servizi ASL, in particolare Ufficio Relazione col Pubblico, medicina interculturale, Help desk vaccinazioni. Gli ESC hanno diffuso i volantini relativi alle sedute sia in formato elettronico che cartaceo in numerosi sedi individuate da loro e da noi suggerite, presenziato alle sedute vaccinali come MLC, preso nota di richieste e difficoltà di accesso (vincoli amministrativi, saturazione dei posti) non risolvibili sul momento per successiva elaborazione e risposta, e si sono resi disponibili per supporto nell'ottenimento del certificato vaccinale e della certificazione verde, in costante contatto con la ASL che ha implementato gradualmente le soluzioni alle varie problematiche di concerto con Regione Toscana e Ministero della Salute.

## ■ Risultati

La coorte in osservazione è composta da 789.883 assistiti il 13% dei quali di cittadinanza o nascita in stato estero. Nel periodo dal 01/06/2021 al 29/02/2022 i tassi di infezione da Sars-Cov2 (dati in figura 1) sono maggiori tra gli assistiti di cittadinanza italiana (163,8 per 1.000 vs 129,7 per 1.000 per il totale cittadinanze estere). I dati più elevati si registrano per i provenienti da Albania a Moldova (rispettivamente 168,4 e 179,8 infezioni per 1.000 assistiti).

Le vaccinazioni sono partite da gennaio 2021 e hanno interessato progressivamente fasce diverse di età. Nella tabella 1 sono mostrate le percentuali di vaccinati con almeno la prima dose osservate nella coorte di assistiti al 31/05/2021 e al 31/07/2021 nella popolazione di età maggiore a 15 anni, al 30/09/2021 e al 30/11/2021

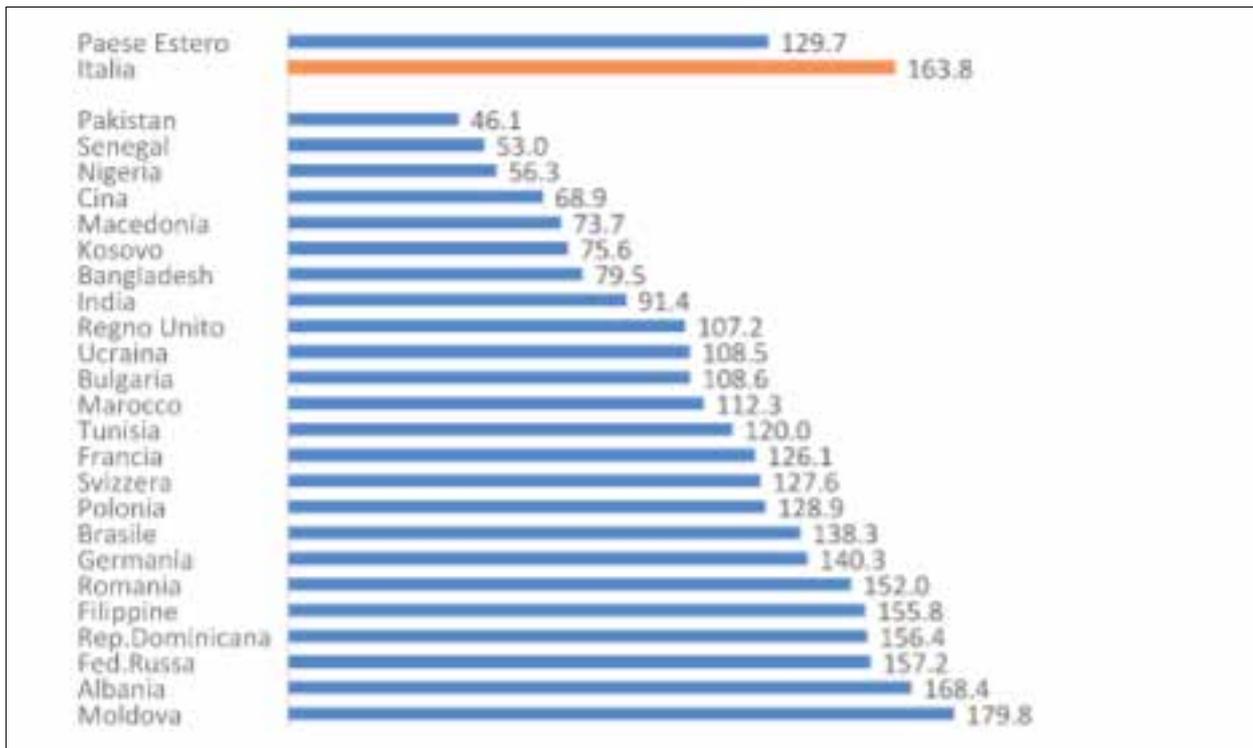


Figura 1: Tassi di infezione da Sars-Cov2 per cittadinanza/nascita. Periodo dal 01/06/2021 al 28/02/2022. Tassi x 1.000

Tabella 1: Percentuale di assistiti che alla data e all'età considerate hanno effettuato almeno la prima dose di vaccino per cittadinanza/nascita

Stato di cittadinanza/ nascita	Totale Iscritti anagrafe assistiti	Percentuale assistiti con almeno prima dose				
		età >15		età >11		età >4
		30/05/2020	31/07/2020	30/09/2020	30/11/2020	31/01/2022
Macedonia	3031	3%	16%	45%	56%	53%
Kosovo	3417	5%	21%	41%	56%	58%
Bulgaria	1332	14%	38%	55%	61%	62%
Romania	23062	11%	35%	54%	62%	62%
Moldova	1992	10%	35%	57%	67%	66%
Nigeria	1244	4%	13%	64%	72%	68%
Pakistan	2908	4%	23%	69%	72%	69%
Federazione Russa	1227	10%	36%	58%	65%	69%
Marocco	5679	12%	41%	67%	74%	70%
Polonia	2936	20%	50%	65%	70%	71%
Tunisia	2069	14%	47%	72%	79%	74%
Cina	1787	3%	38%	73%	77%	74%
Ucraina	3341	18%	47%	68%	74%	75%
India	3750	9%	48%	78%	81%	75%
Albania	15808	14%	47%	70%	77%	75%
Regno Unito	1333	46%	70%	76%	78%	76%
Senegal	1762	7%	34%	73%	78%	76%
Germania	2221	30%	61%	71%	75%	76%
Brasile	1414	21%	57%	74%	77%	77%
Bangladesh	2780	4%	33%	79%	82%	78%
Rep. Dominicana	1369	14%	44%	76%	82%	81%
Francia	1388	47%	72%	80%	83%	83%
Svizzera	1686	37%	70%	80%	83%	84%
Filippine	1594	17%	71%	87%	90%	89%
<b>ITALIA</b>	<b>685289</b>	<b>50%</b>	<b>78%</b>	<b>87%</b>	<b>89%</b>	<b>89%</b>
<b>Paese Estero</b>	<b>106370</b>	<b>15%</b>	<b>43%</b>	<b>66%</b>	<b>72%</b>	<b>71%</b>

Fonte: Elaborazioni su dati estratti dalla piattaforma SISPC

**Prospetto 1.** Criteri utilizzati che valutano oltre alle dosi di vaccino anche l'insorgenza di eventuali infezioni

Se la prima dose è preceduta da un'infezione da Sars-Cov2 di almeno 14 giorni e di non più di 365 non è prevista la seconda dose ma solo il booster dopo almeno 120 giorni dalla prima dose
Se l'infezione è seguente alla prima dose di almeno 14 giorni non è prevista la seconda dose ma solo il booster dopo almeno 120 giorni dalla prima dose
Se l'infezione è seguente alla seconda dose è raccomandato comunque il booster dopo almeno 120 giorni dall'infezione
Se l'infezione è seguente al vaccino a dose unica Jansen previsto booster dopo 120 giorni

con l'estensione ai ragazzi 12-15 anni e al 31/01/2022 con l'estensione ai bambini di 5-11 anni. Come si vede la percentuale di stranieri che hanno effettuato almeno la prima dose è partita da dati molto bassi (15% al 31/05/2021) ma è andata progressivamente aumen-

tando sino a ridurre notevolmente l'iniziale svantaggio. Tuttavia per alcune cittadinanze al 31/01/2022 le percentuali di vaccinati almeno con la prima dose sono ancora inferiori al 70%.

Analizzando non solo la prima dose ma la situazione vaccinale complessiva (comprensiva quindi della seconda dose e della dose di richiamo) al 31/01/2022 nella popolazione di età superiore a 5 anni, data l'elevata diffusione dell'infezione nella popolazione, è necessario tenere conto anche delle date di eventuale infezione e di come si combinano con il ciclo vaccinale. In base ai criteri considerati (prospetto 1) hanno completato il ciclo primario l'84% degli italiani e il 64% degli stranieri (rispettivamente 86% e 67% se si considera l'eventuale insorgenza di infezione), la dose di richiamo è stata effettuata dal 60% degli italiani ma da appena il 25% degli stranieri, percentuali che considerando le infezioni salgono rispettivamente al 64% e 27%. Considerando eventuali infezioni tra la popolazione oltre i 5 anni il 7% non ha ricevuto alcuna immunizzazione (né vaccinale né contraendo l'infezione), tale percentuale sale al 24% tra gli stranieri e supera il 30% per Romania, Bulgaria, Kosovo e Macedonia.

**Tabella 2:** Situazione vaccinale al 31/01/2022 considerando anche le infezioni registrate dall'inizio dell'epidemia al 28/02/2022 per cittadinanza/nascita. Assistiti di età maggiore o uguale a 5 anni.

	Hanno completato il ciclo primario		Hanno effettuato anche la dose di richiamo		Non hanno alcuna immunizzazione	
	dosi vaccino	vaccino e infezioni	dosi vaccino	vaccino e infezioni	dosi vaccino	vaccino e infezioni
Macedonia, Rep. Di	45%	49%	6%	7%	46%	42%
Kosovo	50%	55%	7%	9%	41%	36%
Bulgaria	57%	59%	25%	27%	38%	33%
Romania	56%	58%	21%	23%	38%	31%
Nigeria	61%	64%	7%	10%	31%	29%
Pakistan	63%	66%	9%	11%	31%	28%
Moldova	55%	60%	19%	21%	34%	26%
Polonia	66%	68%	34%	36%	29%	25%
Marocco	63%	66%	18%	20%	30%	25%
Federazione Russa	62%	65%	24%	27%	31%	24%
Cina	68%	68%	20%	20%	25%	23%
Senegal	68%	72%	14%	18%	24%	22%
Tunisia	68%	70%	20%	21%	26%	21%
India	70%	73%	22%	24%	24%	21%
Ucraina	69%	73%	31%	33%	25%	21%
Brasile	72%	73%	39%	41%	23%	20%
Regno Unito	73%	74%	50%	54%	24%	20%
Germania	72%	73%	47%	50%	24%	19%
Bangladesh	68%	74%	16%	18%	21%	19%
Albania	68%	72%	24%	27%	24%	18%
Rep. Dominicana	73%	78%	24%	27%	19%	15%
Francia	80%	80%	57%	60%	17%	13%
Svizzera	81%	82%	58%	61%	16%	13%
Filippine	81%	84%	41%	45%	11%	9%
<b>ITALIA</b>	<b>84%</b>	<b>86%</b>	<b>60%</b>	<b>64%</b>	<b>11%</b>	<b>7%</b>
<b>Paese Estero</b>	<b>64%</b>	<b>67%</b>	<b>25%</b>	<b>27%</b>	<b>29%</b>	<b>24%</b>

Fonte: Elaborazioni su dati estratti dalla piattaforma SISPC

## ■ Discussione

L'incremento marcato del tasso vaccinale dei cittadini stranieri assistiti nella nostra ASL è da attribuire in parte sicuramente alla normativa nazionale, con misure di spinta quali l'obbligo della certificazione verde, che hanno portato all'aumento generalizzato della adesione al vaccino.

La comparazione della variazione incrementale del tasso di vaccinazione di italiani, extraUE ed est europei va nella direzione di un significativo impatto delle azioni specifiche di promozione della vaccinazione Covid per questo target.

Le sedute aperte, il supporto e la diffusione dell'informazione, hanno generato fiducia ed attivato un sistema di passa parola interno alla comunità.

## ■ Conclusioni

Lo studio supporta l'efficacia, nel favorire l'adesione a programmi di salute pubblica di immigrati extraeuropei provenienti da paesi a forte pressione migratoria (PFPM), delle seguenti linee di azione: semplificazione dell'accesso ai servizi, diffusione dell'informazione, disponibilità di supporto in altre lingue, coinvolgimento attivo fin dalla programmazione di persone appartenenti al target specifico, mediazione linguistico culturale e mediazione di comunità.

## Bibliografia

1. Report salute stranieri ASL Toscana sud est
2. Franz C, Jaeger L, Erklavec U, Tomson G, Kickbusch I, Petrič VK, Vračko P, The EU's global action in support of universal health coverage in the time of the pandemic and beyond, *The Lancet Regional Health - Europe*, Volume 14, 2022, 100319, ISSN 2666-7762, <https://doi.org/10.1016/j.lanep.2022.100319>.
3. Abba-Aji M, Stuckler D, Galea S, McKee M, Ethnic/racial minorities' and migrants' access to COVID-19 vaccines: A systematic review of barriers and facilitators, *Journal of Migration and Health*, Volume 5, 2022, 100086, ISSN 2666-6235, <https://doi.org/10.1016/j.jmh.2022.100086>.
4. Gorelik Y, Anis E, Edelstein M, Inequalities in initiation of COVID-19 vaccination by age and population group in Israel- December 2020-July 2021, *The Lancet Regional Health - Europe*, Volume 12, 2022, 100234, ISSN 2666-7762, <https://doi.org/10.1016/j.lanep.2021.100234>.
5. Bandini L, Caraglia A, Caredda E, D'ancona F, Declich S, Dente MG, Filia A, Fulceri F, Geraci S, Libianchi S, Mancinelli R, Manto A, Marceca M, Mazzilli S, Minutillo A, Onder G, Pacifici R, Pantosti A, Scattoni ML, Siddu A, Tavošchi L, Tosti ME, Vanacore N. Vaccinazione contro COVID-19 nelle comunità residenziali in Italia: priorità e modalità di implementazione ad interim. Versione dell'8 luglio 2021. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2021 (Rapporto ISS COVID-19 n. 16/ 2021)
6. Arniani S., Magi S., Nisticò F., Piacentini P.. Report salute stranieri ASL Toscana sud est 2018. [https://www.uslsudest.toscana.it/attachments/article/2408/Report\\_salute\\_stranieri\\_residenti\\_Toscana\\_sud\\_est\\_2018.pdf](https://www.uslsudest.toscana.it/attachments/article/2408/Report_salute_stranieri_residenti_Toscana_sud_est_2018.pdf)
7. Fabiani M, Mateo-Urdiales A, Andrianou X, Bella A, Del Manso M, Bellino S, Rota MC, Boros S, Vescio MF, D'Ancona FP, Siddu A, Punzo O, Filia A, Brusaferrò S, Rezza G, Dente MG, Declich S, Pezzotti P, Riccardo F; COVID-19 Working Group. Epidemiological characteristics of COVID-19 cases in non-Italian nationals notified to the Italian surveillance system. *Eur J Public Health*. 2021 Feb 1;31(1):37-44. doi: 10.1093/eurpub/ckaa249.
8. Hayward SE, Deal A, Cheng C, Crawshaw A, Orcutt M, Vandrevala TF, Norredam M, Carballo M, Ciftci Y, Requena-Méndez A, Greenaway C, Carter J, Knights F, Mehrotra A, Seedat F, Bozorgmehr K, Veizis A, Campos-Matos I, Wurie F, McKee M, Kumar B, Hargreaves S, Clinical outcomes and risk factors for COVID-19 among migrant populations in high-income countries: A systematic review, *Journal of Migration and Health*, Volume 3, 2021, 100041, ISSN 2666-6235, <https://doi.org/10.1016/j.jmh.2021.100041>.

## PFAS e latte materno

*PFAS and Breast milk*

ANGELA PASINATO

(gruppo PUMP ACP Pediatri per un mondo possibile)

Per corrispondenza:  
pasinato.angela@gmail.com**Riassunto**

I composti perfluoroalchilici (perfluoroalchilic substances, PFAS) sono molecole costituite da una catena di atomi di carbonio legati ad atomi di fluoro, inventate 70 anni fa negli Stati Uniti, usate soprattutto come impermeabilizzanti.

I PFAS si distinguono per la lunghezza della catena di carbonio, quelli a lunga catena (PFOS e PFOA, 8 atomi di carbonio) stanno diminuendo dal 2000 in poi, mentre quelli a breve catena (4-6 atomi di carbonio) sarebbero in aumento.

L'inquinamento è ubiquitario nel mondo.

Solo recentemente, negli anni 2000, si è valutata la pericolosità per gli esseri viventi.

Gli studi epidemiologici sull'uomo mostrano che a concentrazioni crescenti di PFOA e PFOS nel siero corrispondono livelli più elevati di colesterolo, una crescente probabilità di sviluppare disturbi della tiroide, neoplasie del testicolo e del rene e, nelle donne in gravidanza ipertensione e diabete. Inoltre possibilità di una diminuzione del peso del feto alla nascita.

Il latte materno, ma anche di altri mammiferi, è un veicolo di PFAS. Questi sono stati dosati nel latte di madri di tutto il mondo.

L'EFSA (European Food Safety Authority) ha stabilito i livelli massimi di assunzione di queste sostanze a 4,4 ng/kg di peso corporeo a settimana.

Questa modalità di trasmissione sembrerebbe essere un problema solo per i neonati prematuri, ma non vi sono studi di valutazione sul livello di PFAS presente nel latte di madri che dimorano nelle zone considerate di disastro ambientale.

**Parole chiave:** PFAS, Latte Materno, Esposizione

**Abstract**

*Perfluoroalkyl compounds (perfluoroalkyl substances, PFAS) are molecules constructed of a chain of carbon atoms linked to fluorine atoms, invented 70 years ago in the United States, used mainly as waterproofers.*

*The PFAS are distinguished by the length of the carbon chain, presence in the environment of long chain ones (PFOS and PFOA, 8 carbon atoms) is decreasing from 2000 onwards, while that the short chain ones (4-6 carbon atoms) is increasing.*

*Pollution is ubiquitous around the world. Only recently, in the 2000s, the danger to living beings was assessed.*

*Epidemiological studies on humans show that increasing concentrations of PFOA and PFOS in serum correspond to higher cholesterol levels, an increasing probability of developing thyroid disorders, testicular and kidney cancers and, in pregnant women, hypertension and diabetes. There are the possibility of a decrease in the weight of the fetus at birth.*

*Mother's milk, but also of other mammals, is a vehicle of PFAS. These have been dosed in the milk of mothers around the world.*

*This problem becomes most important if the baby is smaller (prematurity).*

*The EFSA (European Food Safety Authority) has established the maximum intake levels of these substances at 4.4 ng / kg of body weight per week.*

*They would appear to be problematic only for premature babies, but there are no studies evaluating the level of PFAS present in the milk of mothers residing in areas of environmental disaster.*

**Keywords:** PFAS , Breast milk, Exposure

**■ Introduzione**

Le sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) sono una famiglia di composti chimici,

prodotti dall'uomo, costituiti da catene di atomi di carbonio a lunghezza variabile (da 4-16), legate a atomi di fluoro e ad altri gruppi funzionali.

Sono state inventate nel dopoguerra dalla 3M statunitense (PFOA), utilizzate per rendere resistenti ai grassi e all'acqua materiali quali tessuti, tappeti, moquette, carta, contenitori per alimenti, per fissare il rivestimento delle pentole antiaderenti, per le schiume antincendio, pitture, vernici, come rivestimento antipolvere per la microelettronica e nella produzione di cosmetici e di alcuni farmaci.

Già dagli anni 60 la multinazionale era a conoscenza di alcune delle problematiche di queste sostanze sulla salute degli esseri viventi, e negli anni 90 si è avuta la certezza della cancerogenicità al testicolo e al rene, ma solo negli anni 2000 sono state rese pubbliche queste conoscenze. Intanto per oltre 50 anni queste sostanze perfluoroalchiliche sono state immesse nell'ambiente.

Ora sono onnipresenti, perché resistenti ai processi di degradazione, rendendo inevitabile l'esposizione di tutti gli esseri viventi a questi inquinanti.

In particolare negli esseri umani l'esposizione inizia già nella vita intra-uterina e continua nell'infanzia, durante il periodo potenzialmente più sensibile delle prime fasi della vita<sup>2-13</sup>.

Tali esposizioni sono geograficamente globali con significative discrepanze tra paesi e continenti; i livelli di PFAS a lunga catena (PFOS e PFOA, 8 atomi di carbonio) stanno diminuendo dal 2000 in poi, mentre quelli di PFAS (4-6 atomi di carbonio) a breve catena sarebbero in aumento.

Pur essendo ubiquitarie nell'ambiente, alcune zone geografiche sono state più esposte di altre: (disastro ambientale della Dupont negli Stati Uniti, in Italia in provincia di Vicenza, in Cina nella regione dello Shandong). In Italia il disastro ambientale è avvenuto per l'inquinamento della falda acquifera a Trissino ad opera della ditta Rimar già a partire dalla metà degli anni 60 per essere svelato 40 anni dopo e per essere considerato, dato il lungo tempo trascorso, come disastro ambientale europeo.

Nel giugno 2017 PFOA e PFOS sono stati inseriti nella lista REACH (Regolamento europeo n°1907/2006, concernente la registrazione, valutazione, autorizzazione e restrizione delle sostanze chimiche) delle sostanze pericolose sottoposte a restrizioni, entrando a far parte della lista dei POPs ai sensi della convenzione di Stoccolma (vedi prospetto 1). (Regolamento UE 2017/1000, www.reach.gov.it).

I PFOA sono oggi classificati come sostanza tossica per la riproduzione, categoria 1B, e in categoria 2 come sostanza cancerogena nel regolamento 1272/2008 relativo alla classificazione, l'etichettatura e l'imballaggio delle sostanze e delle miscele (regolamento CLP).

L'obiettivo di questo articolo è di evidenziare i rischi per la salute derivanti dalla maggiore esposizione della età pediatrica a partire dalla vita fetale e dai primi mesi di vita in cui il bambino si nutre di solo latte.

## POP

Gli inquinanti organici persistenti (POP) sono un gruppo di sostanze chimiche potenzialmente soggette al trasporto ambientale a lungo raggio con diffusione su ampie distanze geografiche, persistenti nell'ambiente, bioaccumulanti attraverso la catena alimentare e con effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente.

I POP-BDE introdotti sul mercato a partire dagli anni '60 e la cui diffusione è cresciuta rapidamente fino alla fine degli anni '70, sono stati impiegati principalmente come ritardanti di fiamma nei materiali plastici, in apparecchiature elettriche ed elettroniche, negli arredi, in tappeti ed imbottiture, negli interni di automobili ed aerei, in materiali tessili, nel settore edilizio e in altri prodotti, allo scopo di incrementarne le caratteristiche ignifughe.

La produzione di POP-BDE non è più consentita, ma sono previsti in deroga, a determinate condizioni, alcuni usi, riciclo o smaltimento di articoli che li contengono o potrebbero contenerli. Tali inquinanti potrebbero quindi essere immessi nell'ambiente per volatilizzazione, perdite o eventi accidentali conseguenti a numerosi processi industriali, dalla produzione "in deroga" allo smaltimento finale, costituendo una fonte di potenziale esposizione per i lavoratori e la popolazione limitrofa.

A tale scopo la Convenzione di Stoccolma, adottata nel 2001 ed entrata in vigore nel 2004, disciplina l'eliminazione dei POP o, in attesa di trovare validi sostituti, la restrizione dell'uso e, soprattutto per i POP non intenzionali, la prevenzione e riduzione delle emissioni nell'ambiente

### **Prospetto 1: INAIL: POLIBROMODIFENILETERI (PBDE). MICROINQUINANTI ORGANICI**

Informazioni e dati per una gestione sicura. 2020

<https://www.inail.it/cs/internet/docs/alg-pubbl-polibromodifenileteri-pbde-microinquinanti-organici.pdf>

### **Dove li troviamo nell'ambiente?**

I PFAS si possono ritrovare in ogni oggetto sottoposto a impermeabilizzazione come pentole (Teflon), tappeti, carta e cartoni, abbigliamento (Goretex), pelletterie, perfino nel filo interdentale e nei cosmetici e detersivi della casa, e anche in molti altri oggetti non di uso quotidiano (es. schiume antiincendio).

### **Come li assorbiamo?**

L'assorbimento è possibile tramite l'acqua potabile inquinata, che risulta essere la fonte principale poi con i cibi contaminati e anche attraverso l'assorbimento transcutaneo da tessuti e/o da cosmetici (anche se i percorsi sono meno studiati).

Si assorbono anche per inalazione, ma questa via interessa prevalentemente i lavoratori esposti nelle fasi di produzione.

## Dove vanno nel nostro organismo?

I PFAS vengono assorbiti attraverso il sistema digerente, vengono veicolati soprattutto nel fegato e nei reni dove si accumulano perché non esiste biotrasformazione. Queste sostanze hanno una spiccata similitudine con gli acidi grassi e per tale motivo si diffondono in tutto l'organismo e tramite le proteine di trasporto del sangue.

Vengono eliminati con le urine lentamente. Hanno una emivita media di circa 4 anni (PFOS 5 anni, PFOA 2-4 anni).

Vengono anche veicolati nel latte delle madri che allattano.

## Cosa possono provocare nel nostro organismo?

1. Aumento della aggregazione piastrinica (forse nuovo fattore di rischio trombotico)
2. Ipercolesterolemia
3. Modificazioni della reattività dei neuroni dopaminergici con possibili disturbi dell'attenzione a tutte le età
4. Alterazione della motilità degli spermatozoi e quindi ripercussioni sulla fertilità
5. Inferenze endocrine multiple:
  - Insulino-resistenza, da minore liberazione di glicogeno da parte delle cellule epatiche, diabete.
  - Attività antiandrogenica (anche nel periodo embrionale)
  - Attività antiprogestinica (problemi di fertilità femminile, abortività, nascite di neonati sottopeso, pre-eclampsia)
  - Interferenza con il metabolismo della vit.D
  - Malattie tiroidee
6. Altre malattie tumorali correlate:
  - Correlazione possibile con tumori del testicolo e della tiroide
  - Tumore del rene
  - Linfoma non Hodgking
7. Associazione con patologie cardiovascolari:
  - Arteriosclerosi
  - Ischemia cardiaca
  - Ischemia cerebrale

## ■ I PFAS negli alimenti

I livelli di PFOS e PFOA nel sangue materno superano oramai quelli di alcune maggiori tossine ambientali sempre presenti nell'ambiente, ma bandite da diversi anni, conosciuti come inquinanti organici persistenti "POP" e riconosciuti da molto tempo come una minaccia globale per la salute umana e per l'ambiente. (In particolare DDE, prodotto di degradazione del DDT, Policlorobifenili PCB, Polibromobifenili PBB epolibromidatidifeniliteri PBDE)<sup>2-13</sup> (vedi prospetto 1).

In due lavori spagnoli del 2012 e 2014 si affermava che i livelli di PFOS e PFOA assunti giornalmente attraverso la dieta non superavano le assunzioni giornaliere tol-

lerabili pur essendo di 150ng/kg per PFOS e 1500ng/kg per PFAS<sup>23</sup> e 1466-1787 ng/kg per PFAS<sup>18</sup> rispettivamente.

L'EFSA, in una revisione proprio del giugno 2012, affermava che l'esposizione alimentare a PFOS e PFOA "non superava i valori guida basati sulla salute".

In pochi anni la valutazione della pericolosità per la salute umana di tali composti ha portato l'EFSA<sup>11</sup> ad abbassare drasticamente i livelli consentiti di assunzione di più di mille volte a 13ng/kg/settimana per PFOS e 6ng/kg/settimana per PFAS, dando addirittura il consiglio, poiché l'accumulo nel tempo è importante, ad abbassare la dose settimanale di gruppo a 4,4ng/kg a settimana.

Questo TWI può proteggere dai potenziali effetti avversi osservati negli esseri umani. Sulla base dell'esposizione stimata e dei livelli sierici riportati, il gruppo di esperti scientifici dell'EFSA ha concluso che diverse persone in Europa superano anche di 10 volte questo limite.

L'effetto più preoccupante stimato sembrerebbe essere, per i bambini, quello sul sistema immunitario<sup>8</sup> e quello sul sistema nervoso.

Uno studio recente norvegese mette in relazione l'esposizione nella prima infanzia a PFOS con un aumento del rischio di ADHD (OR=1,75, IC 95%: 1,22, 2,53)<sup>19</sup>.

Pesce e frutti di mare sono stati identificati come i principali contributori di PFAS, al di fuori dell'acqua potabile, nella dieta in tutti i paesi.

## ■ PFAS e latte materno

L'allattamento al seno è un'importante via di esposizione alle sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) per i neonati. Viene veicolato lo 0,9-2% dei PFOS e lo 1,8-9% dei PFAS presenti nel siero/plasma materno<sup>11</sup>.

Sebbene non ci siano indagini registrate sulle modalità di trasferimento dal sangue della madre al latte materno, la letteratura suggerisce che i PFAS tendono a essere trasferiti attraverso il legame con diverse proteine<sup>2</sup>. Diversi studi provenienti da tutto il mondo hanno valutato la presenza di queste sostanze nel latte materno: tutti invariabilmente hanno trovato la presenza di queste sostanze con livelli a volte problematici. (Tabella 1) Soprattutto per il prematuro l'assunzione di queste sostanze può superare il limite consentito.

In uno studio italiano sull'esposizione dei neonati pretermine a PFAS attraverso l'alimentazione con latte materno, l'EDI (expected daily intake: assunzione giornaliera prevista) mediano calcolato per i PFAS totali era 20,72 ng/kg/giorno, ben superiore alla media EFSA riportata per i lattanti.

Data la vulnerabilità del sistema immunologico e dello sviluppo dei neonati pretermine, i rischi, in relazione alla loro esposizione ai PFAS, dovrebbero essere ulteriormente studiati, anche concentrandosi su come può essere ridotta sia l'esposizione materna sia il successivo trasferimento attraverso il latte<sup>8</sup>.

Un altro rischio che sembra emergere recentemente è quello metabolico: modificazioni del metabolismo del

Paesi	PFAS Mediana LATTE MATERNO	
2017 COREA (1)	188 ngr /L	
2020 IRLANDA (3)	0,10 ngr /mL	
2020 CINA (4)	87 pgr/mL	
2021 ITALIA (5)		Assunzione giornaliera nei pretermine
2019 SPAGNA (6)	0,666 ngr /mL	
2012 ITALIA (7)	151,5 ngr /L	
2015 NORVEGIA (9)	110 ngr /L	Rapporto tra esposizione perinatale a PFAS e sviluppo neuropsicologico: no associazione
2015 GIORDANIA (11)	548 ngr /L PFOA 89 ngr /L PFOS	LATTE VACCINO 89 NGR/L PFOA 80 NGR/L PFOS
2013 REP.CECA (12)	158,5pgr/mL	PFAS 101,5 pg/mL per il latte 227,5 pg/g per il latte artificiale SOLO TRACCE negli alimenti per l'infanzia
2016 COREA (13)	0,050 ngr /mL	
2013 FRANCIA (14)	0.055 microgr /L PFOA 0.079 microgr/L PFOS	

Tabella 1

colesterolo e aumento della citochina pro-infiammatoria IL-1B. Sicuramente saranno necessari ulteriori studi per capire il significato di tali scoperte<sup>24</sup>.

Non è stato ancora possibile valutare i rischi dei PFAS a catena corta del carbonio

per mancanza di informazioni tossicologiche rilevanti e perché la maggior parte degli studi si è concentrata sull'analisi del perfluorottano sulfonato (PFOS) e dell'acido perfluorottanoico (PFOA)<sup>1-13</sup>.

Circa un anno fa, un articolo dei giornalisti del "The Guardian" Sarah Hurtes e Hoosick Falls<sup>17</sup>, poneva la questione se il latte materno fosse ancora il miglior alimento per il neonato e il lattante.

Un coro di risposte si è levato a favore del latte materno anche e soprattutto perché gli inquinanti sono ubiquitari essendo presenti nel latte di tutti i mammiferi, mucche comprese<sup>11-18-21</sup>.

Se consideriamo che il latte formulato è esso stesso contaminato da PFOS e inoltre che il packaging potrebbe aumentarne il livello, diventa ancora più palese come il latte materno debba continuare a essere consi-

derato ancora il migliore.

Piuttosto sarebbe importante dare consigli alle giovani donne, che siano o meno in gravidanza, su quali possano essere le scelte alimentari migliori per minimizzarne l'introduzione attraverso la dieta.

Certamente è molto inquietante che i nostri bambini siano sottoposti a una notevole mole di sostanze potenzialmente dannose fin dai primi giorni del concepimento e anche durante l'allattamento, alimento che la natura prepara come migliore e specie specifico.

Visto il disastro ambientale che stiamo vivendo nel Veneto dove la falda è stata inquinata da PFAS per molto tempo, sarebbe opportuno una particolare sorveglianza di tutti i bambini nati negli ultimi anni e anche delle future madri.

Ora, nella zona più inquinata del Veneto, nelle provincie di Vicenza, Verona e Padova, la cosiddetta "zona rossa", la sorveglianza è stata estesa a circa 85.000 persone, ma solo recentemente (2018) sono stati presi in considerazione i nati fra il 2003 e il 2014.

Ancora non sono stati valutati i bambini più piccoli fino all'età neonatale e soprattutto ancora non vi sono studi che abbiano dosato il livello dei PFAS nel latte delle mamme di questa zona, che, visto il loro legame con le proteine, avrà molte probabilità di essere più elevato di quanto finora trovato in letteratura.

## Bibliografia

1. Sci Total Environ. 2018 Jan 15;612:286-292. Perfluoroalkyl substances (PFASs) in breast milk from Korea: Time-course trends, influencing factors, and infant exposure. Lee S, Kim S, Park J, Kim HJ, Choi G, Choi S, Kim S, Kim SY, Kim S, Choi K, Moon HB.
2. Environ Sci Pollut Res Int. 2018 Dec;25(36):36064-36086. Per- and polyfluoroalkyl substances in human breast milk and current analytical methods. Macheke-Tendenguwo LR, Olowoyo JO, Mugivhisa LL, Abafe OA.
3. Chemosphere. 2020 May;246:125724. Concentrations of perfluoroalkyl substances in human milk from Ireland: Implications for adult and nursing infant exposure. Abdallah MA, Wemken N, Drage DS, Tlustos C, Cellarius C, Cleere K, Morrison JJ, Daly S, Coggins MA, Harrad S.
4. Sci Total Environ. 2020 Apr 15;713:136417. Poly- and perfluoroalkyl substance concentrations in human breast milk and their associations with postnatal infant growth. Jin H, Mao L, Xie J, Zhao M, Bai X, Wen J, Shen T, Wu P.
5. Eur J Pediatr. 2021 Sep;180(9):3047-3051. Exposure to perfluoroalkyl substances through human milk in preterm infants. Aceti A, Barbarossa A, Gazzotti T, Zironi E, Pagliuca G, Vitali F, Beghetti I, Corvaglia L.
6. Anal Chim Acta. 2019 Feb 21;1049:123-132. Determination of 21 perfluoroalkyl substances and organophosphorus compounds in breast milk by liquid chromatography coupled to orbitrap high-resolution mass spectrometry. Beser MI, Pardo O, Beltrán J, Yusà V.
7. Environ Int. 2013 Jan;51:27-30. doi: 10.1016/j.envint.2012.10.001. Epub 2012 Nov 6. Perfluoroalkyl substances in human milk: a first survey in Italy. Barbarossa A, Masetti R, Gazzotti T, Zama D, Astolfi A, Veyrand B, Pession A, Pagliuca G.
8. Eur J Pediatr. 2021 Sep;180(9):3047-3051. Exposure to perfluoroalkyl substances through human milk in preterm infants. Aceti A, Barbarossa A, Gazzotti T, Zironi E, Pagliuca G, Vitali F, Beghetti I, Corvaglia L.
9. Anal Chim Acta. 2019 Feb 21;1049:123-132. Determination of 21 perfluoroalkyl substances and organophosphorus compounds in breast milk by liquid chromatography coupled to orbitrap high-resolution mass spectrometry. Beser MI, Pardo O, Beltrán J, Yusà V.

10. *Environ Int.* 2013 Jan;51:27-30. Perfluoroalkyl substances in human milk: a first survey in Italy. Barbarossa A, Masetti R, Gazzotti T, Zama D, Astolfi A, Veyrand B, Pession A, Pagliuca G.
11. EFSA <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2020.6223> Efsa journal : 9 July 2020doi: to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food.
12. *Environ Int.* 2015 Oct;83:176-82. Perfluoroalkyl substances measured in breast milk and child neuropsychological development in a Norwegian birth cohort study. Fornes J, Iszatt N, White RA, Mandal S, Sabaredzovic A, Lamoree M, Thomsen C, Haug LS, Stigum H, Eggesbø M.
13. *Environ Int.* 2020 Nov;144:106012. Exposure characteristics for congeners, isomers, and enantiomers of perfluoroalkyl substances in mothers and infants. Liu Y, Li A, Buchanan S, Liu W.
14. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2015 Aug;22(16):12415-23. Levels of perfluorinated compounds in human breast milk in Jordan: the impact of sociodemographic characteristics. Al-sheyab NA, Al-Qudah KM, Tahboub YR.
15. *Talanta.* 2013 Dec 15;117:318-25. The determination of perfluoroalkyl substances, brominated flameretardants and their metabolites in human breast milk and infant formula. Lankova D, Lacina O, Pulkrabova J, Hajslova J.
16. *Environ Res.* 2016 Jul;148:351-359. Elevated levels of short carbon-chain PFCA in breast milk among Korean women: Current status and potential challenges. Kang H, Choi K, Lee HS, Kim DH, Park NY, Kim S, Kho Y.
17. *Chemosphere.* 2013 May;91(6):802-8. Occurrence of perfluorinated alkylated substances in breast milk of French women and relation with socio-demographical and clinical parameters: results of the ELFE pilot study. Antignac JP, Veyrand B, Kadar H, Marchand P, Oleko A, Le Bizec B, Vandentorren S.
18. *Food Chem.* 2012 Dec 1;135(3):1575-82. Human dietary exposure to perfluoroalkyl substances in Catalonia, Spain. Temporal trend. Domingo JL, Jogsten IE, Eriksson U, Martorell I, Perelló G, Nadal M, Bavel BV.
19. *Environ Int.* 2019 Apr;125:33-42. Early-life exposure to persistent organic pollutants (OCPs, PBDEs, PCBs, PFASs) and attention-deficit/hyperactivity disorder: A multi-pollutant analysis of a Norwegian birth cohort. Lenters V, Iszatt N, Fornes J, Čechová E, Kočan A, Legler J, Leonards P, Stigum H, Eggesbø M.
20. *The Guardian* Sarah Hurtes a Hoosick Falls lun 15 feb 2021 11.05 GMT
21. *Environ Toxicol Chem.* 2017 Mar;36(3):763-770. Maternal transfer of perfluoroalkyl substances in hooded seals. Grønnestad R, Villanger GD, Polder A, Kovacs KM, Lydersen C, Jenssen BM, Borgå K.
22. *Epidemiol Prev* 2017; 41 (5-6):232-236. doi: 10.19191/EP17.5-6.P232.079 Inquinamento da pFAS in Veneto. Dopo gli USA tocca all'Italia. Cinzia Tromba Redazione di Epidemiologia & Prevenzione
23. *Environ Res.* 2014 Nov;135:181-9. Assessment of perfluoroalkyl substances in food items at global scale. Pérez F, Llorca , Köck-Schulmeyer M, Škrbić B, Oliveira LS, Boit Martinello K, Al-Dhabi NA(5), Antić , Farré M, Barceló ).
24. *Environ Int.* 2021 Dec;157:106853. doi: 10.1016/j.envint.2021.106853. Epub 2021 Sep 6. PMID: 34500361. Prenatal and postnatal exposure to PFAS and cardiometabolic factors and inflammation status in children from six European cohorts. Papadopoulou E, Stratakis N, Basagaña X, et al.

## Il ruolo dei medici nella gestione della sanità a livello locale



**Parole chiave:** fiduciari, rete, comune

L'Ordine dei Medici e Odontoiatri (OMCeO) di Bari ha voluto volgere il proprio sguardo ai bisogni di salute della propria comunità provinciale creando la figura del Fiduciario Comunale, che fungesse da intermediario ed interprete delle esigenze di salute dei cittadini nei confronti delle amministrazioni comunali dando piena attuazione anche all'art. 5 del codice deontologico sul tema salute-ambiente. In tal senso, l'OMCeO di Bari ha avviato una stretta collaborazione con gli Enti Locali e i 41 Comuni della Città Metropolitana (ex Provincia di Bari) attraverso la sottoscrizione di un Protocollo d'Intesa per la definizione degli ambiti e delle modalità di interazione.

Il modello organizzativo, regolato da apposito regolamento, prevede che i singoli Fiduciari Comunali creino una "rete" di coordinamento tra tutti i medici operanti nel territorio (MMG E PLS) del proprio comune. A loro volta tutti i

Fiduciari sono in rete fra loro.

La "rete" consente, rapidamente, di scambiare e condividere informazioni ed opinioni, di unificare procedure, di velocizzare e migliorare gli interventi, di creare obiettivi comuni.

Questa "rete", ha consentito, tra l'altro, di organizzare, durante la prima fase della Pandemia di COVID-19, in maniera coordinata il monitoraggio delle persone in isolamento fiduciario, di identificare in tempi brevi i soggetti sospetti, di organizzare il tracciamento degli eventuali contatti.

Buona parte dei Medici Fiduciari svolge le funzioni di medico di famiglia o pediatra di libera scelta. Una circostanza questa che facilita il compito assegnato in quanto l'attività professionale è svolta nel contesto socio-economico, organizzativo e culturale della propria comunità, mettendo il medico fiduciario nelle condizioni migliori di interpretare i bisogni di salute della propria realtà locale e di interloquire efficacemente con le amministrazioni locali.

Tale esperienza mostra come una rete di medici sul territorio, in stretta collaborazione con gli enti locali, possa essere efficace e utile anche per gli aspetti di tutela ambientale, validando in qualche maniera il progetto teso a istituire una Rete di Medici Sentinella per l'ambiente, cioè un sistema di sorveglianza in grado di monitorare il quadro epidemiologico sul territorio, interagendo in maniera attiva e continua con le istituzioni all'uopo deputate.

Il Regolamento sui Fiduciari dell'OMCeO di Bari, unico nel suo genere, prevede la presenza di un Medico Fiduciario in ognuno dei 41 Comuni dell'Area Metropolitana, affidandogli, tra gli altri, il compito di collaborare con i rispettivi Sindaci per le attività di promozione della salute, di tutela del benessere dei cittadini e di prevenzione primaria e secondaria di eventi e condizioni ambien-

**FILIPPO ANELLI\***,  
**MICHELE BOZZI\*\***

\*Presidente OMCeO -BARI)

\*\* (Coordinatore Fiduciari OMCeO - BARI)

Per corrispondenza:

info@omceo.bari.it, bozzi.michele@libero.it

tali che possono costituire un rischio, anche potenziale, per la popolazione.

I medici interessati, per la loro preparazione, per la loro conoscenza del territorio, per il loro rapporto di fiducia con gli assistiti sono gli artefici di una nuova visione della professione medica che guarda alla salute non solo come bene del singolo cittadino, ma dell'intera comunità, più vicina al territorio ed alle sue necessità.

Il rapporto tra l'OMCeO, attraverso i suoi medici fiduciari, e i Comuni è regolato da un Protocollo d'Intesa sottoscritto dal Presidente dell'Ordine di Bari e da ogni singolo Sindaco che disciplina la collaborazione, lo scambio costante e reciproco di informazioni per garantire un migliore coordinamento delle attività in materia di politiche ambientali e di tutela del diritto alla salute, con particolare attenzione alla prevenzione di condizioni di contagio, di comportamenti che possono determinare disturbi e stati patologici (abusi, inquinamento, alimentazione).

Un'attività fondamentale per rendere efficace l'azione dei Fiduciari, soprattutto nei rapporti con le amministrazioni locali ed i Sindaci, è la formazione.

L'OMCeO di Bari, quindi ha avviato un percorso formativo continuo, in collaborazione con altre associazioni operanti nel settore ambientale (ISDE, Rete Nazionale Città Sane, ecc) al fine di consentire ai medici e agli amministratori locali di poter acquisire conoscenze e competenze sui temi di comune interesse.

Altro impegno dei Fiduciari è la informazione dei cittadini, coinvolgendoli attraverso incontri, seminari ecc, svolti sempre con la partecipazione delle Amministrazioni Comunali, su argomenti di pubblico interesse ( 5G, Vaccinazioni, mobilità sostenibile, ecc).

Tale proposta si è dimostrata estremamente importante ed efficace durante la pandemia da COVID-19. I Medici Fiduciari si sono messi al servizio della comunità per evidenziare tempestivamente criticità e proporre soluzioni nel campo dell'assistenza sanitaria, psicologica e dell'organizzazione complessiva dei servizi per la salute.

Riteniamo che questa proposta organizzativa possa essere utilmente estesa ad altre realtà anche tenendo conto delle innovazioni contenute nel Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, Case della Comunità, telemedicina. Come già anticipato essa può rappresentare un'utile premessa per la realizzazione di una rete di medici sentinella per l'ambiente su cui ISDE e la Federazione Nazionale dei Medici e Odontoiatri (FNOMCeO) sono impegnati per la sua realizzazione ed istituzionalizzazione.

*Who international lead poisoning prevention week*

**Inquinamento da piombo:  
problematiche ambientali e rischio per la salute  
umana, una questione ancora in sospeso**



**ROBERTO ROMIZI**  
Presidente ISDE Italia

Per corrispondenza:  
isde@isde.it

## ■ Introduzione

Il 25-31 Ottobre 2020 si è svolta la *International Lead Poisoning Prevention Week* del WHO. L'OMS con la sua iniziativa si poneva l'obiettivo di attirare l'attenzione sugli impatti sulla salute dell'esposizione al piombo, evidenziare gli sforzi dei paesi e dei partner per prevenire l'esposizione al piombo nell'infanzia e accelerare gli sforzi per eliminare gradualmente l'uso del piombo dalle vernici. Ricordiamo che il piombo è un metallo tossico il cui uso diffuso ha causato una vasta contaminazione ambientale e problemi di salute in molte parti del mondo. È un tossico cumulativo che colpisce più sistemi corporei, inclusi i sistemi neurologico, ematologico, gastrointestinale, cardiovascolare e renale. Anche se a livello globale sono ampiamente riconosciuti gli effetti dannosi del piombo e molti paesi hanno preso provvedimenti per limitarne la portata, l'esposizione al piombo, in particolare durante l'infanzia, rimane una preoccupazione importante a livello sanitario in tutto il mondo.

ISDE Italia ritenendo importante aderire alla iniziativa internazionale dell'OMS ha promosso un webinar dal titolo "Inquinamento da piombo: problematiche ambientali e rischio per la salute umana, una questione ancora in sospeso." È stata un'occasione di confronto tra esperti di varie discipline che ha permesso di evidenziare che anche paesi in condizioni socio-economiche elevate, come l'Italia, non sono esenti da problemi legati alla esposizione al piombo.

Da un lato per la diffusa contaminazione di aria, polvere, suolo (legata alle attività industriali e al degrado ambientale) e dell'acqua (acqua potabile erogata da tubi di piombo o tubi uniti con saldature al piombo), dall'altra per la presenza del piombo in vari prodotti di uso comune tra cui alimenti, giocattoli e bigiotteria giocattolo, smalti ceramici, spezie e erbe aromatiche non adeguatamente controllate, munizioni (aree contaminate dalla caccia), etc. Un aspetto poco studiato ma potenzialmente foriero di esposizioni al piombo, anche nei bambini italiani, è quello relativo alle discariche abusive contenenti rifiuti elettrici ed elettronici (RAEE). Anche nel nostro paese i bambini in condizioni di disagio socioeconomico sono colpiti in maniera sproporzionata dall'esposizione al piombo. Questo numero monografico si propone di riprendere gli spunti di riflessione emersi durante l'iniziativa ISDE Italia per la *International Lead Poisoning Prevention Week* e di allargare il dibattito e la riflessione sui pericoli legati all'esposizione dei bambini a questa sostanza tossica e sulle misure di prevenzione primaria che dovrebbero essere implementate quanto prima.

Una riflessione merita anche il fatto che paesi sviluppati come il nostro concorrono a contaminare i paesi più poveri con materiali non riciclati e smaltiti inadeguatamente. Sono i bambini e le gravide di quei paesi a subire le conseguenze negative sulla salute legate alla nostra incapacità di moderare gli acquisti, ridurre la quantità dei rifiuti generati e di applicare i principi dell'economia circolare.

## programma

### Perché l'OMS mantiene il piombo tra le dieci sostanze chimiche più preoccupanti

Maria Neira, *Direttrice Dipartimento di Sanità Pubblica & Determinanti Ambientali e Sociali dell'OMS*

### Assorbimento del piombo nei bambini: e-waste, altre fonti di esposizione e fattori di rischio specifici per l'età

Vitalia Murgia, *Giunta esecutiva ISDE Italia*

### Esposizione a piombo attraverso le acque rispetto a possibili pericoli per la salute umana, analisi di rischio e azioni di prevenzione

Luca Lucentini, *Direttore del reparto Qualità dell'acqua e salute Istituto Superiore di Sanità*

### Esposizione al piombo attraverso la catena alimentare e strategia di prevenzione

Renata Alleva, *comitato scientifico ISDE Italia*

### Esposizione al piombo e i disturbi del neurosviluppo

Giovanni Ghirga, *comitato scientifico ISDE Italia*

### La prevenzione di precisione dell'intossicazione da piombo, identificare le fonti e quantificare la gravità dell'esposizione

Giovanni Leonardi, *Head, Environmental Epidemiology Group, UK Health Security Agency;*

Paolo Lauriola, *Coordinatore Gruppo di lavoro RIMSA (ISDE Italia)*

### Il piombo immesso in atmosfera e nell'ambiente dal trasporto aereo

Antonella Litta, *referente ISDE Italia per l'inquinamento da trasporto aereo*  
Giuseppina Ranalli, *esperta di inquinamento ambientale da trasporto aereo*

**Moderatore:** Agostino Di Ciaula, *presidente Comitato Scientifico ISDE*

## Fonti di esposizione al piombo nei bambini, assorbimento e fattori di rischio specifici per l'età, necessità di prevenzione primaria.

### Riassunto

L'avvelenamento da piombo nell'infanzia è una delle principali preoccupazioni per la salute pubblica in molti paesi. Il piombo è onnipresente, nell'aria, nella polvere, nel suolo e nell'acqua. È anche ampiamente presente in prodotti industriali, tra cui benzina, vernici, ceramiche, lattine per alimenti, caramelle, cosmetici, rimedi tradizionali, batterie, saldature, vetri colorati, recipienti di cristallo, munizioni, smalti ceramici, gioielli e giocattoli; lo si trova anche nel latte materno. Un'esposizione al piombo di basso livello con concentrazioni di piombo nel sangue inferiori a 5 µg/dL (50 ppb), è associata a ridotte capacità intellettuali e accademiche, tassi più elevati di disturbi neurocomportamentali come iperattività e deficit di attenzione e peso alla nascita inferiore in bambini. In Italia, vivere in aree gravate da forte contaminazione industriale è una condizione di rischio seria per danni da piombo, così come lo è vivere in aree degradate e in vicinanza di discariche abusive. Gli alimenti contaminati da piombo sono una fonte importante di contaminazione in Europa e in Italia per bambini e adulti. Vivere in condizioni socioeconomiche disagiate facilita la contaminazione da piombo e ne aggrava gli esiti. Non esiste alcun trattamento efficace per migliorare gli effetti permanenti sullo sviluppo della tossicità da piombo e non esiste un livello di piombo nel sangue sicuro! Perciò, la prevenzione primaria è la misura più affidabile ed economica per proteggere i bambini dalla tossicità del piombo. La riduzione dell'esposizione al piombo da rischi residenziali, da fonti industriali, alimenti o acqua contaminati e altri prodotti di consumo è un modo efficace per prevenire o controllare l'esposizione al piombo nei bambini.

**Parole chiave:** Piombo, esposizione, neurotossicità, e-waste, condizioni socioeconomiche, prevenzione primaria

### Abstract

*Lead poisoning in childhood is a major public health concern in many countries. Lead is omnipresent in the air, dust, soil and water. It is also widely found in industrial products, including gasoline, paints, ceramics, food cans, candy, cosmetics, traditional remedies, batteries, solder, stained glass, crystal vessels, ammunition, ceramic glazes, jewelry, and toys; it is also found in breast milk. Low-level lead exposure with blood lead concentrations below 5 µg / dL (50 ppb) is associated with reduced intellectual and academic skills, higher rates of neurobehavioral disorders such as hyperactivity and attention deficit disorder, and low birth weight. Living in areas burdened by heavy industrial contamination is a serious risk condition for lead exposure, as is living in degraded areas and in the vicinity of illegal landfills. Lead-contaminated food is an important source of contamination in Europe and Italy for children and adults. Living in poor socio-economic conditions facilitates lead contamination and aggravates its outcomes. No effective treatments ameliorate the permanent developmental effects of lead toxicity. The key to preventing lead toxicity in children is primary prevention that is to say identification and elimination of the major sources of lead exposure. Reducing or eliminating the myriad sources of lead in the environment of children before exposure occurs, is the most reliable and cost-effective measure to protect children from lead toxicity.*

**Keyword:** Lead, exposure, neurotoxicity, e-waste, socio-economic conditions, primary prevention

VITALIA MURGIA,  
Pediatra, ISDE Italia

Per corrispondenza:  
vitalia.murgia@vitmur.net

## ■ Introduzione

L'avvelenamento da piombo infantile è un grave problema di salute pubblica in molti paesi in quanto può comportare gravi conseguenze per la salute. Sono centinaia di milioni globalmente i bambini che vengono avvelenati dal piombo, e l'OMS sostiene che un livello sicuro di esposizione al piombo non esiste.

Alcuni di questi bambini vivono in comunità economicamente svantaggiate all'interno di paesi ricchi, mentre la stragrande maggioranza vive in paesi poveri. I bambini sono esposti al piombo attraverso molteplici vie. Un report di Unicef e Pure Earth (The toxic truth) riporta che circa 1 bambino su 3 - fino a 800 milioni a livello globale - ha livelli di piombo nel sangue pari o superiori a 5 microgrammi per decilitro ( $\mu\text{g}/\text{dL}$ ); un livello che l'Organizzazione Mondiale della Sanità e i Centri statunitensi per il controllo e la prevenzione delle malattie (CDC) ritengono richieda interventi di prevenzione globali e regionali<sup>1</sup>.

I bambini, soprattutto quelli delle fasce socio-economiche più deboli, sono esposti a un pericolo gravissimo; spesso senza esserne consapevoli e con conseguenze che gli cambiano la vita, crescono inalando polvere e fumi provenienti da operazioni informali di riciclaggio di batterie al piombo usate e fonderie all'aperto, mangiando cibo contaminato da ceramiche smaltate al piombo, vivendo in case con la vernice al piombo scrostata, giocando e persino lavorando in discariche di rifiuti elettronici ricoperte di piombo<sup>2</sup>.

È stato dimostrato che anche livelli relativamente bassi di esposizione al piombo, precedentemente considerati "sicuri", danneggiano la salute dei bambini e compromettono il loro sviluppo cognitivo. Il piombo è una potente neurotossina che, anche con un'esposizione di basso livello, è associata a una riduzione dei punteggi del QI, a tempi di attenzione ridotti e a comportamenti potenzialmente violenti e persino criminali più avanti nella vita.

I bambini di età inferiore ai 5 anni corrono il rischio maggiore di subire danni neurologici, cognitivi e fisici per tutta la vita e persino la morte per avvelenamento da piombo. Anche i bambini più grandi e gli adulti subiscono gravi conseguenze a causa dell'esposizione prolungata al piombo nel cibo, nell'acqua e nell'aria che respirano, compreso un aumento del rischio di morte cardiovascolare e danni ai reni nelle età successive. Dal 2007 al 2010, circa il 2,6% dei bambini in età prescolare negli Stati Uniti aveva una concentrazione di piombo nel sangue  $\geq 5 \mu\text{g}/\text{dL}$  ( $\geq 50 \text{ ppb}$ ), nell'insieme circa 535.000 bambini statunitensi da 1 a 5 anni<sup>3</sup>. In Italia, secondo il report Unicef già citato, ci sarebbero 160.862 (da 98.027 a 269.585) bambini con un livello di piombo ematico  $\geq 5 \mu\text{g}/\text{dL}$  e circa altri 20.963 con valori  $\geq 10 \mu\text{g}/\text{dL}$ .

Aumenti di basso livello nelle concentrazioni di piombo nel sangue dei bambini, anche a concentrazioni inferiori a  $5 \mu\text{g}/\text{dL}$  (50 ppb), possono provocare decrementi nelle funzioni cognitive, come misurato dai punteggi del QI e dai risultati accademici. Un aumento della concentra-

zione di piombo nel sangue da  $<1 \mu\text{g}/\text{dL}$  ( $<10 \text{ ppb}$ ) a  $10 \mu\text{g}/\text{dL}$  (100 ppb) porta a un decremento di 6,2 punti di QI<sup>3</sup>. Bassi livelli di QI minano il potenziale futuro dei bambini e diminuiscono le loro prospettive. Il declino cognitivo diffuso in un gran numero di persone in una città o in un paese si traduce in un calo della produttività creativa ed economica nell'intera società.

Anche la delinquenza giovanile, la violenza e la criminalità sono state associate all'esposizione al piombo in età prescolare. Per contro, la diminuzione dei livelli medi di piombo nel sangue nei bambini in età prescolare da oltre  $10 \mu\text{g}/\text{dL}$  a meno di  $5 \mu\text{g}/\text{dL}$  è stata collegata a riduzioni significative dei tassi di criminalità, con un calo fino al 50% dei tassi di arresto minorile per crimini violenti e contro la proprietà<sup>2</sup>. Oltre 900.000 morti premature ogni anno sono attribuite all'esposizione al piombo (UNICEF).

Il problema dell'intossicazione da piombo è così importante che l'OMS gli ha dedicato dal 24 al 30 ottobre 2021 la International Lead Poisoning Prevention Week, con l'obiettivo di attirare l'attenzione mondiale sugli impatti sulla salute dell'esposizione al piombo, evidenziare quanto fatto dai paesi e dai partner per prevenire l'esposizione al piombo nell'infanzia.

Nel prosieguo del testo verranno analizzate in linea generale le principali fonti di esposizione al piombo nei bambini - rimandando per alcune di queste ai contributi specifici presenti in questo stesso numero della rivista - si parlerà inoltre delle modalità di assorbimento, dei fattori di rischio specifici per l'età e della assoluta necessità di interventi di prevenzione primaria

## ■ Possibili fonti di esposizione al piombo e avvelenamento nei bambini

Le fonti di esposizione al Pb dipendono principalmente dall'ambiente e sono molto varie. L'esposizione dei bambini di madri che sono state esposte sul lavoro, ad esempio, può avvenire attraverso la placenta in utero e attraverso il latte materno. È noto che anche le abitazioni in luoghi geografici, come miniere e fonderie, siti industriali e discariche, provocano aumenti significativi dei livelli di piombo nel sangue (BLL) nei bambini. Un altro determinante chiave che aumenta la probabilità di esposizione precoce al Pb è lo stato socioeconomico. Il piombo è un metallo tossico naturale che si trova nella crosta terrestre. Il suo uso diffuso ha provocato ampia contaminazione ambientale, esposizione umana e significativi problemi di salute pubblica in molte parti del mondo. Si ritrova nell'aria, nella polvere, nel suolo e nell'acqua. L'acqua potabile erogata attraverso tubi di piombo o tubi uniti con saldatura al piombo può contenere piombo<sup>4</sup>. È anche ampiamente presente in vari prodotti industriali, vernici, tinte, ceramiche, lattine per alimenti, caramelle, bigiotteria, giocattoli, cosmetici, batterie, saldature, vetrate, recipienti di cristallo, munizioni, smalti ceramici, spezie e erbe aromatiche. In un caso italiano recentemente segnalato l'unica fonte espositiva era rappresentata dalle pentole usate in cucina<sup>5</sup>. Il piombo si trova anche nel latte materno. Le

persone possono essere esposte al piombo attraverso fonti professionali e ambientali: per inalazione di particelle di piombo generate dalla combustione di materiali contenenti piombo, ad esempio durante la fusione, il riciclaggio, la rimozione della vernice al piombo e l'utilizzo di carburante per aviazione con piombo; e per l'ingestione di polvere contaminata da piombo, acqua (da tubi piombati) e cibo (da contenitori smaltati o saldati al piombo) e molto altro. Negli Stati Uniti, la vernice contenente piombo nelle vecchie case è una delle principali fonti di esposizione al piombo o di avvelenamento nei bambini. In molti paesi industrializzati, inclusa la Cina, fonderie, raffinerie, miniere, contaminazione del suolo e uso di benzina al piombo sono importanti fonti di esposizione.

Anche se in Italia vernici e tinte al piombo sono vietate da molti decenni è possibile che abitazioni datate, con infissi vecchi e pareti tinteggiate per stratificazioni successive, possano ancora avere piombo nella vernice delle finestre e nella tinta delle pareti. Questo rischio è tanto più grave se le abitazioni sono vecchie e fatiscenti e la vernice delle finestre è danneggiata.

Un altro rischio importante è quello che deriva dalla esposizione a lungo termine ai cibi. Un parere dell'EFSA sul piombo negli alimenti nel marzo 2010, affermava che "È probabile che l'esposizione non alimentare al piombo sia di minore importanza per la popolazione generale nell'Unione Europea (UE) rispetto all'esposizione alimentare," e che nelle donne in gravidanza, nei neonati e nei bambini, esiste una potenziale preoccupazione per gli effetti sul neurosviluppo per gli attuali livelli di esposizione al piombo con gli alimenti<sup>6</sup>.

Un recente studio italiano condotto nel Nord Italia ha riscontrato che i principali contributi alimentari provengono da verdure, cereali e bevande, in particolare vino. Gli alimenti con i livelli di piombo più elevati comprendono dolci senza cioccolato (48,7 µg/kg), verdure a foglia (39,0 µg/kg) e altre verdure (42,2 µg/kg), crostacei e molluschi (39,0 µg/kg)<sup>7</sup>.

I Centers for Disease Control and Prevention (CDC) segnalano anche che alcuni giocattoli, in particolare quelli importati, i giocattoli antichi e i gioielli giocattolo, possono contenere piombo<sup>8</sup>.

Giocattoli e bigiotteria di produzione estera rappresentano un pericolo di esposizione al piombo o altre sostanze tossiche anche per i bambini italiani.

## ■ E-waste e rischio di esposizione al piombo

Di recente, l'OMS ha dedicato il fascicolo "Children and digital dumpsites: e-waste exposure and child health"<sup>9</sup> a un'altra fonte di esposizione al piombo rappresentata dai rifiuti elettrici ed elettronici (RAEE). Questa denominazione include dispositivi elettronici scartati come computer, televisori, telefoni cellulari, tablet e altri registratori video e vocali, nonché elettrodomestici, sia pesanti che leggeri.

I rifiuti elettronici sono in gran parte generati localmente nei paesi a basso e medio reddito - nell'est e nel sud-est asiatico il volume di rifiuti elettronici è aumentato

del 63% tra il 2010 e il 2015 – purtroppo però continuano anche a essere spediti all'estero, nei paesi più poveri, anche i rifiuti digitali dei paesi a medio-elevato reddito per eludere le norme sul riciclaggio domestico. Spesso, le RAEE possono essere spedite alle nazioni riceventi come "apparecchiature di seconda mano", tentando così di evitare il controllo delle due principali convenzioni globali sul trasporto transfrontaliero e lo smaltimento sicuro di sostanze chimiche pericolose e rifiuti: la Convenzione di Basilea sul controllo dei movimenti transfrontalieri di rifiuti pericolosi e del loro smaltimento e la Convenzione di Stoccolma sugli inquinanti organici persistenti. Secondo le regole della Convenzione di Basilea, tale commercio può costituire un potenziale caso di movimento illegale di rifiuti pericolosi<sup>9</sup>.

L'aumento progressivo della quantità di rifiuti elettronici prodotti combinato con una gestione e uno smaltimento inefficaci dei rifiuti, sta innescando una crisi di rischi sanitari legati ai rifiuti elettronici a cui sono esposti milioni di bambini, così come le donne in età fertile. I bambini e le donne che lavorano nell'industria informale del riciclaggio dei rifiuti elettronici o che vivono nelle comunità vicine sono tra i soggetti più a rischio di esposizione a sostanze chimiche pericolose. Circa 73 milioni di bambini in tutto il mondo sono impiegati in lavori pericolosi, con un numero ancora imprecisato nel settore del riciclaggio informale dei rifiuti.

Le sostanze chimiche più importanti rilevate nei processi di riciclaggio dei rifiuti elettronici appartengono al gruppo di 10 sostanze chimiche indicate dall'OMS come di maggiore preoccupazione per la salute pubblica. Questi sono metalli pesanti come piombo, cadmio e mercurio; inquinanti organici persistenti come le diossine; le particelle fini (PM<sub>2,5</sub>) e altri inquinanti atmosferici emessi dalla combustione dei rifiuti elettronici.

## ■ Il fenomeno dell'e-waste in Europa e Italia

Secondo The Global E-waste Monitor 2020<sup>10</sup> nel 2019 la maggior parte dei rifiuti elettronici è stata generata in Asia (24,9 Mt), mentre il continente che ne ha generato di più in kg pro-capite è l'Europa (16,2 kg pro-capite) e l'Italia contribuisce con 17,5 kg pro-capite. L'Europa è anche il continente con il più alto tasso documentato di raccolta e riciclaggio di rifiuti elettronici ufficiali (42,5%). Dal Rapporto annuale 2019 del Centro di Coordinamento RAEE risulta che esistono in Italia 5.196 punti di raccolta delle apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE) a fine vita. I Sistemi Collettivi nel 2020 hanno ritirato e avviato a corretto smaltimento 365.897 tonnellate di RAEE, in crescita del +6,35% rispetto al 2019; il dato corrisponde a una raccolta pro capite di 6,14 kg, a fronte di un consumo pari a 17,5 kg pro capite. I risultati non sono uniformi sull'intero territorio nazionale. Il Nord si rivela ancora una volta più virtuoso nel riciclo dei RAEE come nei rapporti precedenti<sup>11</sup>.

Per quanto sia improbabile immaginare che il problema del lavoro femminile e minorile nel recupero dei materiali dal e-waste possa riguardare l'Italia, non dobbiamo

dimenticare che i materiali non riciclati adeguatamente nel nostro paese finiscono all'estero in paesi più poveri e che sono i bambini di quei paesi a subire le conseguenze negative sulla salute legate al nostro consumo sfrenato. Il traffico illegale di RAEE è mantenuto in vita soprattutto da organizzazioni criminali che, indirettamente o direttamente, si avvalgono dei servizi di Comuni, produttori e raccoglitori certificati per reperire i materiali<sup>12</sup>. Il rapporto "Holes in the Circular Economy WEEE Leakage from Europe"<sup>13</sup> riferisce che il Basel Action Network (BAN) al fine di determinare il tasso e i flussi di "dispersione" dall'Unione Europea di RAEE generati dai consumatori, ha distribuito apparecchiature elettroniche usate, dotate di localizzatori GPS nascosti, presso destinazioni di riciclaggio dei consumatori in 10 paesi rappresentativi dell'Unione Europea.

Dell'Italia vengono citati due esempi: un ecocentro di Pianiga, vicino a Venezia, e uno di un'azienda non identificata del milanese. Grazie ai microchip impiantati all'interno di due lotti di RAEE è stato possibile per i ricercatori rintracciare queste apparecchiature, dopo alcuni mesi, rispettivamente in discariche in Ghana e in Nigeria.

Un aspetto preoccupante per l'Italia e per le fasce della popolazione socio-economicamente più deboli è quello delle discariche abusive. Sono numerose le discariche abusive a Roma ma anche in Emilia, in Veneto e in molte altre parti di Italia. Un esempio della serietà del fenomeno è la mappa di Legambiente Lazio "1.000 DISCARICHE A ROMA". Realizzata dai volontari di Legambiente Lazio e alcuni circoli romani, propone 1.000 foto, scattate tutte nello scorso marzo e geolocalizzate con Google Maps. Queste le tipologie di rifiuti individuati: 18% RAEE, 14,8% mobili, 20,4% divani e materassi, 22% scarti da lavori edili (calcinacci e sanitari), 6% pneumatici. Altissima la concentrazione nelle periferie, su piccole o grandi traverse delle consolari, a ridosso del GRA o su parcheggi più o meno nascosti<sup>14</sup>.

Esiste, quindi, anche in Italia il rischio di bambini e donne in gravidanza che possano venire in contatto con piombo emesso da rifiuti in discariche e questo riguarda chiaramente le fasce di popolazione più svantaggiate.

### ■ Il rischio di vivere vicino a siti industriali e aree contaminate

Un rischio di maggiore esposizione al piombo è rappresentato anche dall'area di residenza. È stato dimostrato che l'esposizione al piombo e la distanza dalle emissioni industriali sono associate a impatti cognitivi negativi nei bambini di famiglie socialmente disagiate residenti in aree di Taranto fortemente inquinate<sup>15</sup>.

I risultati dello studio dimostrano che quando lo stato socioeconomico è basso, l'esposizione al piombo ha un effetto negativo sullo sviluppo neurocognitivo anche a livelli molto bassi di concentrazione ematica di piombo. In pratica, lo stato socioeconomico scadente, l'ambiente domestico e familiare sfavorevole possono aumentare la tossicità sullo sviluppo neurologico dovuta all'esposizione chimica. Considerando che le famiglie in

condizioni socioeconomiche svantaggiate sono generalmente maggiormente presenti nelle aree a elevato impatto ambientale, la combinazione di questi due fattori sembra avere effetti devastanti proprio sulle fasce di popolazione più deboli. Un altro studio più recente ha valutato l'effetto neurocomportamentale dell'esposizione ad alcuni elementi, tra cui Pb, Hg, Cd, Mn, As e Se, in bambini di età compresa tra 6 e 11 anni residenti nell'area fortemente inquinata di Taranto, prendendo in considerazione anche le interazioni tra i vari elementi. I risultati hanno mostrato che Pb e As, e la loro interazione, sono importanti fattori di rischio nell'aumentare la probabilità di problemi neurocomportamentali tra i bambini residenti nella provincia di Taranto. È stata trovata un'associazione positiva significativa tra Pb nel sangue e problemi sociali e scale di comportamento aggressivo, mentre i livelli di Arsenico urinari hanno un impatto maggiore sulla depressione ansiosa, sui disturbi somatici, sui problemi di attenzione e sulle scale di comportamento che analizzano l'infrazione delle regole<sup>16</sup>.

È importante osservare che lo studio dimostra che la concentrazione di metalli pesanti decresce all'aumentare della distanza dal sito industriale e che concentrazioni più elevate di Pb o As sono associate a maggiori problemi neurocomportamentali. Dallo studio emerge anche come le interazioni tra differenti inquinanti possono amplificare gli effetti dell'esposizione e quindi come sia assolutamente "non protettivo" continuare a definire limiti di sicurezza per singole sostanze senza prendere in considerazione quanto i rischi possano essere amplificati dalle miscele di sostanze tossiche presenti nell'ambiente.

### ■ Esposizione e assorbimento

L'ingestione è la principale via di esposizione al piombo per la popolazione generale, l'inalazione lo è invece in ambiente lavorativo. L'assorbimento cutaneo è generalmente piuttosto basso.

L'entità di assorbimento del piombo dipende da diversi fattori quali la dimensione della particella di piombo, la via di esposizione; l'età al momento dell'esposizione; lo stato nutrizionale e la vicinanza al pasto; lo stato di salute; le dimensioni dell'individuo esposto<sup>17</sup>.

Il piombo assorbito viene distribuito dal sangue ai tessuti molli e all'osso dove si accumula. Tra il 30-50% del piombo inalato si deposita nei polmoni: le particelle più piccole hanno tassi di deposizione e assorbimento più elevati. L'emivita del piombo è di 20-40 giorni nel sangue e nei tessuti molli e di 10-30 anni nelle ossa<sup>18</sup>.

Circa il 95% di piombo negli adulti e circa il 70% del piombo nei bambini, risiede nei tessuti mineralizzati come ossa e denti.

Il piombo depositato nell'osso adulto può fungere da fonte di trasferimento al feto quando l'osso materno viene riassorbito per la produzione dello scheletro fetale.

La principale via di escrezione del piombo è attraverso la clearance renale; altri percorsi come il sudore, la sali-

va, i capelli e le unghie, sono in confronto trascurabili. I meccanismi mediante i quali il piombo inorganico viene escreto nelle urine non sono stati completamente caratterizzati<sup>19</sup>.

La carenza di ferro è associata a un aumento da quattro a cinque volte del rischio basale di tossicità da piombo. Il piombo e il ferro sono assorbiti dallo stesso trasportatore nel tratto gastrointestinale; l'attività del trasportatore viene aumentata da una condizione di carenza di ferro cosa che provoca l'assorbimento di una maggiore quantità del piombo ingerito<sup>20</sup>.

### ■ **Gravidanza: una finestra di suscettibilità che lascia il segno per il futuro**

L'esposizione al piombo può essere particolarmente dannosa durante la gravidanza, lo sviluppo fetale e la prima infanzia. È ampiamente riconosciuto che il piombo viene trasmesso dalla madre al feto attraverso la placenta e uno studio sugli animali ha scoperto che i livelli di piombo nel sangue materno e fetale erano "quasi identici"<sup>21</sup>. Il piombo attraversa liberamente la placenta ed esiste una forte correlazione tra i livelli di piombo nel sangue materno e nel cordone ombelicale. In effetti, il livello di piombo nel sangue fetale può essere anche maggiore del livello di piombo materno. Il piombo attraversa la placenta già a partire dalla 12<sup>a</sup> settimana (sebbene non ci siano prove che non lo faccia prima) e si accumula nell'osso fetale. La concentrazione di piombo nel sangue cordonale può essere l'85-90% del livello nel sangue materno, con potenziale rischio per il feto. Le evidenze disponibili suggeriscono che l'esposizione cronica al piombo durante la gravidanza è associata a esiti avversi tra cui aborto spontaneo, parto prematuro, ritardo della crescita fetale, ritardo dello sviluppo neurologico e ipertensione materna. Livelli di piombo nel sangue (BLL) materni più elevati sono associati a un aumento delle nascite pretermine, alla riduzione del peso alla nascita e alla riduzione della circonferenza cranica. Vi è un rischio doppio di nascite pretermine nelle donne con un BLL superiore a 5 µg/dL. Gli effetti più critici della tossicità del piombo si verificano nei bambini esposti durante lo sviluppo fetale e/o postnatale. Maggiore è la concentrazione materna di piombo, maggiore è il rischio di effetti negativi sullo sviluppo neurologico nel bambino.

### ■ **Fattori di rischio specifici per i bambini**

I bambini di età inferiore ai cinque anni sono maggiormente a rischio di avvelenamento da piombo. Per le caratteristiche del loro metabolismo i bambini sono più pesantemente esposti alle tossine in proporzione al loro peso corporeo. Nei primi 4-5 anni di vita respirano più aria, bevono più acqua e consumano più cibo per unità di peso corporeo rispetto agli adulti, e quindi sono esposti a tassi più elevati di patogeni e sostanze inquinanti. Inoltre, hanno più anni di vita davanti a loro in cui possono subire effetti a lungo termine dovuti all'esposizione precoce.

I livelli ematici di piombo possono aumentare rapida-

mente tra i sei e i 12 mesi e spesso raggiungere il picco tra i 18 e i 36 mesi. I bambini di questa età sono maggiormente a rischio di tossicità e di subire effetti negativi a causa della rapida crescita e dei processi di neurosviluppo che avvengono durante questo periodo. Ci sono una serie di fattori responsabili di questa suscettibilità al piombo. In primo luogo, i bambini hanno un maggiore assorbimento gastrointestinale di Pb: negli adulti viene assorbito circa il 5-15% del piombo ingerito (fino al 45% a digiuno), nei bambini fino al 53%. In secondo luogo, hanno comportamenti e attività (come portare gli oggetti alla bocca, lo stare fisicamente più vicini al suolo) che aumentano la probabilità di esposizione al Pb dal suolo e dalla polvere contaminati. Inoltre, i bambini hanno un tasso metabolico più elevato e un maggiore rapporto superficie/peso rispetto agli adulti, una immaturità dei sistemi e organi e una rapida crescita e sviluppo di organi e tessuti come ossa e cervello. Il sistema nervoso immaturo dei bambini è particolarmente vulnerabile alla tossicità del Pb anche a causa dello sviluppo incompleto della barriera ematoencefalica (BBB)<sup>22</sup>. I fenomeni del neurosviluppo di divisione cellulare, migrazione, sinaptogenesi, di potatura delle sinapsi e formazione di interazioni neuronale-gliali si verificano durante periodi critici nel feto e nella prima infanzia e il Pb può sopprimere tutti questi processi. Va notato che la neurotossicità del Pb è esacerbata dalla concomitante esposizione ad altri neurotossici<sup>23</sup>.

L'esposizione in utero al piombo può influenzare negativamente lo sviluppo neurologico del bambino, indipendentemente dal livello di piombo nel sangue postnatale. Senza limiti di sicurezza per il livello di piombo nel sangue, è imperativo ridurre rigorosamente la quantità di piombo nell'ambiente per i bambini piccoli e per quelli non ancora nati<sup>24</sup>.

### ■ **Importanza della prevenzione primaria**

La chiave per prevenire la tossicità del piombo nei bambini è l'identificazione e l'eliminazione delle principali fonti di esposizione a questa sostanza. Visti i danni irreversibili causati anche da bassissime dosi di piombo nel sangue, la prevenzione primaria dell'esposizione è ora ampiamente riconosciuta come la strategia ottimale. La necessità di interventi di prevenzione primaria è evidente se si pensa che l'accumulo del piombo avviene precocemente (già in età fetale), che non esistono livelli soglia di piombo nel sangue che permettano di escludere il rischio di danno ed infine che nessun trattamento si è dimostrato efficace nel migliorare gli effetti negativi permanenti sullo sviluppo della tossicità del piombo.

Secondo l'American Academy of Pediatrics (AAP), troppo spesso le pratiche e le politiche di prevenzione si sono basate principalmente sul rilevamento dell'esposizione al piombo e solo dopo che i bambini hanno sviluppato concentrazioni di piombo nel sangue elevate. Gli esperti dell'AAP ci dicono che se l'obiettivo è solo la riduzione delle esposizioni per i bambini che hanno una concentrazione di piombo nel sangue  $\geq 5$  µg/dL

( $\geq 50$  ppb) (attuale livello ematico soglia), non si riuscirà a preservare più di 20 milioni ( $>80\%$  del totale) dei 23 milioni punti di QI persi tra i bambini statunitensi con una minore esposizione al piombo. In questo senso parlano di “Paradosso della prevenzione” intendendo che la maggior parte dei punti di QI persi a causa dell’esposizione al piombo si verificano nei bambini con livelli di piombo nel sangue da bassi a moderati. Utilizzando l’attuale valore di riferimento di  $5 \mu\text{g}/\text{dL}$ , si riuscirà a prevenire 3.1 milioni di punti di QI che rappresentano solo circa il 13% del totale dei punti persi.

Incoraggia agli interventi di prevenzione primaria, il fatto che l’eliminazione graduale della benzina con piombo nella maggior parte dei paesi, insieme ad altre misure di controllo del piombo, ha portato a un calo significativo delle concentrazioni di piombo nel sangue a livello di popolazione. A partire da luglio 2021, nessun paese del mondo vende più carburante con piombo per auto e camion. Il segretario generale dell’ONU Antonio Guterres ha affermato che la fine dell’uso della benzina con piombo eviterà più di un milione di morti premature ogni anno per malattie cardiache, ictus e cancro”, e inoltre proteggerà i bambini il cui QI è danneggiato dall’esposizione al piombo<sup>25</sup>.

Tuttavia, è necessario impegnarsi di più per eliminare gradualmente la vernice al piombo: finora, solo il 41% dei paesi ha introdotto controlli legalmente vincolanti sulla vernice al piombo<sup>4</sup>.

Alcune delle azioni di prevenzione primaria che è imperativo realizzare sono rappresentate nella Figura 1.

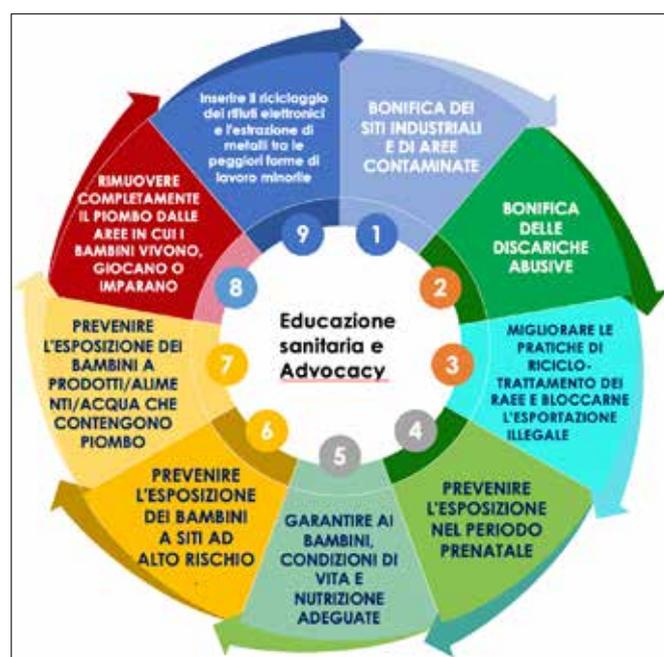
In estrema sintesi è possibile dire che in ogni paese, è indispensabile identificare e eliminare le principali fonti di esposizione al piombo bonificando i siti industriali, le aree contaminate e le discariche abusive; miglioran-

do le pratiche di riciclo-trattamento dei RAEE e bloccandone l’esportazione illegale (prevenire più efficacemente il movimento transfrontaliero illegale). Occorre garantire ai bambini condizioni di vita e nutrizione adeguate; prevenire l’esposizione al piombo nel periodo prenatale, l’esposizione dei bambini a siti ad alto rischio e a prodotti/alimenti/acqua che contengono piombo; rimuovere completamente il piombo dalle aree in cui i bambini vivono, giocano o imparano. Molti bambini che vivono in alloggi più vecchi e mal tenuti o in alloggi più vecchi che subiscono lavori di ristrutturazione sono ad alto rischio di esposizione al piombo; purtroppo, condizioni socio-economiche disagiate aumentano il rischio di effetti negativi del piombo sullo sviluppo neurocognitivo. Ai medici e ai pediatri spetta anche il compito di impegnarsi in azioni di advocacy per favorire azioni e politiche di prevenzione primaria e per inserire il riciclaggio dei rifiuti elettronici e l’estrazione di metalli tra le peggiori forme di lavoro minorile.

La prevenzione primaria non deve farci dimenticare l’attenzione alla identificazione dei bambini a maggior rischio di esposizione. Una particolare attenzione in questo senso andrebbe dedicata ai bambini con fattori di rischio identificabili noti per un’eccessiva esposizione al piombo, tra cui quelli di età compresa tra 1 e 2 anni che vivono in abitazioni vecchie e mal tenute; bambini che vivono nelle vicinanze di siti industriali o di discariche; immigrati da paesi in cui l’avvelenamento da piombo è prevalente; bambini con carenza di ferro; bambini con ritardo dello sviluppo con disturbo da pica; vittime di abbandono e bambini di famiglie a basso reddito; ed infine bambini esposti in maniera persistente a rimedi popolari contenenti piombo<sup>24</sup>.

## ■ Conclusioni

L’avvelenamento da piombo nell’infanzia è una delle principali preoccupazioni per la salute pubblica in molti paesi. Il piombo è ubiquitario e le fonti di contaminazione anche nei paesi a livello socioeconomico elevato non mancano. Concentrazioni di piombo nel sangue inferiori a  $5 \mu\text{g}/\text{dL}$  (50 ppb), sono un fattore di rischio causale di ridotte capacità intellettuali e tassi più elevati di disturbi neurocomportamentali e del comportamento. Il danno è precoce, progressivo e senza possibilità di cura. Vivere in aree gravate da forte contaminazione industriale è una condizione di rischio seria per danni da piombo, così come lo è vivere in condizioni socioeconomiche svantaggiate e in aree degradate. Gli alimenti contaminati possono rappresentare una fonte importante di contaminazione in Europa e in Italia. Vista la precocità del danno, l’assenza sia di una soglia di sicurezza sia di trattamenti efficaci per migliorare gli effetti permanenti sullo sviluppo della tossicità da piombo, la prevenzione primaria cioè, la riduzione o l’eliminazione della miriade di fonti di esposizione al piombo nell’ambiente in cui vivono i bambini è la misura più affidabile ed economica per proteggere i bambini dalla tossicità del piombo.



**Figura 1:** Misure di prevenzione e controllo fondamentali per prevenire l’intossicazione da piombo nei bambini

## Bibliografia

1. <https://www.unicef.org/reports/toxic-truth-childrens-exposure-to-lead-pollution-2020>
2. The toxic truth Children's exposure to lead pollution undermines a generation of future potential. UNICEF <https://www.unicef.org/media/109361/file/The%20toxic%20truth.pdf> <https://www.unicef.org/reports/toxic-truth-childrens-exposure-to-lead-pollution-2020>
3. COUNCIL ON ENVIRONMENTAL HEALTH. Prevention of Childhood Lead Toxicity. *Pediatrics*. 2016 Jul;138(1):e20161493. doi: 10.1542/peds.2016-1493. Epub 2016 Jun 20. Erratum in: *Pediatrics*. 2017 Aug;140(2): Erratum in: *Pediatrics*. 2020 Jun;
4. Lead poisoning. WHO October 2021. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
5. Nicolli A, Mina GG, De Nuzzo D, Bortoletti I, Gambalunga A, Martinelli A, Pasqualato F, Cacciavillani M, Carrieri M, Trevisan A. Unusual Domestic Source of Lead Poisoning. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Jun 18;17(12):4374. doi: 10.3390/ijerph17124374.
6. Scientific Opinion on Lead in Food. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM)2. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2010.1570>
7. Malavolti M, Fairweather-Tait SJ, Malagoli C, Vescovi L, Vinceti M, Filippini T. Lead exposure in an Italian population: Food content, dietary intake and risk assessment. *Food Res Int*. 2020 Nov;137:109370. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109370. Epub 2020 Jun 2.
8. Centers for Disease Control and Prevention (CDC) Lead Hazards in Some Holiday Toys and Toy Jewelry. <https://blogs.cdc.gov/yourhealthyourenvironment/2017/11/30/lead-hazards-in-some-holiday-toys-and-toy-jewelry-2/>
9. WHO June 2021. Children and digital dumpsites: e-waste exposure and child health. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240023901>
10. Forti V, Baldé CP, Kuehr K, Bel G. The Global E-waste Monitor 2020. Quantities, flows, and the circular economy potential. <https://ewastemonitor.info/gem-2020/>
11. Centro di Coordinamento RAEE. Rapporto Annuale 2020. <https://www.raeeitalia.it/it/rapporto/2021>
12. Smaltimento abusivo ed export illegale\_ come nasce il racket degli e-waste - Linkiesta. <https://www.linkiesta.it/2019/04/smaltimento-rifiuti-tecnologici-italia-lichene/>
13. Holes in the Circular Economy WEEE Leakage from Europe. [http://wiki.ban.org/images/f/f4/Holes\\_in\\_the\\_Circular\\_Economy\\_-\\_WEEE\\_Leakage\\_from\\_Europe.pdf](http://wiki.ban.org/images/f/f4/Holes_in_the_Circular_Economy_-_WEEE_Leakage_from_Europe.pdf)
14. Ecomafia 2021. Le storie e i numeri della criminalità ambientale in Italia. A cura di Osservatorio Nazionale Ambiente e legalità di Legambiente. Edizioni Ambiente. Milano. pag.122
15. Lucchini RG, Guazzetti S, Renzetti S, Conversano M, Cagna G, Fedrighi C, Giorgino A, Peli M, Placidi D, Zoni S, Forte G, Majorani C, Pino A, Senofonte O, Petrucci F, Alimonti A. Neurocognitive impact of metal exposure and social stressors among schoolchildren in Taranto, Italy. *Environ Health*. 2019 Jul 19;18(1):67. doi: 10.1186/s12940-019-0505-3.
16. Renzetti S, Cagna G, Calza S, Conversano M, Fedrighi C, Forte G, Giorgino A, Guazzetti S, Majorani C, Oppini M, Peli M, Petrucci F, Pino A, Placidi D, Senofonte O, Zoni S, Alimonti A, Lucchini RG. The effects of the exposure to neurotoxic elements on Italian schoolchildren behavior. *Sci Rep*. 2021 May 10;11(1):9898. doi: 10.1038/s41598-021-88969-z.
17. LITERATURE REVIEW: OVERVIEW OF CHILDHOOD LEAD POISONING AND ITS HEALTH EFFECTS. [https://web.law.columbia.edu/sites/default/files/microsites/clinics/health-advocacy/literature\\_review\\_health\\_effects\\_final\\_july\\_2019\\_1.pdf](https://web.law.columbia.edu/sites/default/files/microsites/clinics/health-advocacy/literature_review_health_effects_final_july_2019_1.pdf)
18. Compendium of Chemical Hazards: Lead Lead Toxicological Overview. 2017 [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/653725/Lead\\_toxicological\\_overview.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/653725/Lead_toxicological_overview.pdf)
19. Rădulescu A, Lundgren S. A pharmacokinetic model of lead absorption and calcium competitive dynamics. *Sci Rep*. 2019 Oct 2;9(1):14225. doi: 10.1038/s41598-019-50654-7.
20. Mayans L. Lead Poisoning in Children. *Am Fam Physician*. 2019 Jul 1;100(1):24-30. PMID: 31259498.
21. Cleveland LM, Minter ML, Cobb KA, Scott AA, German VF. Lead hazards for pregnant women and children: part 1: immigrants and the poor shoulder most of the burden of lead exposure in this country. Part 1 of a two-part article details how exposure happens, whom it affects, and the harm it can do. *Am J Nurs*. 2008 Oct;108(10):40-9; quiz 50. doi: 10.1097/01.NAJ.0000337736.76730.66.
22. WHO. CHILDREN ARE NOT LITTLE ADULTS. [https://www.who.int/ceh/capacity/Children\\_are\\_not\\_little\\_adults.pdf](https://www.who.int/ceh/capacity/Children_are_not_little_adults.pdf)
23. Ahmad F, Liu P. (Ascorb)ing Pb Neurotoxicity in the Developing Brain. *Antioxidants (Basel)*. 2020 Dec 21;9(12):1311. doi: 10.3390/antiox9121311. PMID: 33371438; PMCID: PMC7767447.
24. Hon KL, Fung CK, Leung AK. Childhood lead poisoning: an overview. *Hong Kong Med J*. 2017 Dec;23(6):616-21. doi: 10.12809/hkmj176214. Epub 2017 Oct 13.
25. UN News 2021. End of leaded fuel use a 'milestone for multilateralism'. <https://news.un.org/en/story/2021/08/1098792>

## Rischio di contaminazione da piombo in acque destinate al consumo umano

### *Lead contamination risk in water intended for human consumption*

ALESSANDRA DANIELE\*  
LUCA LUCENTINI\*\*

\* Sezione di Medicina del Lavoro, Dipartimento di Scienze della Vita e Sanità Pubblica, Università Cattolica del Sacro Cuore Roma, Italia

\*\* Reparto di Qualità dell'acqua e salute. Istituto Superiore di Sanità.

Per corrispondenza:  
alessandra.daniele02@icatt.it  
luca.lucentini@iss.it

#### Riassunto

Il piombo è un materiale utilizzato fin dall'antichità per realizzare tubazioni destinate alla distribuzione idrica, in quanto duttile e resistente. Il suo impiego, nel tempo, si è largamente diffuso in molti paesi d'Europa, inclusa l'Italia, sia negli acquedotti sia negli impianti di distribuzione domestica. A causa dei rischi da esposizione da piombo per la salute umana, a partire dagli anni '60 sono state emanate normative, nuove tecniche realizzative e nuovi materiali per limitare la concentrazione del piombo nelle acque destinate al consumo umano.

Il Ministero della Salute Italiano ha recepito sia le indicazioni dell'OMS sia quelle della Comunità Europea<sup>1</sup> (CE) ed ha emanato il D.Lgs. 31/2001 che autorizzava un limite massimo della concentrazione del piombo nell'acqua destinata al consumo umano di 25 µg/litro per 15 anni e di 10 µg/litro a partire dal 25 dicembre 2013.

La nuova direttiva (UE) 2020/2184<sup>2</sup>, entrata in vigore il 12 gennaio 2021, introduce un approccio basato sul rischio per la sicurezza dell'acqua, che copra l'intera catena di approvvigionamento, dal bacino idrografico fino al rubinetto. Questa riduce ulteriormente il valore di parametro per il piombo a 5,0 µg/l, stabilendo l'entrata in vigore del nuovo limite, al più tardi, entro il 12 gennaio 2036. Al fine di dare applicazione pratica ai dettami della Direttiva (UE) 2020/2184, il Ministero della Salute Italiano, attraverso un gruppo ristretto di esperti afferenti all'Istituto Superiore di Sanità ed altre istituzioni tecnico-scientifiche, sta finalizzando l'elaborazione di Linee Guida operative.

**Parole chiave:** piombo, acqua, 2020/2184, Linee Guida

#### Abstract

*Lead is a material used since ancient times to make pipes useful for water distribution, as it is ductile and resistant. Over time many European countries, including Italy, have widely adopted it to build aqueducts and domestic distribution systems. Due to associated health risk, lead concentration in water intended for human consumption has been limited since the '60s, making use of new regulations, new techniques, and materials. The Italian Ministry of Health issued Legislative Decree 31/2001 - applying both WHO and European Communities (EC) indications - which set the maximum levels for lead in water to 25 µg/liter for 15 years and 10 µg/liter starting from 25 December 2013. The new Directive (EU) 2020/2184, which entered into force on 12 January 2021, introduces a risk-based approach to water safety, which covers the entire supply chain, from the catchment area to the tap; the maximum levels for lead were further reduced to 5 µg/liter, establishing the new limit, at the latest, by 12 January 2036. The Italian Ministry of Health, together with a small group of experts from the National Institute of Health and other technical-scientific institutions, is finalizing the operational guidelines to apply the provisions of Directive (EU) 2020/2184.*

**Keywords:** Lead, 2020/2184, drinking water

#### ■ Introduzione

Il piombo è un materiale resistente e duttile utilizzato già dai tempi dei Greci e dei Romani<sup>3</sup> per realizzare tubazioni utili alla distribuzione di acqua o al suo recupero quale refluo. Storicamente l'utilizzo di piombo in tubazioni e altre componenti delle reti idriche, sia di acquedotti che di impianti di distribuzione domestica, ha avuto ampia diffusio-

ne in molti paesi europei, inclusa l'Italia. A causa dei rischi da esposizione da piombo per la salute umana, in special modo per gruppi di popolazione più suscettibili, dagli anni '60 sono state emanate nuove normative che hanno stimolato l'utilizzo di materiali diversi e l'introduzione di nuove tecniche realizzative che hanno permesso di limitare la concentrazione del piombo nelle acque destinate al consumo umano.

Nel nostro Paese, per la vetustà di edifici realizzati in centri o quartieri storici, rinveniamo ancora oggi presenza di tubazioni e materiali a base di piombo nelle reti di distribuzione per le acque destinate al consumo umano. Gli edifici realizzati in tali aree, qualora non siano state effettuate recenti ristrutturazioni degli impianti idrico-sanitari, sono proprio quelli che presentano i più elevati rischi di contaminazione da piombo nelle acque destinate al consumo umano.

Il progressivo riconoscimento degli effetti negativi del piombo sulla salute umana ha portato nel tempo alla rimozione del piombo dalla benzina, dalle vernici per la casa e dai prodotti di consumo<sup>4,5</sup>. Il limite imposto<sup>6</sup> per il piombo come antidetonante nei carburanti, inoltre, ha comportato la diminuzione delle sue emissioni in atmosfera, spostando l'attenzione sull'acqua come maggiore fonte di esposizione al piombo per gli esseri umani.

Nonostante esista sempre la possibilità che le acque potabili siano contaminate da piombo derivante dalla presenza del minerale in rocce e sedimenti a contatto con la sorgente, infatti, la possibile contaminazione dell'acqua, specialmente quando corrosiva, si deve a fenomeni di cessione e rilascio del piombo da materiali costituenti le tubazioni, dalla rubinetteria e/o altri materiali presenti negli impianti di distribuzione idrico-sanitari.

Al fine di limitare i rischi di contaminazione delle acque, l'utilizzo di piombo nei materiali a contatto con l'acqua destinata a consumo umano è rigorosamente disciplinato<sup>7</sup>.

### ■ Effetti del piombo sulla salute

La prima chiara descrizione di intossicazione da piombo, anche detta saturnismo, risale al II secolo a.C., quando il medico Nicandro di Colofone identificò gli effetti ad all'esposizione ad alte dosi (colica addominale e neuropatie periferiche). Nell'ultimo secolo, però, i ricercatori hanno studiato gli effetti sulla salute di basse concentrazioni di piombo<sup>8,9</sup>, la cui esposizione prolungata, può causare danni irreversibili anche senza provocare danni fisici. I neonati, bambini fino a 6 anni di età, feti e donne in gravidanza sono i gruppi di popolazione più suscettibili agli effetti negativi per la salute.

L'esposizione al piombo può avvenire tramite inalazione o ingestione, o in misura minore, attraverso la pelle, che ne comporta l'assorbimento.

Il piombo si deposita a livello dell'osso, che rappresenta il principale sito di accumulo del metallo, mentre la frazione attiva da un punto di vista tossicologico è

quella in grado di diffondere attraverso il plasma e il liquido interstiziale. Il piombo plasmatico viene quindi distribuito a diversi organi e apparati, tra cui il midollo osseo e il cervello (in quanto in grado di attraversare la barriera ematoencefalica), rene, fegato, cute e muscoli, ma anche capelli e denti. Il piombo, inoltre, ha la capacità di passare facilmente la barriera placentare (distribuendosi così anche al feto) e può essere escreto nel latte materno<sup>10</sup>. I classici sintomi e segni dell'intossicazione clinica da piombo inorganico sono: anemia, dolore addominale (tipo colica), neuropatia periferica. L'esposizione e i relativi rischi per la salute sono valutabili attraverso la misurazione del piombo nel sangue, piombemia (PbB). Per coloro che sono esposti per lavoro, il valore limite di PbB nel sangue è 60 µg/100 ml e 40 µg/100 ml per le donne in età fertile<sup>11</sup>. Tuttavia, è raccomandato che i valori di PbB non superino rispettivamente i 30 µg/100 ml per gli adulti e 5 µg per donne in età riproduttiva e per soggetti in età pediatrica.

### ■ Regolamentazione normativa e Linee Guida secondo la Direttiva (UE) 2020/2184

In Italia, il Ministero della Salute, sotto il profilo normativo, recependo sia le indicazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) sia quelle derivanti dalla Commissione Europea (CE) ha emanato il D.Lgs. 31/2001 che autorizzava un limite massimo per il piombo all'interno di acque destinate al consumo umano di 25 µg/litro per 15 anni, e di 10 µg/litro a partire dal 25 dicembre 2013.

Le indicazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità<sup>12</sup>, che recepiscono molteplici evidenze della letteratura scientifica, sottolineano come una progettazione non adeguata e una cattiva gestione dei sistemi idrici negli edifici adibiti a luoghi di vita o di lavoro possono avere conseguenze sulla salute degli individui esposti. Innumerevoli esperienze a livello nazionale dimostrano come la gestione dell'acqua negli edifici sia spesso trascurata o inadeguata, causando impatti sanitari e legali rilevanti. Nonostante in molti casi siano impiegate anche importanti risorse economiche, la mancanza di una adeguata formazione dei conduttori o degli amministratori dell'edificio e dei tecnici del settore, unita a una scarsa visione multidisciplinare e all'assenza di un quadro sistemico degli interventi sugli impianti, conduce ad operazioni inefficaci in termini di costi e benefici. Sulla base delle raccomandazioni OMS, la nuova Direttiva (UE) 2020/2184, entrata in vigore il 12 gennaio 2021, introduce, con l'Articolo 10, l'obbligo di effettuare la «Valutazione del rischio dei sistemi di distribuzione interni (domestici)» con particolare attenzione a Legionella e ai rischi connessi a prodotti e materiali a contatto con l'acqua potabile (Articolo 11), tra cui in particolare il piombo, il cui valore di parametro è stato ridotto ulteriormente a 5,0 µg/l, stabilendo l'entrata in vigore del nuovo limite, al più tardi, entro il 12 gennaio 2036. Il nuovo approccio, basato sul rischio per la sicurezza dell'acqua, intende coprire l'intera catena di approvvig-

gionamento, dal bacino idrografico fino al rubinetto, rivolgendo particolare attenzione ai locali "prioritari", ovvero immobili di grandi dimensioni non civili, con numerosi utenti potenzialmente esposti ai rischi connessi all'acqua, in particolare immobili di grandi dimensioni per uso pubblico. Ciò risulta di importanza primaria se si considera che, come nel caso di reti ospedaliere o strutture assistenziali, molteplici fattori di rischio associati alla complessità e (spesso) vetustà delle reti si associano all'esposizione di soggetti particolarmente vulnerabili.

In tale contesto, sono in fase di elaborazione le linee guida Linee Guida per la valutazione e la gestione del rischio per la sicurezza dell'acqua nei sistemi di distribuzione interni degli edifici prioritari e non prioritari e in talune navi ai sensi della direttiva (UE) 2020/2184. Come valutazione preliminare, il gruppo di lavoro, è orientato a definire 5 classi di edifici, identificate come A, B, C, D (edifici prioritari e navi) ed E (altri edifici pubblici e privati e condomini, non prioritari).

L'obiettivo delle Linee Guida è supportare il Gestore Idrico della Distribuzione Interna dell'acqua (GIDI) negli edifici e coloro che svolgono funzioni tecniche di intervento sulle reti idriche, a controllare i rischi, dalle fasi di progettazione alla manutenzione fino al monitoraggio dell'efficienza della rete e della qualità dell'acqua, per una gestione adeguata, in un contesto di sostenibilità sociale ed economica.

### ■ Fattori di rischio per la presenza di piombo nelle acque destinate al consumo umano

E' possibile che gli impianti idrici interni siano o abbiano parti componenti in piombo e che questo sia rilasciato nell'acqua dalle tubazioni che traggono origine dal punto di erogazione pubblica (in genere il contatore dell'acqua) e terminano al punto di utenza (rubinetto, soffione della doccia, ecc.).

In questi casi, un fattore determinante per l'incremento della concentrazione di piombo nelle acque al rubinetto è dato dal periodo di contatto dell'acqua con il materiale contenente piombo ed è favorito dall'assenza di flusso dell'acqua nell'impianto, processo definito "stagnazione".

Materiali contenenti piombo a contatto con l'acqua, per tempi di stagnazione superiori a circa 4 ore, potrebbero determinare concentrazioni di piombo nell'acqua anche superiori al valore di parametro di 10 microgrammi/litro.

Altri fattori in grado di favorire il rilascio di piombo dai materiali sono legati alle caratteristiche chimico-fisiche delle acque in contatto in grado di influenzarne il potere "corrosivo". Quest'ultimo è relativamente più elevato in presenza di acque debolmente acide, concentrazioni di cloruro e ossigeno disciolto relativamente elevate, basso tenore di durezza (acque dolci o addolcite) o alte temperature dell'acqua veicolata. In molti casi la tendenza a rilasciare piombo nelle acque diminuisce con l'età dei materiali in contatto. Naturalmente questo fe-

nomeno è correlato alla calcificazione delle tubazioni.

### ■ Responsabilità nelle attività di prevenzione di contaminazione da piombo in acque destinate al consumo umano e in seguito al verificarsi di non conformità

Il principio generale è che il valore di parametro stabilito dalla normativa vigente deve essere rispettato sia al punto di consegna (contatore) che al punto in cui le acque fuoriescono dai rubinetti utilizzati per il consumo umano (punto di utenza).

E' responsabilità del gestore dell'acquedotto idrico fornire acqua destinata al consumo umano, sino al punto di consegna (contatore) che rispetti tutti le concentrazioni di parametro previste dalla normativa vigente (tra cui quella per il piombo), adempiendo così ai propri obblighi normativi. Nel caso dei sistemi idrici interni, per gli edifici e le strutture in cui l'acqua è fornita al pubblico, le Linee Guida in corso di emanazione prevedono l'individuazione di un soggetto responsabile della gestione dell'edificio o della struttura (GIDI) che deve assicurare che i valori di parametro, rispettati nel punto di consegna, siano mantenuti nel punto in cui l'acqua fuoriesce dal rubinetto o punto di utenza.

### ■ Informazioni e raccomandazioni per i consumatori in merito alla potenziale contaminazione da piombo in acque destinate al consumo umano, e possibili indicazioni per la prevenzione e risposta

È necessario evidenziare che, qualora il livello del parametro piombo sia più elevato di quanto previsto dalla vigente normativa e ciò sia dovuto alla presenza di piombo nei componenti dell'impianto idrico e, quindi, al suo rilascio nell'acqua, la rimozione del piombo in contatto con l'acqua è l'unica soluzione definitivamente efficace per eliminare il rischio. Tale intervento potrebbe, però, richiedere in molti casi risorse e tempi significativi, implicando la sostituzione di tutto o parte dell'impianto di distribuzione interno.

Pertanto, per le utenze domestiche, qualora si sia a conoscenza o si abbia motivo di ritenere, o comunque non possa escludersi, che materiali in piombo siano presenti nella rete di distribuzione interna, e quindi esiste il rischio di rilascio di piombo nell'acqua potabile del proprio impianto, è opportuno/necessario seguire le seguenti raccomandazioni al fine di prevenire l'esposizione al piombo attraverso il consumo delle acque.

Il primo e più importante passo da eseguire consiste nella verifica, presso il proprio gestore dei servizi idrici, delle concentrazioni di piombo al proprio punto di consegna. I referti analitici del gestore sono a disposizione dell'utente e, ormai, generalmente fruibili in rete internet sul sito del gestore o, direttamente da questi, segnalati sulla bolletta o fattura recapitata all'utente. L'analisi della concentrazione di piombo presente nell'acqua è l'unico modo per accertare la possibile contaminazione di piombo nell'acqua distribuita all'interno

dell'edificio o dell'abitazione.

Se è esclusa la presenza di significative concentrazioni di piombo al punto di consegna, le cause di superamento delle concentrazioni vanno ricercate nella rete interna e nelle modalità gestionali adottate.

Se la rete interna presenta rilascio significativo di piombo, nelle more della sostituzione delle relative tubazioni posso essere adottate azioni mitiganti.

## ■ Azioni correttive temporanee

Nei contesti in cui il rischio di presenza di piombo sia associato alla rete idrica di un edificio, qualora l'acqua non sia stata utilizzata per un periodo di tempo prolungato (ad esempio nel caso del primo flusso della mattina dopo stagnazione notturna o dopo un periodo prolungato di assenza dall'abitazione) è necessario lasciar scorrere l'acqua per alcuni minuti prima di utilizzarla per bere o cucinare, poiché il deflusso dell'acqua dall'impianto consente di diminuire la probabilità di riscontrare concentrazioni elevate di piombo nelle acque. Il tempo necessario per il ricambio dell'acqua nell'impianto interno dell'edificio è differente a seconda della lunghezza e complessità dell'impianto. Tale pratica minimale potrebbe però comportare uno spreco della risorsa in contrasto con le esigenze ambientali di risparmio idrico. Per tale motivo si consiglia di effettuare le pratiche di flussaggio attraverso l'uso prioritario di acqua a fini non alimentari (lavatrici, servizi igienici, ecc.) e quindi dagli erogatori per usi alimentari, avendo cura di raccogliere queste acque in appositi contenitori per consentirne successivi utilizzi per scopi non potabili.

E' poi necessario assicurare frequenti pulizie delle retine rompigitto o eventuali filtri applicati ai rubinetti per rimuovere eventuali residui/depositi di materiali contenenti piombo.

## ■ Conclusioni

Per quanto riguarda le misure di prevenzione e risposta, il rischio di contaminazione da piombo nelle acque in seguito a fenomeni di cessione dai materiali che costituiscono l'impianto di distribuzione interno può essere rimosso efficacemente, nel lungo periodo, solo attraverso la rimozione dei materiali contenenti piombo in contatto con l'acqua. Tale intervento richiede, in molti casi, risorse e tempi significativi che implicano la sostituzione di tutto o parte dell'impianto di distribuzione interno. Un'adeguata programmazione della sostituzione dei materiali contenenti piombo a contatto con l'acqua potabile (di pertinenza dell'utenza), con materiali conformi alla vigente normativa, secondo quanto previsto nel Decreto 6 aprile 2004, n. 174 e s.m.i. Ministero della Salute (GU n. 166 del 17-7-2004), si determina l'unica soluzione definitiva che impedisca rilasci di piombo indesiderati.

La recente direttiva (UE) 2020/2184 sulla qualità delle acque destinate al consumo umano, con l'introduzione di un sistema di analisi di rischio specificamente defini-

to per le reti idriche interne di edifici, individuando anche fattispecie di carattere prioritario, e il recepimento della norma nell'ordinamento nazionale, atteso entro il 2 gennaio 2023, può contribuire ad un potenziamento sostanziale rispetto all'esposizione da piombo sia per soggetti non compromessi che fragili. Ciò in particolare attraverso un fondamentale strumento in fase di sviluppo che dovrebbe incardinarsi alle nuove norme sulla sicurezza idrica, quale le "Linee Guida per la valutazione e la gestione del rischio per la sicurezza dell'acqua nei sistemi di distribuzione interni degli edifici prioritari e non prioritari e in talune navi ai sensi della direttiva (UE) 2020/2184", che il Ministero della Salute, attraverso un gruppo ristretto di esperti afferenti all'Istituto Superiore di Sanità sta finalizzando proprio in questi giorni.

## Bibliografia

1. DIRETTIVA 98/83/CE DEL CONSIGLIO del 3 novembre 1998 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano (GU L 330 del 5.12.1998, pag. 32)
2. DIRETTIVA (UE) 2020/2184 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 16 dicembre 2020 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano (rifusione) (Testo rilevante ai fini del SEE)
3. Delile H, Blichert-Toft J, Goiran J-P, Keay S, Albarède F. Lead in ancient Rome's city waters. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2014 May 6;111(18):6594-9.
4. N.C. Papanikolaou N.C., Hatzidakis E.G., Belivanis S, et al., Lead toxicity update. A brief review *Review Med Sci Monit*. 2005 Oct;11(10):RA329-36. Epub 2005 Sep 26.
5. O'Connor D., Hou D., Jing Y, Zhang et al., Lead-based paint remains a major public health concern: A critical review of global production, trade, use, exposure, health risk, and implications, *Environ Int*, 2018 Dec;121(Pt 1):85-101. doi: 10.1016/j.envint.2018.08.052. Epub 2018 Sep. Wade AM, Richter DD, Craft CB, Bao NY, Heine PR, Osteen MC, Tan KG. Urban-Soil Pedogenesis Drives Contrasting Legacies of Lead from Paint and Gasoline in City Soil, *Environ Sci Technol*, 2021 Jun 15;55(12):7981-7989, doi: 10.1021/acs.est.1c00546.
6. DECRETO LEGISLATIVO 13 AGOSTO 2010, N. 155 „Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.
7. Decreto 6 aprile 2004, n. 174. Ministero della Salute. Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano. (GU n. 166 del 17-7-2004)
8. Agency for Toxic Substances and Disease Registry 2013, 2019
9. NTP. NTP monograph on health effects of low-level lead. NTP Monogr. 2012 June;(1):xiii, xv-148
10. Falck AJ, Sundararajan S, Al-Mudares F, Contag SA, Bearer CF., Fetal exposure to mercury and lead from intrauterine blood transfusions., *Pediatr Res*. 2019 Oct;86(4):510-514. doi: 10.1038/s41390-019-0463-z. Epub 2019 Jun 19. PMID: 31216568
11. D.lgs 81/08, Allegato XXXIX, valori limite biologici obbligatori e procedure di sorveglianza sanitaria d.lgs 81/08
12. WHO (World Health Organisation), 2011. Guidelines for drinking water quality. Fourth edition. World Health Organization, Geneva, Switzerland, (disponibile sul sito [http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241548151\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241548151_eng.pdf)); WHO (World Health Organisation) Lead in Drinking-water - Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality, 2011, e riferimenti ivi citati

## Assunzione di cibo dietetico ed esposizione al piombo: rischio e strategia di prevenzione

### *Dietary food intake and lead exposure: risk and prevention strategy*

**RENATA ALLEVA, PH.D.**,  
Specialista in Scienza dell'Alimentazione. Docente  
Master Università di Bologna (ISDE)

Per corrispondenza:  
rena.alleva@gmail.com

#### **Riassunto**

Nella popolazione generale, la dieta rappresenta la principale via di esposizione cronica al piombo (pb) uno dei metalli pesanti più tossici, classificato dalla IARC come probabile cancerogeno. Pertanto l'ingestione di Pb attraverso la catena alimentare ha dimostrato di essere un potenziale pericolo per la salute delle piante e dell'uomo. Diversi studi hanno dimostrato che le fonti di assunzione più importanti sono le verdure, prodotti a base di cereali, gli alimenti per l'infanzia e bevande, con variabilità legate ai diversi paesi e tipo di dieta. Oltre ai noti effetti tossici, recentemente è stato dimostrato che il Pb provoca disbiosi intestinale e altera l'omeostasi del microbiota intestinale, causando stress ossidativo, reazioni immuno-infiammatorie e aumento della permeabilità della barriera intestinale. Alcuni micronutrienti, quali ferro, calcio, selenio e alcuni probiotici, prebiotici, possono essere una potenziale strategia per alleviare la tossicità da Pb, proteggendo la barriera intestinale, promuovendo la secrezione di Pb e regolando lo stress ossidativo e facilitando l'eliminazione del piombo, da parte del microbiota intestinale. Una dieta che previene carenze alimentari e' pertanto fondamentale, inoltre, poiché' gli alimenti biologici sono più ricchi di micronutrienti e vitamine, possono contribuire ad alleviare l'esposizione al Pb, e facilitare la sua eliminazione.

#### **■ Introduzione**

La tossicità del piombo (Pb) è oggetto di interesse da parte della comunità scientifica a causa del suo effetto tossico su piante, animali ed esseri umani di tutte le età: neonati e bambini sono particolarmente suscettibili agli effetti dell'esposizione al piombo. Il Pb infatti è il secondo metallo più tossico dopo

l'arsenico (As), classificato dalla IARC come possibile cancerogeno (gruppo 2B), e sebbene le agenzie nazionali e internazionali hanno tentato di fornire linee guida sanitarie per l'esposizione alimentare tollerabile al piombo (EFSA, 2012; OMS, 2016), tuttavia, non esiste un livello di esposizione che può essere definito sicuro e privo di effetti nocivi (EFSA, 2012; OMS, 2010). Per queste ragioni, l'ingestione di Pb attraverso la catena alimentare si è rivelata un potenziale pericolo per la salute delle piante e degli uomini e studi recenti hanno dimostrato che anche tracce di Pb (~29 ng/g di alimento) introdotte con la dieta, sono in grado di influenzare negativamente alcune attività enzimatiche e soprattutto sono interferiscono nei processi di divisione cellulare, nell'emopoiesi e nella riproduzione<sup>1</sup>. A causa dell'aumento di diverse attività industriali legate al Pb e l'uso di prodotti contenenti Pb come prodotti chimici per l'agricoltura, petrolio e vernici, miniere, e la sua diffusione nell'ambiente, il piombo può facilmente entrare nella catena alimentare<sup>2</sup>, e il cibo, pertanto, rappresenta la fonte principale fonte di esposizione non professionale per la popolazione generale, a partire dall'età fetale, neonatale, fino a quella adulta<sup>3,4</sup>.

#### **■ Contaminazione della catena alimentare**

Il piombo può entrare in diversi modi nella catena alimentare e questi dipendono anche dalla tipologia dell'alimento: nei vegetali, può essere trasferito direttamente dal terreno contaminato, in cui gli ortaggi vengono coltivati, oppure dall'acqua e dall'aria. Nel primo caso, il piombo assorbito attraverso le radici, rimane per il 90% all'interno del tessuto radicolare<sup>5</sup> con variabile traslocazione alle parti edibili apicali<sup>6</sup>.

Diversamente nel secondo caso, le particelle di piombo che si sono depositate sulle superfici delle piante, per contaminazione da acqua o aria, sono più difficili da rimuovere, anche dopo il lavaggio, e questo spiega perché spesso nei monitoraggi, i livelli più elevati generalmente sono presenti nelle foglie delle verdure e ortaggi e nella frutta<sup>7-10</sup>. Altre possibili contaminazioni, possono avvenire nelle fasi di trasformazione degli alimenti, da macchine utilizzate nella produzione alimentare di cibi in scatola, oppure da materiali usati per l'imballaggio gli alimenti, o contenitori per alimenti conservati in scatola. Infine l'uso di additivi alimentari contenenti piombo rappresenta un'altra fonte di contaminazione. L'assorbimento di piombo da parte degli animali può verificarsi per inalazione di aria contaminata o ingestione di piante contaminate<sup>7</sup>. Tuttavia, il piombo non è biomagnificato, principalmente perché nelle specie animali, è associato al metabolismo del calcio e si deposita prevalentemente nel tessuto osseo che ne riduce la trasmissione attraverso la catena alimentare. Altri tessuti e organi che in cui il piombo può concentrarsi sono il sangue, il rene e il fegato<sup>11</sup>. Negli organismi acquatici, le concentrazioni più elevate di piombo si trovano nelle alghe nei bivalvi e granchi, mentre i livelli inferiori si trovano nei pesci che abitano livelli trofici superiori<sup>11,12</sup>. L'acqua potabile può rappresentare un'altra fonte di esposizione al piombo, dovuta o a contaminazione ambientale o per deposizione atmosferica<sup>7</sup> o per corrosione interna di tubazioni utilizzate per i sistemi di distribuzione dell'acqua, in particolare in idraulica delle proprietà più vecchie.

## ■ Concentrazioni di piombo negli alimenti e contributo dei singoli cibi all'esposizione

L'EDF (Environmental Defense Fund) ha valutato i dati raccolti e analizzati dalla FDA dal 2003 al 2013 come parte del Total Diet Study (TDS) dell'agenzia, per la valutazione dei contaminanti (metalli, pesticidi) negli alimenti, inclusi quelli dedicati all'infanzia, "baby food"<sup>13</sup>. Complessivamente, il 20% di 2.164 campioni di alimenti per l'infanzia e il 14% dei altri 10.064 campioni di cibo avevano livelli rilevabili di piombo. Almeno un campione su 52 dei 57 tipi di alimenti per l'infanzia analizzati dalla FDA conteneva livelli rilevabili di piombo, otto tipologie di alimenti per l'infanzia avevano livelli di piombo rilevabile, (oltre il 40% dei campioni). Gli alimenti più contaminati sono risultati: succhi di frutta (Uva 89% su 44 campioni), frutta mista (67% di 111 campioni), mela (55% di 44 campioni) e pera (45% di 44 campioni), patate dolci (86% di 44 campioni) e carote (43% di 44 campioni), cracker e biscotti, (64% di 44 campioni) e biscotti per la dentizione (47% di 43 campioni). Da notare che le patate dolci avevano un tasso di rilevamento più alto rispetto alle carote e aveva un massimo concentrazione di 34 ppb di piombo in un campione composito. Risultati simili sono stati osservati da una revisione sistemica<sup>14</sup>, che ha preso in esame 12 categorie alimenti (alimenti per l'infanzia; zucchero; bevande; carne e derivati, noci, cacao e prodotti a base

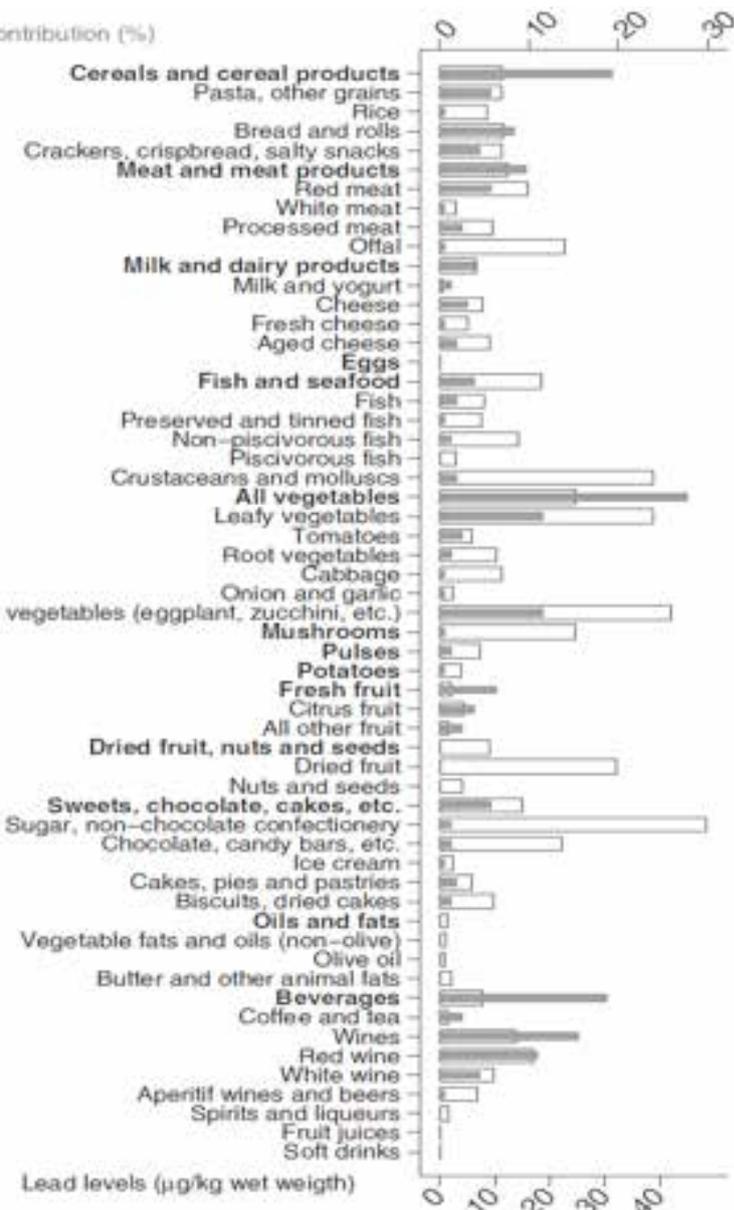
di cacao; frutta e prodotti a base di frutta; cereali e prodotti da forno, latte e prodotti lattiero-caseari; uova; creme spalmabili di olio e grasso; verdure prodotti e altri alimenti), da cui è emerso che gli alimenti per l'infanzia sono risultati i più contaminati da piombo (Fig.1), e in generale, le concentrazioni di Pb trovate nelle categorie alimentari variava da 0,0541 mg/kg e variava da 0,0004 mg/kg a 0,4842 mg/kg.

Il contributo della dieta all'esposizione al piombo, varia anche molto in base al paese, e alla tipologia di alimenti consumati per fascia di età. In uno studio condotto in varie zone della Cina<sup>15</sup>, l'assunzione di piombo nella dieta è stata stimata per fascia di età (3-6, 7-17, 18-59 e ≥60 anni) e i rischi per la salute rilevanti sono stati valutati utilizzando il metodo del margine di esposizione (MOE). La media e il 95° percentile (P95) dell'assunzione di piombo nella dieta erano rispettivamente 0,7466 e 2,4525 µg/kg di peso corporeo al giorno per i bambini in età prescolare (3 e 6 anni), 0,4739 e 1,5522 µg/kg pc/giorno per i bambini in età scolare (tra 7 e 17 anni) 0,3759 e 1,1832 µg/kg pc/giorno per adulti di età compresa tra 18 e 59 anni, 0,4031 e 1,3589 µg/kg di peso corporeo/giorno per adulti di età ≥60 anni. Il riso e i suoi prodotti, le verdure a foglia e la farina di frumento e i suoi prodotti sono risultate le principali fonti alimentari di esposizione al piombo. Il MOE ha confermato che i sono rischi elevati di esposizione al piombo erano soprattutto per i bambini piccoli e i consumatori di alimenti ad alto contenuto di piombo.

In uno studio Italiano, pubblicato nel 2019<sup>16</sup>, utilizzando la spettrometria di massa, sono stati analizzati 908 campioni di cibo e bevande e stimata l'esposizione al Pb attraverso la dieta in un campione di 719 individui adulti, residenti in Emilia Romagna, mediante un questionario sulla frequenza alimentare convalidato per la registrazione delle abitudini alimentari. Il rischio per la salute, è stato valutato utilizzando un approccio basato sulla dose di riferimento e sul margine di esposizione, basato sui livelli di esposizione sia per gli effetti avversi sulla pressione sanguigna sistolica che per la malattia renale cronica. L'apporto energetico mediano



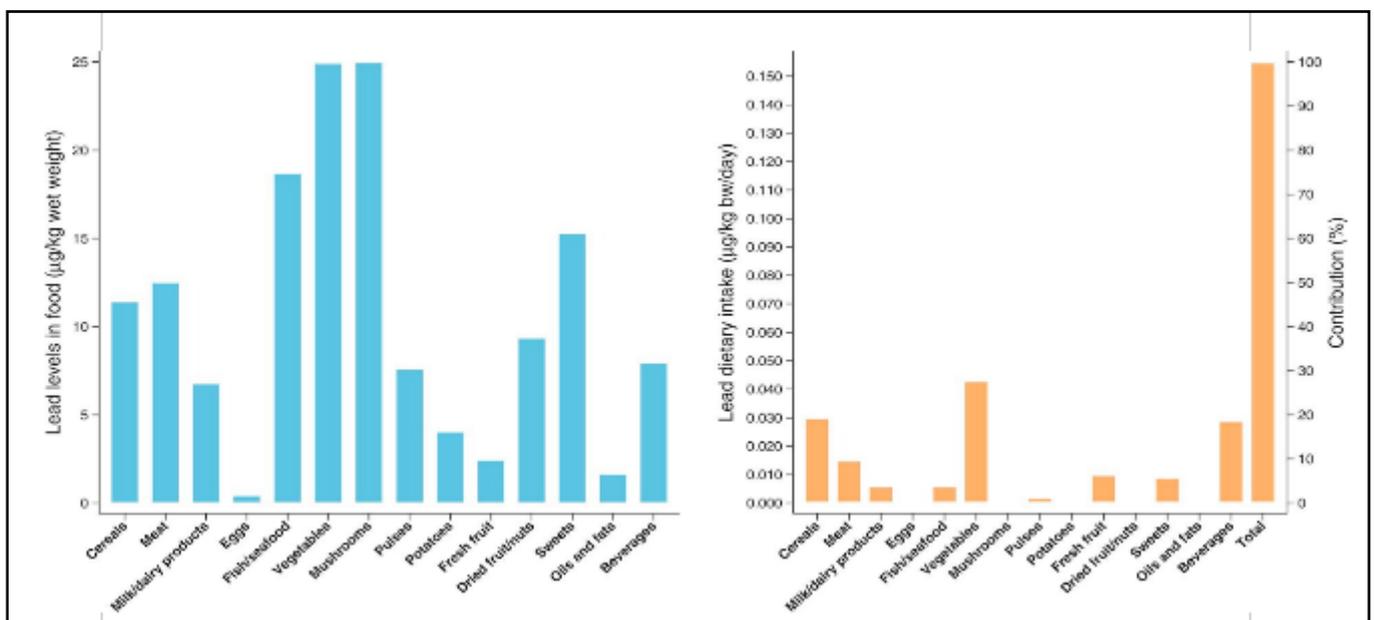
**Figura 1.** Concentrazioni di piombo nella catena alimentare e alimenti per l'infanzia



era di 1906 kcal/giorno (intervallo interquartile-IQR: 1538–2364 kcal/giorno) in tutti i partecipanti, 2024 kcal/giorno (IQR: 1649–2462 kcal/giorno) negli uomini e 1800 kcal/giorno (IQR: 1455–2296 kcal/giorno) nelle donne, rispettivamente. Dallo studio e' emerso che i principali contributori alimentari sono stati verdure, cereali, e bevande, in particolare il vino (Fig 2,3). Tra gli alimenti con i livelli di piombo più elevati, i dolci senza cioccolato (48,7 µg/kg), ortaggi (42,2 µg/kg), le verdure a foglia (39,0 µg/kg), crostacei e molluschi (39,0 µg/kg), frutta secca (14,5 µg/kg). La mediana più alta valori e' stata trovata nei funghi (20,2 µg/kg), dolci a base di cioccolato (19,7 µg/kg), ortaggi a foglia (14,2 µg/kg). I valori più alti per i livelli massimi di contaminazione (95 percentile) sono stati trovati in prodotti dolciari senza cioccolato (307,0 µg/kg), verdure a foglia (160,1 µg/kg), carne rossa (121,2 µg/kg) e crostacei/molluschi (120,9 µg/kg). L'assunzione media di piombo era di 0,155 µg/kg pc/giorno, in tutti i soggetti, con assunzioni leggermente inferiori negli uomini (0,151 µg/kg pc/giorno) rispetto alle donne (0,157 µg/kg pc/giorno). Sebbene l'assunzione alimentare stimata e' risultata inferiore ai livelli di piombo che sono stati associati al rischio cardiovascolare e alla nefrotossicità, lo studio conclude che in realtà non si può escludere che comunque possano essere effetti di neurotossicità, soprattutto in soggetti con particolare vulnerabilità. Da notare che a riguardo alla presenza di piombo nel vino Bianco, nel 2021 il Sistema rapido di allerta europeo per alimenti e mangimi (Rasff), aveva segnalato la presenza di piombo in vino bianco italiano. A conferma che la contamina-

**Figura 2.** Concentrazioni di piombo negli alimenti (mg/kg peso secco, barra bianca) e contributo di ogni alimento alla dieta giornaliera (barra grigia).

**Figura 3.** Concentrazioni di piombo nei singoli alimenti (a) e introduzione di piombo attraverso la dieta giornaliera



zione da piombo interessa tutta la catena alimentare, un altro interessante monitoraggio ha evidenziato che le spezie, possono costituire una importante fonte di esposizione<sup>17</sup>. Su un totale di 1496 campioni di oltre 50 spezie provenienti da 41 paesi raccolti a seguito di casi di avvelenamento da piombo verificatisi tra bambini e adulti di New York City, più del 50% dei campioni aveva piombo rilevabile e di questi più del 80% aveva concentrazioni di piombo superiori a 2 ppm.

La più alta concentrazione di piombo (48 000 ppm) è stata osservata per la spezia georgiana, kviteli kvavili, nota anche come fiore giallo o zafferano georgiano. Tutti i campioni di kviteli kvavili avevano livelli di piombo rilevabili (media geometrica [GM] = 240 ppm. Altre spezie e miscele di spezie tipicamente utilizzate nella cucina georgiana, come khmeli suneli o kharcho suneli, svanuri marili o svaneti sale, utskho suneli o fieno greco, adjika e kvliavi, noto anche come dzira o cumino, presentavano concentrazioni massime di piombo da 1400 ppm (kvilavi) a 17 000 ppm (khmeli suneli). La maggior parte dei campioni di spezie aveva livelli di piombo rilevabili, con concentrazioni medie comprese tra 8,9 e 291 ppm (rispettivamente kvilavi e svanuri marili). Tra il 49% (khmeli suneli) e il 78% (kvilavi e svanuri marili) dei campionia superato il livello di riferimento di 2 ppm. Si è scoperto che anche spezie e miscele di spezie comunemente utilizzate nella cucina dell'Asia meridionale come curry, masala e curcuma contenevano livelli elevati di piombo, con concentrazioni massime che vanno da 2700 ppm (curcuma e masala) a 21 000 ppm (curry). Circa la metà di queste spezie aveva piombo rilevabile, con concentrazioni medie superiori al livello di riferimento di 2 ppm. Varie altre spezie e condimenti ampiamente utilizzati in diverse cucine, come dadi e polveri da brodo, brodo o spezie per zuppe, nonché peperoncino, peperoncino in polvere e paprika, presentavano livelli rilevabili di piombo che superano il limite di riferimento di 2 ppm. Questo può avere una rilevanza sostanziale, se pensiamo che queste spezie sono diventate ormai comuni ingredienti utilizzate per molte preparazioni culinarie, e ancor più preoccupante, alcune sono molto utilizzate per il mercato degli integratori, date alcune proprietà terapeutiche e antiinfiammatorie.

### ■ Effetto del Pb sul microbiota intestinale

Il microbiota intestinale dell'uomo è stato riconosciuto come un "organo" su se stesso, che consiste di oltre 1014 microbi e possiede sorprendentemente 150 volte più geni del genoma umano. Nei recenti anni, sono molti gli studi scientifici che hanno fatto chiarezza sul ruolo chiave che il microbiota intestinale svolge nella patogenesi di varie malattie, come malattie cardiovascolari, diabete, obesità, malattie neurologiche, cancro e malattie gastrointestinali<sup>18-19</sup>. È interessante notare che il microbiota intestinale agisce anche come elemento protettivo per la tossicità dei metalli pesanti, in particolare Pb.

L'esposizione anche a breve termine al Pb induce impatti immediati sul microbiota intestinale, causando al-

terazioni della composizione, a livello di phylum, ordine e genere, della diversità e dei relativi metaboliti del microbiota. In uno studio iniziale<sup>20</sup>, è stato osservato un aumento significativo di *Escherichia coli* lattosio-negativo nel microbiota intestinale nei ratti adulti dopo 2 settimane di esposizione orale al Pb. L'esposizione al Pb (30 µg/L) per 7 giorni ha indotto cambiamenti significativi nella ricchezza e diversità microbica, un marcato aumento dei due principali phyla presenti nel microbiota umano, Firmicutes e Bacteroidetes, il cui rapporto viene preso come indice di salute intestinale o di disbiosi. L'esposizione al Pb può perturbare quindi l'omeostasi del microbiota intestinale umano con profondi impatti negativi, sia negli adulti che nei bambini. Bisanzi et al<sup>21</sup>, hanno scoperto che l'aumento dei livelli di Pb nel sangue era correlato a una maggiore abbondanza relativa di Succinivibrionaceae e Gammaproteobacteria nelle feci tra le donne incinte tanzaniane e i bambini in età scolare. Recentemente, Eggers et al.<sup>22</sup> hanno studiato la concentrazione urinaria di Pb e la composizione del microbiota intestinale in 696 partecipanti adulti alla coorte Survey of the Health of Wisconsin (SHOW). I risultati hanno suggerito associazioni positive tra  $\alpha$ -diversità, ricchezza del microbioma intestinale e livelli di Pb urinario, mentre diverse  $\beta$ -diversità microbiche erano collegate a diversi livelli di Pb urinario. In particolare, la percentuale sovraregolata della popolazione di Proteobacteria, compresi i membri dei Burkholderiales, era significativamente correlata all'aumento del Pb nelle urine.

I risultati esistenti dimostrano che il Pb nel tratto gastrointestinale ha effetti sia diretti che indiretti sull'intestino. Da un lato, l'epitelio intestinale e le giunzioni strette sono gli obiettivi della tossicità del Pb, di cui il danno e l'interruzione insieme all'infiammazione indotta dal Pb e alla dis-regolazione immunitaria nell'intestino locale possono portare a una maggiore permeabilità intestinale alle macromolecole. D'altra parte, il Pb può anche causare disbiosi del microbioma intestinale, che di solito sono le prime "vittime" nell'intestino, compromettendo così la funzione di barriera intestinale o modificando l'espressione di più metaboliti microbici. Inoltre, l'alterazione indotta da Pb nel microbioma intestinale può portare a una compromissione della permeabilità intestinale, mentre l'interruzione della barriera intestinale può a sua volta avere un impatto sulla diversità microbica, sulla costruzione e sui metaboliti. Sulla base delle successive alterazioni sia della permeabilità intestinale che del microbioma intestinale indotte dal Pb, si ipotizza che l'esposizione al Pb possa causare un aumento della produzione di LPS che può essere derivato dalla disbiosi del microbiota intestinale e dal danneggiamento della parete intestinale, con conseguente endotossitemia, attraverso l'alterata barriera intestinale. Inoltre, la compromissione della barriera intestinale può portare alla traslocazione batterica in altri tessuti, che possono ulteriormente indurre endotossitemia e infezioni nell'ospite. Infine, tutti i turbolenti metaboliti microbici, le citochine infiammatorie e i fattori immunologici entrano nel sistema sanguigno, quindi passano

attraverso la circolazione enteroepatica, che può esercitare le proprie funzioni su più organi bersaglio (Figura 3)

## ■ Revisione di limiti di legge per la presenza del piombo negli alimenti

Il reg. (UE) 2021/1317 – nel recepire, dopo due anni, le indicazioni formulate dal Codex Alimentarius il 12.7.19 (CAC42) – riduce e/o introduce nuovi limiti per il piombo, a decorrere dal 30.8.21, su alcuni alimenti per lattanti e bambini, sale, funghi selvatici, vini, vini liquorosi, frattaglie, spezie ( per contrastare l'aggiunta di cromato di piombo alla curcuma')

In particolare:

- cereali e leguminose 0,20 mg/kg;
- ortaggi a radice e a tubero (esclusi salsefrica, zenzero fresco e curcuma fresca), ortaggi a bulbo, cavoli a infiorescenza, cavoli a testa, cavoli rapa, legumi e ortaggi a stelo, 0,10 mg/kg;
- cavoli a foglia, salsefrica, i funghi *Agaricus bisporus* (prataioli), *Pleurotus ostreatus* (orecchioni) e *Lentinula edodes* (shitake) e gli ortaggi a foglia (escluse le erbe fresche), 0,30 mg/kg;
- funghi selvatici, curcuma fresca e zenzero fresco, 0,80 mg/kg;
- frutta, esclusi mirtilli rossi, ribes a grappoli, bacche di sambuco e frutti del corbezzolo, 0,10 mg/kg;
- mirtilli rossi, ribes a grappoli, bacche di sambuco e frutti del corbezzolo, 0,20 mg/kg;
- succhi di frutta, succhi di frutta concentrati ricostituiti e nettari di frutta esclusivamente da bacche e da altri piccoli frutti, 0,05 mg/kg;
- succhi di frutta, succhi di frutta concentrati ricostituiti e nettari di frutta da frutti diversi dalle bacche e da altri piccoli frutti 0,03 mg/kg.

## ■ Conclusioni

L'alimentazione è un aspetto importante che influenza la salute, attraverso la modulazione del microbiota e conseguentemente del sistema immunitario. Tuttavia il cibo può essere fonte di diversi contaminanti che dall'ambiente entrano nella catena alimentare. Diversi studi hanno dimostrato, che l'esposizione al Pb attraverso la catena alimentare è frequente in diversi paesi, con particolare ricorrenza di livelli rilevabili, negli alimenti dedicati all'infanzia e vegetali a foglia, seguiti da cereali e ortaggi. Poiché non esiste ad oggi un livello di Pb che può essere ritenuto sicuro e privo di effetti a lungo termine (tossicità cronica), la prevenzione resta una delle migliori strategie, per minimizzare i rischi. Una meta-analisi pubblicata nel 2014,(23) ha evidenziato che i prodotti biologici, erano più ricchi di sostanze polifenoliche e vitamine, e contenevano meno cadmio e pesticidi. Sebbene non vi erano dati riguardanti il piombo, il miglior profilo nutrizionale dei prodotti biologici, e l'assenza di altri contaminanti, come i pesticidi, li rende alimenti preferibili. Infatti la presenza di alcuni micronutrienti, può essere di aiuto nel contrastare gli effetti tossici dell'esposizione al piombo (24, 25). Alcu-

ne raccomandazioni utili da fornire alle famiglie e ai consumatori sono pertanto:

controllare la filiera alimentare e la provenienza del cibo che si acquista preferendo alimenti provenienti da agricoltura biologica, che

Evitare cibo imballato in plastiche

Ridurre o evitare il consumo di alimenti in lattina

Prestare attenzione alle pentole che si utilizzano

Seguire una dieta che fornisca sufficiente ferro, calcio e vitamina C, zinco e selenio, sono utili a diminuire l'assorbimento di piombo in caso di esposizione (24).

Alti livelli di assorbimento di Pb si riscontrano nei bambini piuttosto che negli adulti. È approssimativo che gli adulti possono assorbire il 3-10% di una dose orale di Pb solubile in acqua, mentre per i bambini può raggiungere il 40-50%. Concentrazioni di Pb più elevate si trovano nel sangue dei bambini con carenza di Fe o Ca rispetto a quelli con Fe o Ca pieni.

Avere buone concentrazioni di Vitamina D e folati: la vitamina D può svolgere un ruolo nel diminuire la quantità di piombo immagazzinata nell'osso, mentre il folato sembra aumentare l'escrezione più di quanto non aumenti l'assorbimento.

Introdurre alimenti fermentati: aumentano la biodisponibilità dei micronutrienti presenti in verdure e latticini antagonisti del piombo, e contribuiscono all'eubiosi intestinale e alla biodiversità del microbiota intestinale, uno dei distretti corporei coinvolti nella detossificazione del piombo.

## Bibliografia

1. Assi, M.A.; Hezme, M.N.M.; Haron, A.W.; Sabri, M.Y.; Rajion, M.A. The detrimental effects of lead on human and animal health. *Vet. World* 2016, 9, 660–671.
2. EFSA (2010). Scientific opinion on lead in food. *EFSA Journal*, 8(4), 1570.
3. Spungen JH. 2019. Children's exposures to lead and cadmium: FDA total diet study 2014–16. *Food Addit Contam Part A*. 36(6):893–903.
4. [FDA] U.S. Food and Drug Administration. 2019a. Lead in food, foodwares, and dietary supplements. [accessed 2019 Mar 28]. <https://www.fda.gov/food/foodbornenessContaminants/Metals/ucm2006791.htm>
5. Khan, A., Khan, S., Khan, M. A., Qamar, Z., & Waqas, M. (2015). The uptake and bioaccumulation of heavy metals by food plants, their effects on plants nutrients, and associated health risk: A review. *Environmental Science and Pollution Research International*, 22(18), 13772–13799.
6. Cristaldi, A., Oliveri Conti, G., Cosentino, S. L., Mauromicale, G., Copat, C., Grasso, A., Ferrante, M. (2020). Phytoremediation potential of *Arundo donax* (Giant Reed) in contaminated soil by heavy metals. *Environmental Research*, 185, 109427.
7. ATSDR. (2019). Toxicological profile for lead. In U.S. department of health and human services - public health service (Ed.). Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
8. Finster, M. E., Gray, K. A., & Binns, H. J. (2004). Lead levels of edibles grown in contaminated residential soils: A field survey. *Science of the Total Environment*, 320(2–3), 245–257.
9. Li, Y., Wang, Y. B., Gou, X., Su, Y. B., & Wang, G. Risk assessment of heavy metals in soils and vegetables around non-ferrous metals mining and smelting sites, Baiyin, China. *J Environ Sci (China)*, 2006, 18(6), 1124–1134.
10. Maestri, E.; Marmiroli, M.; Visioli, G.; Marmiroli, N. Metal tolerance and hyperaccumulation: Costs and trade-offs between traits and environment. *Environ. Exp. Bot.* 2010, 68, 1–13.
11. Lee, J. W., Choi, H., Hwang, U. K., Kang, J. C., Kang, Y. J., Kim, K. I.,

- & Kim, J. H. Toxic effects of lead exposure on bioaccumulation, oxidative stress, neurotoxicity, and immune responses in fish: A review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 2019, 68, 101–108.
12. Rahmani, J., Fakhri, Y., Shahsavani, A., Bahmani, Z., Urbina, M. A., Chirumbolo, S., Bjorklund, G. A systematic review and meta-analysis of metal concentrations in canned tuna fish in Iran and human health risk assessment. *Food and Chemical Toxicology*. 2018, 118, 753–765.
  13. <https://www.edf.org/health/lead-food-hidden-health-threat>
  14. Milton Cabral de Vasconcelos, Neto, Thales, Brendon Castano Silva, Vânia Eloísa de Araújo Scheilla Vitorino Carvalho de Souza. Lead contamination in food consumed and produced in Brazil: Systematic review and meta-analysis. *Food Research International*. 2019, 126, 108671. doi:10.1016/j.foodres.2019.108671
  15. Man Wang,† Boheng Liang, Weiwei Zhang, Kuncai Chen, et al. Dietary Lead Exposure and Associated Health Risks in Guangzhou, China *Int J Environ Res Public Health*. 2019, 16(8): 1417–19. doi: 10.3390/ijerph16081417
  16. Malavolti M, Fairweather-Tait, SJ Malagoli, C, Vescovi, L., Vinceti, M., Filippini, T. Lead exposure in an Italian population: Food content, dietary intake and risk assessment *Food Res Int*. 2020 Nov;137:109370. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109370.
  17. Paromita, H., ; Alex-Oni, K., Sedlar, S., Nagin, D. A Spoonful of Lead: A 10-Year Look at spices as a Potential Source of Lead Exposure. *Journal of Public Health Management and Practice*. 2019, 25: S63-S70
  18. Clemente, J. C., Ursell, L. K., Parfrey, L. W., and Knight, R. The impact of the gut microbiota on human health: an integrative view. *Cell*. 2012, 148, 1258–1270. doi: 10.1016/j.cell.2012.01.035
  19. Lo Presti, A., Zorzi, F., Del Chierico, F., Altomare, A., Cocca, S., Avola, A., et al. Fecal and mucosal microbiota profiling in irritable bowel syndrome and inflammatory bowel disease. *Front. Microbiol*. 2019, 10:1655.
  20. Sadykov, R., Digel, I., Artmann, A. T., Porst, D., Linder, P., Kayser, P., et al. Oral lead exposure induces dysbacteriosis in rats. *J. Occup. Health*. 2019, 51, 64–73. doi: 10.1539/joh.m8009
  21. Bisanz, J. E., Enos, M. K., Mwanga, J. R., Chagalucha, J., Burton, J. P., Gloor, G. B., et al. Randomized open-label pilot study of the influence of probiotics and the gut microbiome on toxic metal levels in Tanzanian pregnant women and school children. *mBio*. 2014, 5:e01580-14.
  22. Eggers, S., Safdar, N., Sethi, A. K., Suen, G., Peppard, P. E., Kates, A. E., et al. Urinary lead concentration and composition of the adult gut microbiota in a cross-sectional population-based sample. *Environ. Int*. 2019, 133:105122. doi:10.1016/j.envint.2019.105122
  23. Barański, M. et al. Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: a systematic literature review and meta-analyses. *Br J Nutr*. 2014, 112(5):794-811. doi: 10.1017/S0007114514001366.
  24. Yu, L. et al. Lead-induced gut injuries and the dietary protective strategies: A review *Journal of Functional Foods*. 2021, 83:104528. doi.org/10.1016/j.jff.2021.104528

## Esposizione al piombo ed aumento del rischio di essere affetti da disabilità del neurosviluppo.

### GIOVANNI GHIRGA

Membro del Comitato Scientifico della Società Internazionale dei Medici per l'Ambiente (ISDE, Italia)  
già Direttore della UOC di Pediatria e Neonatologia  
Ospedale San Paolo di Civitavecchia

Per corrispondenza:  
ghirgagiovanni@gmail.com

### Riassunto

L'esposizione al piombo aumenta il rischio di essere affetti da disturbi del neurosviluppo come la Sindrome dello Spettro Autistico (ASD). Studi recenti hanno dimostrato che gemelli affetti da ASD, a differenza di quelli non affetti, avevano livelli elevati di piombo nella matrice dentale, espressione dell'influenza di fattori ambientali nella patogenesi di questo disturbo.

Negli ultimi decenni nuove tecniche di filtrazione post-combustione hanno causato un aumento delle emissioni di polveri ultrafini (PM0.1). Queste ultime veicolano con facilità elementi come il piombo e, dopo essere state inalate, possono trasportarlo nelle strutture cerebrali.

La riduzione delle emissioni del PM0.1 potrebbe diminuire la disponibilità di elementi tossici come il piombo, l'arsenico, il mercurio, il cadmio e quella di altre sostanze la cui esposizione aumenta il rischio di essere affetti da disturbi del neurosviluppo.

### Abstract

*Lead exposure increases the risk of suffering from neurodevelopmental disorders such as Autism Spectrum Syndrome (ASD). Recent studies have shown that twins affected by ASD, unlike the unaffected ones, had high levels of lead in the dental matrix, an expression of the influence of environmental factors in the pathogenesis of this disorder.*

*In recent decades, new post-combustion filtration techniques have caused an increase in ultrafine dust emissions (PM0.1). The latter easily carry elements such as lead and, after being inhaled, can transport it into brain structures.*

*The reduction of PM0.1 emissions could decrease the availability of toxic elements such as lead, arsenic, mercury, cadmium and other substances whose ex-*

*posure increases the risk of suffering from neurodevelopmental disorders.*

Negli ultimi decenni le disabilità dello sviluppo sono in aumento in un modo quasi epidemico. Si stima che più del 13% degli adolescenti (più di 1 su 7) di età compresa tra i 10 e i 19 anni, conviva con un disturbo mentale diagnosticato secondo la definizione dell'Organizzazione Mondiale della Sanità. Questi disturbi mentali includono i Disturbi dello Spettro Autistico (ASD) e il Disturbo da Deficit dell'Attenzione associato ad Iperattività (ADHD)<sup>1</sup>.

Numerosi studi hanno ripetutamente dimostrato l'associazione causale tra l'esposizione anche a dosi molto basse di piombo e la presenza di disturbi del neurosviluppo<sup>2</sup>. Tuttavia, poiché l'esposizione al piombo è andata progressivamente riducendosi, soprattutto con l'uso delle benzine "verdi", ci si domanda se e in quale modo il piombo possa avere un ruolo in questa grande minaccia per il sistema nervoso dei bambini.

In particolare, la ASD colpisce circa l'1-2% dei bambini in Europa, nel Nord America ed in altri paesi sviluppati. Tuttavia, questi dati sono solo una media delle prevalenze nei vari paesi, le quali differiscono anche in modo notevole tra di loro<sup>3</sup>. Negli USA, per esempio, la prevalenza della ASD ha mostrato un sensibile aumento nel corso dell'ultimo decennio, passando da un bambino ogni 150 nel 2007 a 1 bambino ogni 54 nel 2020. Anche la ADHD ha mostrato un sensibile aumento della prevalenza negli ultimi 20 anni passando da una prevalenza del 6.1%, nel biennio 1997-1998, a quella del 10,2% nel 2015-2016, aumento che ha riguardato entrambi i sessi, tutte le età, la razza, l'etnia e le possibilità economiche familiari<sup>4,5</sup>.

Si stima che l'influenza di fattori genetici comuni nell'ASD sia almeno del 50%, tuttavia, attualmente varianti genetiche eziologiche possono essere trovate nel 16 - 50 % dei bambini affetti, suggerendo ruoli importanti per fattori ambientali che non sono ancora stati confermati<sup>6-8</sup>.

Il piombo è uno di quegli elementi o sostanze che sono presenti nell'elenco di Grandjean et al, i quali pubblicarono prima nel 2006 e poi nel 2014, il rischio di una "pandemia silenziosa" di disturbi del neurosviluppo, a seguito dell'esposizione a numerose sostanze ed elementi, la cui emissione nell'ambiente è causata dalle attività umane. Già allora questi ricercatori invocavano una strategia di interventi a livello globale, strategia purtroppo completamente ignorata<sup>9,10</sup>.

Uno studio effettuato recentemente in Svezia, il quale ha coinvolto circa l'11,3 % delle coppie di gemelli svedesi affetti da ASD, dei quali solamente uno era affetto da questo disturbo del neurosviluppo, ha utilizzato una tecnica validata in modo rigoroso che usa biomarcatori della matrice dentale, per cercare di mettere in evidenza la presenza di metalli tossici e datare in modo esatto il periodo di esposizione di un individuo<sup>3</sup>.

I risultati hanno messo in evidenza che i gemelli affetti da ASD, a differenza di quelli non affetti, avevano dei livelli elevati di piombo nella matrice dentale. Gli autori identificavano il periodo di esposizione nell'ultimo trimestre di gravidanza e nei primi cinque mesi di vita. Il picco di differenza dei livelli di piombo nelle matrici dentali dei gemelli affetti da ASD, rispetto ai non affetti, si verificava intorno al secondo mese di vita per livelli più elevati di piombo, mentre, per livelli più bassi di questo metallo, una differenza significativa era presente sia a due settimane di vita che verso il quinto mese. Questa differenza nella presenza di piombo nella matrice dentale è stato dimostrato che ha degli effetti a lungo termine, i quali persistono anche un decennio dopo l'esposizione e sono correlati alla gravità dell'ADS<sup>3</sup>.

Uno studio sistematico, effettuato al fine di correlare la presenza di piombo con la ADHD, ha messo in evidenza come l'esposizione, anche a livelli bassi di questo metallo, aumenta il rischio di essere affetti da questa sindrome<sup>11</sup>.

La riduzione della esposizione al piombo negli ultimi decenni è stata associata a nuove tecniche di filtrazione post-combustione che ne hanno favorito l'assorbimento attraverso le vie respiratorie.

L'esposizione all'inquinamento dell'aria, secondo un recente documento dell'OMS, può avere un effetto negativo sul neurosviluppo e può ridurre i test cognitivi ed il quoziente globale di intelligenza. Inoltre, può aumentare il rischio di essere affetti da ASD e da ASHA. Sempre secondo l'OMS, la scienza suggerisce che l'esposizione sia prenatale che postnatale all'inquinamento dell'aria rappresenta una minaccia ad un normale neurosviluppo<sup>12</sup>.

Per cercare di spiegare il ruolo che il piombo può avere nell'aumento dei disturbi del neurosviluppo, dobbiamo far riferimento a Erfurt, una città della ex Germania

Est. Erfurt è una città, che aveva una pessima qualità dell'aria nel periodo precedente alla riunificazione. In seguito a questo grande evento la qualità dell'aria è migliorata notevolmente in tutti i suoi parametri eccetto le polveri ultrafini (PM 0.1), le quali hanno un diametro inferiore ai 0.1 micron. Il PM 0.1 ha una massa irrilevante e viene quantificato da un punto di vista numerico. A Erfurt il PM 0.1, caratterizzato da polveri estremamente tossiche, è aumentato del 115 % tra il 1991 e il 1998. Se il riferimento fosse il materiale particolato totale, l'incremento sarebbe di oltre il 500 %<sup>13</sup>. Le spiegazioni del perché di questo aumento del PM 0.1, inaspettatamente associato ad un miglioramento sensibile della qualità dell'aria, viene suggerito dal centro di ricerca del materiale particolato ultrafine della University of Rochester<sup>14</sup>.

Questi ricercatori hanno messo in evidenza come un importante fattore di rischio per l'aumento delle polveri ultrafini, associato alle nuove tecniche di filtrazione, sia la riduzione del fenomeno di coagulazione eterogenea. Questa ultima determina una attrazione sulla superficie del materiale particolato di dimensioni maggiori, di polveri di diametro ultrafine e quasi ultrafine. L'uso di filtri che hanno una efficacia di filtrazione del 99.9 %, come i filtri a manica negli impianti industriali, determina una riduzione molto importante delle emissioni delle polveri più grandi, come il PM 10, le quali riducono il PM 0.1 in fase post-combustione. Il risultato è una emissione elevata di materiale particolato ultrafine<sup>14,15</sup>. Il grande interesse nel PM 0.1 sta nel fatto che metalli tossici come il piombo sono veicolati in grande quantità da polveri ultrafini e quasi ultrafini<sup>14</sup>. Il PM 0.1, a parità di unità di massa, espone una superficie estremamente più elevata rispetto al materiale particolato di dimensioni maggiori come il PM10 ed un'area molto più vasta a contatto con le membrane cellulari, laddove avvengono le reazioni "tossiche".

In ambiente urbano, da un punto di vista numerico, il PM 0.1 rappresenta oltre il 90% del materiale particolato. In ambiente sub-urbano circa il 70-80 %. Coloro che risiedono invece vicino ad una arteria con intenso traffico, il PM 0.1 rappresenta circa il 95% del materiale particolato<sup>16</sup>.

Il PM 0.1 è capace di raggiungere il sistema nervoso non solo attraverso la via circolatoria ma anche direttamente attraverso le terminazioni nervose presenti nella mucosa nasale, dalle quali successivamente raggiunge il lobo olfattivo risalendo attraverso gli assoni<sup>17</sup>.

Per quanto riguarda le cause della emissione di piombo nell'ambiente, si mette in evidenza come la combustione del carbone sia spesso, sorprendentemente, trascurata<sup>18</sup>.

L'inquinamento atmosferico è un'epidemia silenziosa e il PM 0,1 potrebbe essere il più silenzioso degli inquinanti. La tossicità del PM 0,1 varia notevolmente con il tipo di elementi e sostanze tossiche che vengono assorbiti sulla loro superficie come il piombo, l'arsenico, il mercurio, il cadmio e numerose altre<sup>19</sup>.

Ridurre l'esposizione al PM 0.1 potrebbe aiutare a contrastare l'aumento epidemico dei disturbi del neurosvi-

luppo come l'ASD e l'ADHD.

## Bibliografia

- 1) UNICEF. THE STATE OF THE WORLD'S CHILDREN 2021. On My Mind. Promoting, protecting and caring for children's mental health. 2021. <https://www.unicef.org/media/108161/file/SOWC-2021-full-report-English.pdf>
- 2) Bellinger DC. Very low lead exposures and children's neurodevelopment. *Curr Opin Pediatr.* 2008 Apr;20(2):172-7. doi: 10.1097/MOP.0b013e3282f4f97b. PMID: 18332714.
- 3) Arora M, Reichenberg A, Willfors C, Austin C, Gennings C, Berggren S, Lichtenstein P, Anckarsäter H, Tammimies K, Bölte S. Fetal and postnatal metal dysregulation in autism. *Nat Commun.* 2017 Jun 1;8:15493. doi: 10.1038/ncomms15493. PMID: 28569757; PMCID: PMC5461492.
- 4) Donzelli G, Carducci A, Llopis-Gonzalez A, Verani M, Llopis-Morales A, Cioni L, Morales-Suárez-Varela M. The Association between Lead and Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2019 Jan 29;16(3):382. doi: 10.3390/ijerph16030382. PMID: 30700018; PMCID: PMC6388268.
- 5) Guifeng Xu, Lane Strathearn, Buyun Liu, et al. Twenty-Year Trends in Diagnosed Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder Among US Children and Adolescents, 1997-2016. *JAMA.* 2018;1(4):e181471.
- 6) Sandin S. et al.. The familial risk of autism. *JAMA* 311, 1770–1777 (2014).
- 7) Hallmayer J. et al.. Genetic heritability and shared environmental factors among twin pairs with autism. *Arch. Gen. Psych.* 68, 1095–1102 (2011).
- 8) Tammimies K. et al.. Molecular diagnostic yield of chromosomal microarray analysis and whole-exome sequencing in children with autism spectrum disorder. *JAMA* 314, 895–903 (2015).
- 9) Grandjean P, Landrigan PJ. Neurobehavioural effects of developmental toxicity. *The Lancet Neurology*, Volume 13, Issue 3, Pages 330 - 338, March 2014.
- 10) Grandjean P, Landrigan PJ. Developmental neurotoxicity of industrial chemicals. *The Lancet.* 2006 Dec 16;368(9553):2167-78.
- 11) Donzelli G, Carducci A, Llopis-Gonzalez A, Verani M, Llopis-Morales A, Cioni L, Morales-Suárez-Varela M. The Association between Lead and Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2019 Jan 29;16(3):382. doi: 10.3390/ijerph16030382. PMID: 30700018; PMCID: PMC6388268.
- 12) World Health Organization. Air Pollution and Child Health: Prescribing Clean Air.
- 13) Air quality in postunification Erfurt, East Germany: associating changes in pollutant concentrations with changes in emissions. S Ebel, M Brauer, J Cyrys, T Tuch, W G Kreyling, H E Wichmann, and J Heinrich. The University of British Columbia, School of Occupational and Environmental Hygiene, Vancouver, British Columbia, Canada.
- 14) University of Rochester-EPA Excellence PM Center. Ultrafine Particles: Characterization Health Effects and Pathophysiological Mechanisms. Progress Report Year 4. July 2003.
- 15) Hicks JB, McCarthy SA, Mezei G, Sayes CM. PM1 particles at coal- and gas-fired power plant work areas. *Ann Occup Hyg.* 2012 Mar;56(2):182-93. doi: 10.1093/annhyg/mer085. Epub 2011 Nov 29. PMID: 22127876.
- 16) Hussein, T. et al. Particle size characterization and the indoor-to-outdoor relationship of atmospheric aerosols in Helsinki. 2004. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 30, 54-62.
- 17) Oberdörster, G. et al. Translocation of inhaled ultrafine particles to the brain. *Inhalation Toxicology. Inhal Toxicol.* 2004 Jun;16(6-7):437-45.
- 18) Air Quality Guidelines for Europe. Second Edition.
- 19) Schraufnagel DE. The health effects of ultrafine particles. *Exp Mol Med.* 2020 Mar;52(3):311-317. doi: 10.1038/s12276-020-0403-3. Epub 2020 Mar 17. PMID: 32203102; PMCID: PMC7156741.

## Riduzione della concentrazione di piombo nel sangue di bambini nella Repubblica di Georgia a seguito di interventi per affrontare il superamento diffuso del valore di riferimento nel 2019<sup>1</sup>

### Riassunto

Negli ultimi anni, le segnalazioni di contaminazione da piombo sono aumentate notevolmente in Georgia. Viste le preoccupazioni sull'esposizione dei bambini al piombo (Pb), l'indagine nazionale a cluster su indicatori multipli (MICS-2018) ha compreso una componente di prelievo di sangue. I risultati hanno mostrato che il 41% dei bambini partecipanti avevano livelli di Pb nel sangue (BLL)  $\geq 5 \mu\text{g/dL}$  e che il BLL nei bambini che vivevano nella Georgia occidentale era superiore a quello delle regioni orientali. In risposta a questi risultati, NCDC ha preparato consigli scritti e verbali alle famiglie dei bambini che hanno partecipato al MICS- 2018 sul come ridurre l'esposizione al Pb. Dall'agosto 2019 è stato attuato il programma statale di follow-up clinico. Il disegno di questo studio era uno studio longitudinale. L'intervento di interesse comprendeva i consigli di salute pubblica e il follow-up medico, e il risultato è stato definito come la differenza di BLL tra l'indagine MICS-2018 e il follow-up del programma statale. Abbiamo osservato una significativa riduzione della mediana complessiva del BLL tra MICS-2018 e follow-up del programma statale sia in agosto 2019 che negli ultimi risultati (fino a dicembre 2019). Tuttavia, non abbiamo osservato un'ulteriore significativa riduzione del BLL tra agosto e i più recenti risultati. Nel contesto georgiano, a seguito della comunicazione scritta e verbale rivolta alle singole famiglie, insieme alle visite a domicilio per i più esposti, ha significativamente ridotto il BLL nei bambini.

**Parole chiave:** piombo (Pb); Georgia; interventi di sanità pubblica; programma statale; comunicazione scritta e verbale; risposta a molteplici stakeholder.

### Abstract

*In recent years, reports of lead contamination have dramatically increased in Georgia. Given concerns about the exposure of children to lead (Pb), the National Multiple Indicator Cluster Survey (MICS-2018) included a blood sampling component. The results showed that 41% of the children that participated had blood Pb levels (BLL)  $\geq 5 \mu\text{g/dL}$  and that BLL in children living in Western Georgia were higher than those in Eastern regions. In response to these findings, NCDC implemented written and verbal advice to the families of children who participated in the MICS- 2018 on how to reduce Pb exposure. From August 2019 onwards, the state program of clinical follow-up was implemented. The design of this study was a longitudinal study. The intervention of interest was the public health advice and medical follow-up, and the outcome was defined as the difference in BLL between the MICS-2018 survey and the state program follow-up. We observed a significant overall reduction in median BLL between MICS-2018 and state program follow-up in both August 2019 and the latest results (until December 2019). However, we did not observe any significant further reduction between August and the most recent BLL results. In the Georgian setting, written and verbal communication targeting individual households, alongside home visits to the most exposed, effectively reduced BLL in children.*

**Keywords:** lead (Pb); Georgia; public health interventions; state program; written and verbal communication; multiple stakeholder response

1. Ruzdze E, Leonardi GS, Saei A, Khonelidze I, Sturua L, Getia V, Crabbe V, Marczylo T, Lauriola P, Gamkrelidze A; Reduction in blood lead concentration in children across the republic of Georgia following interventions to address widespread exceedance of reference value in 2019, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2021, 18, 11903. <https://doi.org/10.3390/ijerph182211903>

Ekaterine Ruzdze<sup>1</sup>, Giovanni S. Leonardi<sup>2,3</sup>, Ayoub Saei<sup>4</sup>, Irma Khonelidze<sup>1</sup>, Lela Sturua<sup>1</sup>, Vladimer Getia<sup>1</sup>, Helen Crabbe<sup>1</sup>, Tim Marczylo<sup>2</sup>, Paolo Lauriola<sup>5</sup> and Amiran Gamkrelidze<sup>1</sup>

<sup>1</sup>The National Center for Disease Control and Public Health of Georgia, Tbilisi 0198, Georgia; i.khonelidze@ncdc.ge (I.K.); lela.sturua@ncdc.ge (L.S.); kh.getia@ncdc.ge (V.G.); a.gamkrelidze@ncdc.ge (A.G.)

<sup>2</sup>UK Health Security Agency, Radiation, Chemical and Environmental Hazards Directorate, Harwell Campus, Didcot OX11 0RQ, UK; Giovanni.leonardi@phe.gov.uk (G.S.L.); helen.crabbe@phe.gov.uk (H.C.); tim.marczylo@phe.gov.uk (T.M.)

<sup>3</sup>Department of Social and Environmental Research, London School of Hygiene and Tropical Medicine, London WC1E 7HT, UK

<sup>4</sup>UK Health Security Agency, Statistics Unit, Department of Statistics, Modelling and Economics, London NW9 5EQ, UK; Ayoub.Saei@phe.gov.uk

<sup>5</sup>International Society of Doctors for the Environment-Italy (ISDE-Italy), 42122 Modena, Italy

Per corrispondenza:  
paolo.lauriola@gmail.com

## ■ Introduzione

Il piombo (Pb) è un tossico ambientale diffuso e dannoso<sup>1-3</sup> che provoca effetti negativi sulla salute dei bambini, in particolare deficit neurologici e neuro-comportamentali, QI inferiore, crescita rallentata e anemia<sup>4-7</sup>. Inoltre, sono stati documentati diversi altri effetti del Pb sulla salute durante l'intero corso della vita, ad es. quelli sul sistema cardiovascolare<sup>8,9</sup>, sistemi renali ed epatici<sup>10-12</sup>.

Negli ultimi anni, le segnalazioni di avvelenamento/contaminazione da piombo sono aumentate notevolmente in Georgia<sup>13</sup>. Di conseguenza, il Centro nazionale per il controllo delle malattie e il pubblico della Georgia Health (National Center for disease Control and Public Health, NCDC-PH) e l'ufficio dei Centers for Disease Control (CDC) degli Stati Uniti con sede a Tbilisi hanno condotto un'indagine su piccola scala nel novembre-dicembre 2015. Dei 254 bambini, di età compresa tra 2 e 5 anni, testati presso l'ospedale pediatrico Iashvili di Tbilisi, circa il 46% aveva un livello di piombo nel sangue (Blood Lead Level -BLL) superiore al livello di azione nazionale (5 µg/dL). Il 33% (33%) dei partecipanti al sondaggio aveva BLL ≥ 5 µg/dL, 9,5% ≥ 10 µg/dL, 2,8% ≥ 20 µg/dL e 0,4% ≥ 45 µg/dL [14]. Uno studio di follow-up nel dicembre 2015 ha esaminato 46 bambini di età compresa tra 4 e 6 anni provenienti da 10 villaggi dei distretti di Bolnisi e Dmanisi. Questa l'indagine ha rilevato che il 30,4% dei partecipanti aveva BLL ≥ 5 µg/dL. Per comprendere meglio le dimensioni di tale esposizione al piombo (Pb) nei bambini georgiani, l'UNICEF ha finanziato lo studio National Multiple Indicator Cluster Survey (MICS-2018) nel 2018, condotto in collaborazione tra NCDC, National Statistics Office of Georgia e l'Istituto Superiore di Sanità (ISS) italiano. Questo campione di 1578 bambini di età compresa tra 2 e 7 anni, rappresentativo a livello nazionale, includeva la determinazione del BLL. In accordo con gli studi precedenti, i risultati hanno mostrato che il BLL era elevato in un certo numero di bambini, con il 41% di questi bambini con BLL ≥ 5 µg/dL, con range regionale da un minimo del 18% a Kvemo Kartli nell'est della Georgia fino ad un massimo dell'85% in Adjara nell'ovest<sup>15</sup>.

## ■ Piombo nell'ambiente della Georgia

Nel 2011, 2015 e 2017, il Dipartimento della Salute di New York ha riscontrato livelli significativamente alti livelli di Pb nelle spezie georgiane e nel sangue degli espatriati georgiani che vivono a New York<sup>16</sup>.

In un periodo simile, la Tbilisi State University ha condotto uno studio nel 2017 a Kvemo Distretti di Kartli (Bolnisi e Dmanisi) che hanno mostrato un'elevata contaminazione del suolo da Pb, mercurio e cadmio<sup>17</sup>. Questo inquinamento è stato associato all'attività industriale e all'inquinamento delle acque<sup>18</sup>.

Dati del monitoraggio di routine nel periodo 2017-2018 delle concentrazioni di Pb nei suoli, ottenuto dall'Agenzia Nazionale dell'Ambiente (NEA) georgiana, ha mostrato che su 485 campioni di suolo analizzati il 22%

(105/485) aveva una concentrazione di Pb superiore al livello accettabile (≥ 32 mg/kg) secondo le normative georgiane. Approssimativamente nello stesso periodo, il monitoraggio di routine da parte della National Food Agency (NFA), nel periodo 2017-2019, ha dimostrato che i livelli di Pb erano al di sopra dei valori limite, principalmente nelle spezie.

Inoltre, secondo un rapporto del Center for Strategic Research and Development of Georgia, anche i giocattoli venduti in Georgia contengono alti livelli di Pb e altri metalli<sup>19</sup>. Infine l'International Pollutants Elimination Network (IPEN) segnalava un alto contenuto di Pb anche nelle vernici vendute/usate nel paese<sup>20</sup>.

Alla luce di questi risultati, è stato condotto uno studio nel gennaio-marzo 2019 su 17 famiglie residenti a Tbilisi, per le quali erano state completate le analisi del sangue per Pb, per indagare le possibili fonti di esposizione al piombo. Dei 268 campioni ambientali studiati, Pb è stato trovato in materiali da costruzione, giocattoli, spezie, cosmetici e altri materiali<sup>21</sup>.

A seguito dell'indagine MICS-2018, è stata indagata una gamma di matrici ambientali in venticinque case e quattro bazar di cinque regioni della Georgia. Concentrazioni di piombo eccezionalmente elevate sono state identificate in più spezie. Concentrazioni mediane di piombo in sei spezie con Pb elevato variavano da 4 a 2418 volte superiori ai livelli accettabili.

Le concentrazioni mediane di piombo in tutte le altre matrici ambientali rientravano nelle linee guida accettate a livello internazionale<sup>22</sup>.

Tutte le prove accumulate hanno indotto le varie agenzie di salute pubblica a stabilire un iniziale piano d'azione per la salute pubblica partendo dalla valutazione dei campioni ambientali e sviluppare un programma statale per un ulteriore monitoraggio del BLL nei bambini.

Il presente studio consiste in un'indagine preliminare in preparazione di altre, quali l'analisi isotopica del Pb che si basa sul confronto dei rapporti di diversi isotopi identificati in matrici diverse. Questo studio e altri in corso sono motivati dal voler fornire prove a sostegno di una strategia di prevenzione condivisa e diretta a specifiche fonti di esposizione.

Il programma di lavoro complessivo è stato predisposto e realizzato in collaborazione con organizzazioni internazionali, come la UK Health Security Agency (UKHSA) (in precedenza Public Health England, PHE) e ISS, per consentire alle autorità sanitarie della Georgia di affrontare questa emergenza sia in termini di adeguatezza scientifica che di attiva collaborazione interistituzionale ed internazionale.

In particolare, le analisi riportate in questo lavoro mirano a valutare l'efficacia degli interventi posti in essere a seguito dello studio MICS-2018 misurando il BLL nei bambini in precedenza identificati come aventi un BLL elevato nello studio MICS-2018, e fornendo una valutazione iniziale di tali interventi. Più specificamente gli obiettivi erano di:

- confrontare il BLL iniziale (MICS-2018) e il successivo BLL misurati all'epoca del programma statale per la diagnosi precoce (screening) delle malattie da esposi-

zione dal Pb (di seguito “il programma statale”)  
 - esaminare l'andamento longitudinale delle variazioni di BLL.

## ■ Materiali e metodi

Il progetto era uno studio longitudinale con un disegno osservazionale per monitorare i cambiamenti nel BLL a seguito degli interventi di salute pubblica realizzati dopo che l'indagine MICS-2018 ha identificato un'ampia percentuale di BLL che superava il livello stabilito in Georgia per far scattare gli interventi, ed è stato considerato un intervento in due fasi per tutti i bambini inclusi nel sondaggio MICS-2018 e il loro nucleo familiare.

L'intervento di prima fase si basava sulla comunicazione scritta e verbale riguardante la riduzione dell'esposizione al Pb da parte dell'NCDC e dei suoi partner regionali, alle famiglie dei bambini che avevano partecipato al MICS-2018. L'intervento della seconda fase era il programma statale di follow-up clinico, che è stato implementato dall'agosto 2019 in poi. Nell'ambito del programma statale, il BLL è stato testato almeno una volta e i test sono stati ripetuti se il BLL del bambino era  $\geq 5 \mu\text{g}/\text{dL}$ . I risultati del test MICS-2018 BLL sono stati trattati come riferimento.

Pertanto, l'intervento di interesse in queste analisi è stato il trasferimento di consapevolezza sul rischio in termini di salute pubblica. Il risultato di questa analisi è stato definito come la differenza di BLL tra l'indagine MICS-2018 e gli interventi successivi.

### • Comunicazione NCDC (primo intervento)

A ciascuna delle 1578 famiglie sono state inviate lettere che riportavano i risultati del BLL e le raccomandazioni relative alla riduzione dell'esposizione al Pb a livello familiare. L'NCDC, l'ufficio del CDC di Tbilisi e l'Università di Emory sono stati coinvolti nello sviluppo di queste raccomandazioni.

Le lettere descrivevano le possibili fonti e le conseguenze per la salute a seguito dell'esposizione al Pb e fornivano consigli ai genitori su come ridurre l'esposizione al Pb all'interno della famiglia e in particolare sulle abitudini alimentari (suggerendo un aumento dell'assunzione di alimenti ricchi di calcio, ferro e vitamina C) che possono aiutare a ridurre BLL.

Se il BLL era  $\geq 5 \mu\text{g}/\text{dL}$ , si consigliava ai genitori di portare il bambino da un pediatra per valutare lo sviluppo fisico e mentale e la carenza di ferro e, se necessario, seguire le raccomandazioni del pediatra per ulteriori esami. Tutte le spese sono state coperte dal programma statale descritto di seguito.

Ai genitori è stato anche comunicato per lettera che gli specialisti della salute pubblica del comune di residenza avrebbero studiato ulteriormente il loro ambiente di vita per indagare potenziali fonti di esposizione al Pb.

### • Il programma statale (Intervento di seconda fase)

Il programma statale nel 2019 includeva una componente di biomonitoraggio BLL per i bambini che avevano precedentemente partecipato a MICS-2018 e inclu-

<b>Temi riguardanti il Pb</b>	<b>informazioni e consigli forniti ai genitori</b>
1. Effetti del piombo sulla salute del bambino	Il piombo influisce negativamente sullo sviluppo mentale come le capacità cognitive e le capacità di apprendimento. Il piombo può influenzare l'udito, il comportamento, la crescita e lo sviluppo intellettuale
2. Principali sintomi	Ridotta capacità di apprendimento; punteggi bassi nei test di valutazione intellettuale; crescita e sviluppo limitati; problemi di attenzione e concentrazione; problemi relativi al linguaggio; bassi punteggi accademici; problemi di coordinamento; problemi di comportamento; iperattività
<b>Consigli/raccomandazioni</b>	
1. Consigli sui comportamenti	Negare l'accesso alle superfici con vernice al piombo o con qualsiasi vernice che si sfalda; lavare regolarmente le mani del bambino e lavare i giocattoli del bambino; pulisci regolarmente la tua casa con acqua; evitare l'uso di medicine popolari; fai attenzione che tuo figlio non abbia accesso ai cosmetici prodotti; proteggere i bambini dai lavori di costruzione e ristrutturazione; proteggersi durante i lavori di ricostruzione della casa dall'esposizione a materiali contenenti piombo; non fumare intorno ai tuoi bambini; non lasciare che i bambini si avvicinino a discariche o discariche; fai attenzione che i tuoi bambini non abbiano contatto con il terreno nudo (non giocare con/nel terreno). Se è possibile, dai ai tuoi figli speciali cassoni di sabbia da gioco, o sistemare in superficie il terreno nudo con erba o legno
<b>2- Consigli sulla dieta</b>	
Una dieta ricca di calcio rafforza le ossa e aumenta l'eliminazione di piombo dal corpo	Latte e prodotti derivati dal latte, come yogurt e formaggi; verdure a foglia verde, come cavoli, rape, senape e verdure; cibo fortificato con calcio, come l'arancia succo, latte di soia e tofu; salmone in scatola e sardine
Il ferro ostacola l'assorbimento del piombo; prova a mangiare cibi ricchi di ferro.	Carne rossa magra; cereali, pane e pasta fortificati con ferro; frutta secca, come l'uvetta e prugne nere; fagioli e lenticchie
La vitamina C migliora il ferro assorbimento nel corpo, che può sostituire il piombo nel corpo.	Agriumi, come arancia e pompelmo; altra frutta, come kiwi, fragola, melone; pomodoro; Patata; Pepe

**Tab 1:** Breve descrizione delle informazioni e dei consigli/raccomandazioni fornite ai genitori

devano anche i loro familiari di età inferiore a 18 anni e i familiari in stato di gravidanza<sup>23</sup>.

La valutazione da parte del pediatra nell'ambito del programma statale includeva:

- valutazione dello sviluppo fisico e mentale dei bambini con un questionario prestabilito;
- valutazione dello stato nutrizionale: assunzione di vitamine, calcio e ferro;
- fornitura di informazioni sulle possibili fonti di esposizione al Pb e sulle raccomandazioni internazionali. Se BLL era  $\geq 5$   $\mu\text{g/dL}$ , al bambino sono stati forniti integratori di ferro e calcio e multivitaminici<sup>23</sup>

Il programma statale prevedeva anche la formazione di medici di famiglia, pediatri e specialisti della salute pubblica nella diagnosi precoce e nella gestione dell'esposizione al piombo<sup>23</sup>. L'età e il luogo di residenza di ciascun bambino sono stati raccolti sia nell'ambito dell'indagine MICS-2018 che con il programma statale<sup>23</sup>.

Nell'indagine MICS-2018, i BLL venosi sono stati misurati utilizzando un analizzatore di piombo nel sangue LeadCare II fornito da Magellan Inc.<sup>14</sup>, mentre con il programma statale sono indagati mediante uno spettrometro ad assorbimento atomico<sup>23</sup>.

Tutti i bambini testati nello studio MICS-2018 con un BLL  $> 5$   $\mu\text{g/dL}$  sono stati seguiti dal team della clinica pediatrica dell'ospedale pediatrico di Iashvili con test BLL ripetuti nel 2019 e sono stati inclusi nell'analisi statistica.

Le frequenze dei test dipendevano dal BLL rilevato con il MICS-2018. I bambini il cui BLL era sceso al di sotto del livello massimo non sono stati seguiti ulteriormente. Bambini con  $> 10$   $\mu\text{g/dL}$  sono stati testati fino a 4 volte nel programma statale<sup>23</sup>.

## • Metodi statistici

Tutti i bambini

- di età inferiore ai 18 anni
- testati nel quadro dello stato 2019 programma
- anche nel MICS-2018 sono stati inclusi nell'analisi statistica. Nel quadro del programma statale erano compresi anche i bambini di età inferiore a 18 anni che non erano stati testati nel MICS-2018 e sono stati esclusi dall'analisi, così come le donne della famiglia in gravidanza. Per una descrizione generale della coorte, abbiamo calcolato le frequenze.

Il BLL è stato misurato all'interno di tre diversi programmi su ciascun bambino nello studio. I bambini sono stati raggruppati in 10 diverse regioni geografiche e ogni regione era più lontana raggruppati nella regione occidentale o nella regione orientale. Bambini residenti in Occidente le regioni tra cui Adjara, Guria, Imereti e Samegrelo avevano BLL statisticamente più elevati.

La misurazione ripetuta e il cluster sono due caratteristiche essenziali dei dati relativi al BLL raccolto in questo studio. Le misurazioni su bambini diversi vengono prese in considerazione come indipendenti, mentre quelli dello stesso figlio/famiglia sono potenzialmente correlati.

Un problema statistico che i ricercatori devono affrontare in tali studi riguarda la corretta contabilizzazione nell'analisi della correlazione tra misurazioni effettuate dallo stesso bambino.

Quindi abbiamo adottato qui un approccio di modellazione statistica che consente alle misurazioni raccolte sullo stesso bambino di essere correlate tra loro. Tuttavia, i risultati preliminari (che non sono qui riportati) sull'applicazione diretta del modello ai dati BLL non erano soddisfacenti. Dopo aver studiato i residui con un modello iniziale, è stata applicata una trasformazione logaritmica. I dati trasformati sono quindi stati utilizzati come risposta nella modellazione. La suddivisione delle regioni ad ovest e ad est è stata utilizzata come stratificazione nel modello. Il modello includeva la regione come effetto casuale in aggiunta al programma. Il modello ha consentito di mettere in relazione le osservazioni con lo stesso bambino. Una componente simmetria o correlazione scambiabile è stato selezionato per adattarsi al disegno dello studio. Il MICS-2018 è stato impostato come categoria baseline/riferimento nel modello. Ciò implica immediatamente che i dati di BLL dell'agosto 2019 e quelli più recenti possano essere confrontati direttamente dai risultati del modello. Posto che  $Y_{ijkl}$  sia la variabile casuale trasformata in log (BLL) della l-esima misura ( $l = 1, 2, 3$  programma), dal k-esimo bambino ( $k = 1, \dots$ ) all'interno della regione j ( $j = 1, \dots$ ) dagli strati l ( $i = 1 = \text{Ovest}, 2 = \text{Est}$ ). Il modello misto lineare alla base dell'analisi dei dati è quindi fornito da

$$\text{Modello 1: } Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_{il} + u_{(j(i))} + e_{ijkl}^1$$

dove  $\mu$  (Ovest) è l'intercetta,  $\alpha_2 = 0$  e  $\alpha_1$  è l'effetto degli strati (Est). Il  $\beta_{ik}$  ( $i = 1, 2$  e  $l = 1, 2$  e  $3$ ) è l'effetto del programma con  $\beta_{i1} = 0$ , ovvero il MICS-2018 è stato impostato sulla linea di base.

La regione con effetti casuali,  $u_{(j(i))}$ , è una variabile normale indipendente con media zero e varianza comune  $\emptyset$ . L'ultimo termine  $e_{ijkl}$  corrisponde all'errore distribuito normalmente. I termini di errore possono essere correlati all'interno dei bambini e indipendenti tra i bambini. Qui è stata adottata una struttura di correlazione scambiabile o costante. I parametri del modello sono stati stimati utilizzando il metodo della massima verosimiglianza ristretta (REML). Il calcolo è stato eseguito in SAS utilizzando il software [SAS/STAT], versione 9.4 del SAS 64 BIT VITTORIA<sup>14</sup>

## Etica

Secondo la legge della Georgia sui diritti dei pazienti, il consenso informato scritto è richiesto all'interno delle istituzioni mediche ed è stato ottenuto per i dati qui presentati. L'analisi dello studio è stata condotta in due fasi: la prima nell'ambito dell'indagine MICS-2018 e la seconda nel programma statale. Il consenso informato sottoscritto da parte dei genitori o tutori dei bambini è stato raccolto per ogni campione di sangue, sia quelli inclusi nel MICS-2018 che quelli compresi nel programma statale. Nell'ambito del programma statale, il sangue è stato raccolto presso sedi di istituzioni mediche. I genitori/tutori erano liberi di revocare il proprio

Regione	n	Mediana da MICS Survey and IQR della conc. di Pb	n	Mediana da Programma di Stato Ag. 2019 e IQR conc. di Pb	n	Risultati più recenti da Programma di Stato most recent result (fino Dic. 2019, escluso Ag) Mediana e IQR concentration Pb
Overall	423	9.6 [6.8 – 14.1]	364	7.1 [4.6 – 11.1]	315	6.8 [4.3 – 10.6]
Adjara	96	11.0 [7.3 – 19.8]	84	9.4 [6.5 – 15.1]	79	10.2 [6.8 – 16.4]
Guria	99	11.0 [8.6-15.8]	91	8.7 [6.6-12.0]	83	8.8 [5.7 – 11.8]
Imereti	56	9.3 [6.7 – 13.5]	52	5.5 [4.2 – 9.1]	44	6.8 [4.5 – 10.1]
Kakheti	15	6.5 [5.3 – 9.1]	11	4.0 [3.0 – 7.0]	5	2.9 [2.0 – 3.2]
Mtskheta	18	7.7 [5.9 – 11.0]	11*	5.1 [4.6 – 6.9]	16*	4.1 [2.9 – 7.6]
Qvemo Qartli	9	6.8 [5.6 – 8.2]	8	4.6 [4.1 – 5.5]	3	4.9 [3.1 – 9.8]
Samegrelo	57	9.4 [7.4 – 12.5]	53	6.2 [4.4 – 8.5]	41	6.6 [4.3 -8.0]
Samtskhe_javakheti	12	8.3 [6.1 – 15.4]	6*	9.7 [4.5 – 16.0]	10*	7.5 [4.1 -10.9]
Shida Qartli	38	7.9 [5.9 – 10.0]	29	4.2 [3.1 – 5.0]	23	4.7 [3.2 – 6.8]
Tbilisi	23	8.3 [6.3 – 10.8]	19	5.2 [3.9 – 9.6]	11	6.9 [5.3 – 9.2]

\*Il numero di bambini che hanno fornito campioni dopo agosto è aumentato perché alcune famiglie non hanno potuto partecipare agli appuntamenti di agosto.

**Tab 2:** Riepilogo delle variazioni mediane della concentrazione di Pb ( $\mu\text{g}/\text{dL}$ ) tra l'indagine MICS (2018) e il programma statale (2019)

consenso in qualsiasi momento. L'approvazione etica per MICS-2018 è stata ottenuta l'8 agosto 2018 (NCDC IRB # 2018-033). Il comitato di revisione istituzionale ha approvato nel giugno 2020 lo studio qui presentato (NCDC IRB n. 2020-026)<sup>24</sup>.

## Risultati

Il set di dati includeva 423 bambini, nel 38% (160 bambini) è stato testato BLL solo una volta, nel 41% (175 bambini) è stato testato due volte, nel 19% (80 bambini) è stato testato tre volte e nel 1,9% (8 bambini) sono stati testati quattro volte. La distribuzione regionale della coorte nelle 10 regioni della Georgia variava da un minimo di 9 bambini a Kvemo Kartli a un massimo di 99 bambini a Guria.

Se un bambino era stato testato solo una volta (160

bambini), tale risultato BLL è stato considerato come il più recente. Su una coorte totale (423 bambini), 256 sono stati testati ad agosto e dopo agosto 2019. Per questi bambini, gli ultimi risultati BLL ottenuti dopo agosto (settembre-dicembre 2019) sono stati considerati il risultato più recente.

Abbiamo osservato la riduzione complessiva del BLL mediano tra MICS-2018 (9,6  $\mu\text{g}/\text{dL}$ ) e risultati del test di agosto 2019 (7,1  $\mu\text{g}/\text{dL}$ ) e tra MICS-2018 e il BLL più recente risultati (6,8  $\mu\text{g}/\text{dL}$ ). Tuttavia, non c'erano informazioni sufficienti per supportare significative variazioni tra i risultati BLL di agosto 2019 e i più recenti. La BLL mediana con intervallo interquartile (IQR) 25–75% è riportata nella Tabella 2.

La riduzione del BLL era statisticamente significativa ( $p < 0,001$ ) sia nell'est che nel Regioni occidentali della Georgia. La riduzione media è maggiore tra MICS-2018 e il risultati BLL più recenti in entrambe le regioni ri-

**Tab 3:** Parametri stimati e statistiche associate

Effect	#child	Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t
Intercept	423*	2.4	0.08	29.05	<.0001
East	423	-0.22	0.11	-1.85	0.0641
East*August	423	-0.52	0.05	-11.30	<.0001
East*Recent	423	-0.56	0.05	-12.13	<.0001
West*August	423	-0.29	0.03	-11.62	<.0001
West*Recent	423	-0.33	0.03	-13.03	<.0001
Intercept	256**	2.4	0.09	24.870	<.0001
East	256	-0.14	0.16	-0.920	0.356
East*August	256	-0.39	0.07	-5.690	<.0001
East*Recent	256	-0.48	0.07	-6.940	<.0001
West*August	256	-0.26	0.03	-9.080	<.0001
West*Recent	256	-0.305	0.029	-10.680	<.0001

\*l'intera coorte; \*\* solo quelli testati ad agosto e dopo agosto

Label	N	Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t
East vs West in August	423*	-0.23	0.05	-4.3	<.0001
East vs West in Recent	423	-0.23	0.05	-4.4	<.0001
August vs Recent in East	423	0.04	0.05	0.84	0.4029
August vs Recent in West	423	0.04	0.03	1.42	0.1558
East vs West in August	256**	-0.14	0.08	-1.81	0.0707
East vs West in Recent	256	-0.18	0.08	-2.36	0.0182
August vs Recent in East	256	0.09	0.07	1.26	0.2092
August vs Recent in West	256	0.05	0.03	1.59	0.1099

\*l'intera coorte; \*\* solo quelli testati ad agosto e dopo agosto

**Tabella 4.** Confronto di coppie tra diversi punti di analisi BLL (agosto vs. MICS; recente vs. MICS, agosto vs. recente) nella parte occidentale e orientale della GeorgiaTable 5. Pair comparison between different BLL analysis points (August vs. MICS; Recent vs. MICS, August vs. recent) in West and East part of Georgia

petto a MICS-2018 e i risultati BLL dell' agosto 2019. Tuttavia, il confronto a coppie (Tabella 4) non ha supportato differenze statisticamente significative tra agosto 2019 e i risultati BLL più recenti (in una o nella Georgia orientale)

Si osserva una forte differenza con un livello inferiore statisticamente significativo di BLL nell'est rispetto alla Georgia occidentale ( $p < 0,001$ ).

## ■ Discussione

### Risultati chiave

Nei bambini studiati, abbiamo osservato una riduzione mediana del BLL tra MICS-2018 e intervento di prima fase ad agosto 2019 di 2,5 µg/dL e tra MICS-2018 e i risultati BLL più recenti di 2,8 µg/dL. La riduzione mediana del BLL tra agosto 2019 e i risultati BLL più recenti (0,3 µg/dL) non erano statisticamente significativi.

### Limiti dello studio

Non abbiamo valutato quali interventi tra quelli citati nella lettera di comunicazione dopo MICS-2018 siano stati attuati dalle famiglie o se i nuclei familiari abbiano scelto di attuare altri interventi non menzionati nella lettera. In ogni caso, le azioni chiave raccomandate dall'OMS sono state incoraggiate nelle famiglie dei bambini indagati.

Poiché non abbiamo considerato etico monitorare i bambini con BLL elevato senza dare consigli per ridurre l'esposizione al Pb, non possiamo nemmeno scartare del tutto che il calo del BLL sia stato una conseguenza di altri fattori.

Gli interventi del programma statale nel 2019 sono stati rivolti ai bambini il cui BLL (nel L'indagine MICS-2018 era superiore a 5 µg/dL. Per questo motivo, non si può parlare di modifiche del BLL nei i bambini i cui risultati del test erano inferiori a 5 µg/dL. Se il BLL di un bambino, incluso nel programma statale 2019, era ridotto al di sotto di 5 µg/dL, questo bambino non è stato più testato nell'ambito del programma statale. Non possiamo essere certi che il BLL in questi bambini sono rimasti ad un livello costante al di sotto di 5 µg/dL o sono ulteriormente diminuiti, ma se così fosse stato, la diminuzione

media del BLL osservata alla fine del periodo di studio avrebbe potuto essere più significativa. Poiché il 37,8% dei bambini è stato testato solo una volta nel programma statale, la dimensione del campione per l'analisi di sostenibilità è stata ridotta e di conseguenza sottodimensionata per rilevare una differenza statistica tra agosto 2019 e gli ultimi campioni. Inoltre, il periodo di campionamento del programma statale (agosto-dicembre 2019) era relativamente breve per rilevare ulteriori cambiamenti di BLL in questi bambini.

### Punti di forza dello studio

I risultati si basano sul campionamento rappresentativo a livello nazionale dell'indagine MICS-2018 e sono stati restituiti agli stessi bambini campionati per il programma statale. Un altro punto di forza dello studio è che non abbiamo utilizzato un sottoinsieme del gruppo di partecipanti al programma statale ma l'intero set di dati.

### Il valore dell'intervento previsto

Rispetto ad altri interventi di riduzione del Pb su una popolazione di bambini distribuita a livello nazionale, la riduzione del BLL all'interno del presente studio è maggiore di quella raggiunto in Canada<sup>25</sup> e simile a quello ottenuto in North Carolina e Vermont<sup>26</sup> alla fine degli anni '90, sebbene gli interventi dovrebbero essere condotti per un periodo di più anni al fine di ottenere una riduzione del BLL più persistente e più marcata<sup>27</sup>.

Nel nostro studio, abbiamo osservato un calo mediano del BLL di 2,5 µg/dL in 8-12 mesi. Ciò si risulta favorevole se confrontato con i dati NHANES<sup>27</sup>, dove si era verificato medio del 70% di riduzione del BLL tra le indagini 1976-1980 e 1988-1991, e dove la riduzione da 15,0 a 3,6 µg/dL e 11,7-1,9 µg/dL per i gruppi di età 1-5 anni e 6-19 anni, rispettivamente, ma sono stati osservati in un intervallo minimo di 8 anni. Un'indagine successiva nella Carolina del Nord e nel Vermont<sup>26</sup> utilizzando campioni raccolti tra il 1996 e il 1999 ha concluso che era stato necessario poco più di 1 anno (382 giorni) perché il BLL scendesse a < 10 µg/dL; tenendo conto che i BLL più alti impiegano ancora più tempo nei bambini

di età inferiore a 5 anni segnalando un BLL > 10 µg/dL. Con il nostro studio riportiamo un BLL mediano al di sotto di questo cut-off in tutte le regioni nel campione di agosto 2019, sebbene una regione (Adjara) abbia segnalato un BLL mediano di 10,2 µg/dL nel campione di sangue più recente (Tabella 2). La riduzione del BLL è un miglioramento sostanziale all'interno della popolazione target nel periodo considerato. Tuttavia, avendo ottenuto un simile miglioramento nell'intera popolazione, un diverso tipo di intervento, guidato da un pediatra, tale intervento avrebbe potuto non essere il più conveniente. Gli interventi attuati in Georgia sono stati dispiegati nell'ambito di un programma per far fronte a un'emergenza nazionale di ampia portata nei bambini con BLL maggiore del valore limite di riferimento. Ciò significava che la priorità immediata era data all'implementazione di noti interventi per ridurre l'esposizione al Pb, piuttosto che istituire uno studio di randomizzato controllato di comunità (RCT). Revisioni di RCT che valutavano interventi per ridurre il BLL come indicatore dell'esposizione al Pb non hanno supportato precedenti studi basati solo su interventi educativi<sup>28</sup>. La conclusione di una revisione degli interventi di riduzione del Pb in Australia è stata che l'istruzione accompagnata dall'assistenza nelle pulizie domestiche può essere efficace [29], ma anche che occorre concentrare gli sforzi sulle visite delle case con indagini sulle fonti di Pb [30]. In ogni caso, la riduzione del BLL mostra che un programma di intervento Pb può migliorare BLL in un periodo relativamente breve. Potenzialmente, un intervento basato sulla promozione della salute della popolazione mirato ad aumentare la consapevolezza dell'esposizione e del danno al Pb, oltre che un cambiamento comportamentale delle persone coinvolte, potrebbe favorire un miglioramento duraturo in tutta la popolazione. Nel nostro caso, il l'intervento basato sulla popolazione è stato mirato e su misura per i bambini già testati e identificati per avere elevate concentrazioni di BLL. L'approccio utilizzato dalla Georgia è stato basato sulla comunicazione scritta e verbale diretta ad ogni famiglia, che crediamo abbia contribuito a determinare la significativa efficacia dell'intervento. Una vasta gamma di interventi dentro e fuori la casa rimane raccomandata dall'Organizzazione Mondiale della Sanità per affrontare l'esposizione al Pb<sup>31</sup>.

### La necessità di continuare l'intervento per ridurre l'esposizione al Pb nella Repubblica di Georgia

L'alto contenuto documentato di Pb nelle spezie comunemente usate nella cucina georgiana conferma la presenza di Pb a concentrazioni potenzialmente preoccupanti nei prodotti alimentari come una di le fonti di esposizione in questa popolazione<sup>22</sup>. Anche se si prevede che ulteriori interventi avranno un costo, si è verificato che in generale si ottengono miglioramenti sostanziali nell'investire sulla riduzione dell'esposizione al Pb, mirando principalmente all'intervento precoce nelle comunità più a rischio<sup>32</sup> e dando priorità alle misure di controllo ambientale rispetto a quelle basate sulla gestione clinica<sup>33</sup>. Sebbene parzialmente interrotto a

causa dell'epidemia di COVID-19, il programma statale è proseguito nel 2020 e 2021 per affrontare il problema nazionale del Pb.

#### 4.6. Passi successivi per l'identificazione delle sorgenti di Pb e del valore degli interventi specifici

Diverse opzioni sono essenziali per identificare le fonti di Pb nel modo più dettagliato, tra cui l'analisi del rapporto isotopico Pb nel sangue e nei campioni ambientali per confermare le specifiche fonti di Pb che contribuiscono maggiormente al BLL elevato<sup>34</sup>. In questa prospettiva sSi sta sviluppando un approccio correlato a programmi di intervento aggiuntivi basati sulle particolari fonti di informazioni sul Pb, che possono differire tra aree geografiche o riferite agli integratori alimentari che possono determinare interventi mirati a particolari sottogruppi di persone o ad aree specifiche. È stato suggerito che gli sforzi per riparare il danno dovrebbe concentrarsi sulla sua riduzione e contribuire agli sforzi per pianificare uno sviluppo sociale ottimale con un'adeguata considerazione degli aspetti ambientali<sup>35,36</sup>.

## ■ Conclusioni

Abbiamo documentato nel contesto georgiano una significativa riduzione del BLL nei bambini in un periodo di tempo relativamente breve.

Ciò può essere attribuito a una serie di interventi proattivi da parte delle autorità sanitarie pubbliche insieme all'interesse dei media nel paese.

Abbiamo osservato che la maggior parte della riduzione poteva essere stata determinata da un insieme relativamente semplice di interventi che includeva la comunicazione individuale scritta e verbale (vedi Tabella 1) insieme con visite domiciliari nel sottogruppo di famiglie con bambini più esposti. L'intervento più impegnativo (come il programma statale che comprendeva la visita medica) era ugualmente mirato agli stessi bambini e sembrava mantenere questa riduzione del BLL, sebbene sia stato possibile documentare ciò solo per un breve periodo di tempo.

Il monitoraggio è in corso e fornirà l'opportunità di valutare il BLL in un campione più ampio di bambini. Ciò potrebbe includere l'affrontare differenze molto significative riportate in questo studio della prevalenza di BLL tra le regioni occidentali e orientali del paese. Al momento, il motivo di questa differenza geografica, così come le fonti di Pb di maggiore importanza per i bambini in Georgia, sono sconosciuti. La ricerca sulle fonti di esposizione al piombo è fondamentale per fornire prove per la pianificazione di interventi di sanità pubblica solidi, efficaci, ed in tutto il territorio nazionale, in combinazione con misure già in corso di realizzazione.

Potrebbero essere progettati interventi mirati, personalizzati e basati su evidenza a livello di popolazione. Su queste basi, una volta identificate le principali fonti di Pb, potrebbe essere fattibile ottenere un'ulteriore riduzione sostenuta del BLL tra i bambini già identificati, e soprattutto ottenere una riduzione tra tutti i bambini esposti.

## Bibliografia

1. Wheeler, D.C.; Boyle, J.; Raman, S.; Nelson, E.J. Modeling elevated blood lead level risk across the United States. *Sci. Total Environ.* 2021, 769, 145237.
2. European Food Safety Authority. Lead Dietary Exposure in the European Population: European Food Safety Authority. 2013. Available online: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2010.1570> (accessed on 5 November 2021).
3. Etchevers, A.; Bretin, P.; Lecoffre, C.; Bidondo, M.-L.; Le Strat, Y.; Glorennec, P.; Le Tertre, A. Blood lead levels and risk factors in young children in France, 2008–2009. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 2014, 217, 528–537, <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2013.10.002>.
4. Canfield, R.L.; Henderson Jr, C.R.; Cory-Slechta, D.A.; Cox, C.; Jusko, T.A.; Lanphear, B.P. Intellectual impairment in children with blood lead concentrations below 10 µg per deciliter. *N. Engl. J. Med.* 2003, 348, 1517–1526.
5. Lanphear, B.P.; Hornung, R.; Khoury, J.; Yolton, K.; Baghurst, P.; Bellinger, D.C.; Canfield, R.L.; Dietrich, K.N.; Bornschein, B.; Greene, T.; et al. Low-level environmental lead exposure and children's intellectual function: An international pooled analysis. *Environ. Health Perspect.* 2005, 113, 894–899.
6. Téllez-Rojo, M.M.; Bellinger, D.C.; Arroyo-Quiroz, C.; Lamadrid-Figueroa, H.; Mercado-García, A.; Schnaas-Arrieta, L.; Wright, R.O.; Hernández-Avila, M.; Hu, H. Longitudinal associations between blood lead concentrations lower than 10 µg/dL and neurobehavioral development in environmentally exposed children in Mexico City. *Pediatrics* 2006, 118, e323–e330.
7. International Programme on Chemical Safety. Environmental Health Criteria 165. Inorganic Lead; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 1995. Available online: <https://incchem.org/documents/ehc/ehc/ehc165.htm> (accessed on 5 November 2021).
8. Lanphear, B.P.; Rauch, S.; Auinger, P.; Allen, R.W.; Hornung, R.W. Low-level lead exposure and mortality in US adults: A population-based cohort study. *Lancet Public Health* 2018, 3, e177–e184.
9. Obeng-Gyasi, E.; Ferguson, A.C.; Stamatakis, K.A.; Province, M.A. Combined Effect of Lead Exposure and Allostatic Load on Cardiovascular Disease Mortality—A Preliminary Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18, 6879.
10. Harari, F.; Sallsten, G.; Christensson, A.; Petkovic, M.; Hedblad, B.; Forsgard, N.; Melander, O.; Nilsson, P.M.; Borné, Y.; Engström, G.; et al. Blood Lead Levels and Decreased Kidney Function in a Population-Based Cohort. *Am. J. Kidney Dis.* 2018, 72, 381–389.
11. Lin, J.-L.; Lin-Tan, D.-T.; Hsu, K.H.; Yu, C.-C. Environmental lead exposure and progression of chronic renal diseases in patients without diabetes. *N. Engl. J. Med.* 2003, 348, 277–286.
12. Can, S.; Bağcı, C.; Ozaslan, M.; Bozkurt, A.I.; Cengiz, B.; Cakmak, E.A.; Kocabaş, R.; Karadağ, E.; Tarakçıoğlu, M. Occupational lead exposure effect on liver functions and biochemical parameters. *Acta Physiol. Hung.* 2008, 95, 395–403.
13. Voice of America. Available online: <https://www.amerikishma.com/a/lead-in-georgian-spices-nyc/3924484.html> (accessed on 8 August 2021).
14. Kazzi, Z.; Gabelaia, L.; Shengelia, L.; Sturua, L.; Ericson, B.; Giorgobiani, A.; Nadiradze, A.; Gamkrelidze, A. Lessons Learned Through the Journey of a Medical Toxicologist While Characterizing Lead Hazards in the Republic of Georgia. *J. Med. Toxicol.* 2020, 16, 3–5, <https://doi.org/10.1007/s13181-019-00744-9>.
15. National Statistics Office of Georgia. 2018 Georgia Multiple Indicator Cluster Survey, Survey Report. 2019. Available online: [https://www.unicef.org/georgia/media/3501/file/Georgia\\_MICS\\_2018\\_en.pdf](https://www.unicef.org/georgia/media/3501/file/Georgia_MICS_2018_en.pdf) (accessed on 8 August 2021).
16. New York Health Department. Health Warning: Spices from Georgia May Contain High Levels of Lead. 2018. Available online: <https://www1.nyc.gov/assets/doh/downloads/pdf/lead/georgian-spices.pdf> (accessed on 8 August 2021).
17. Reg Info. The Amount of Lead in the Soils of Bolnisi and Dmanisi Has Increased Alarmingly. 2018. Available online: <http://reginfo.ge/environment/item/5409-bolnissa-da-dmanisshiniadagebshi-tybviis-raodenoba-sagangashodaa-gazrdili-kvleva> (accessed on 8 August 2021).
18. Avkopashvili, G.; Avkopashvili, M.; Gongadze, A.; Gakhokidze, R. Eco-monitoring of Georgia's contaminated soil and water with heavy metals. *Carpathian J. Earth Environ. Sci.* 2017, 12, 595–604.
19. CO Media. Hazardous Toys on Sale in Georgian Markets. 2017. Available online: <http://oc-media.org/hazardous-toys-on-sale-in-georgian-markets/> (accessed on 8 August 2021).
20. IPEN. Lead in Solvent-Based Paints for Home Use. Global Report. 2017. Available online: [https://ipen.org/sites/default/files/documents/ipen-global-lead-report-2017-v1\\_2-en.pdf](https://ipen.org/sites/default/files/documents/ipen-global-lead-report-2017-v1_2-en.pdf) (accessed on 8 August 2021). *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 182, 1903 11 of 11
21. Avkopashvili, G. Study of Sources of Lead as a Pollutant in 17 Families Living in Tbilisi. *Orbeliani Georgia Online Platform.* 2019. Available online: <https://netgazeti.ge/news/353273/> (accessed on 11 November, 2021).
22. Ericson, B.; Gabelaia, L.; Keith, J.; Kashbadze, T.; Beraia, N.; Sturua, L.; Kazzi, Z. Elevated Levels of Lead (Pb) Identified in Georgian Spices. *Ann. Glob. Health* 2020, 86, 124. <http://doi.org/10.5334/aogh.3044>.
23. Ministerial Decree №240, 23 May 2019 Governmental Decree #693, 31 December 2018. The State Program for Disease Early Diagnosis and Screening. Available online: <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/4569980?publication=0> (accessed on 8 August 2021).
24. Law of Georgia on Patient Rights. Available online: <https://matsne.gov.ge/en/document/view/16978?publication=7> (accessed on 30 October 2021).
25. Hiltz, S.R.; Bock, S.E.; Oke, T.L.; Yates, C.L.; Copes, R.A. Effect of interventions on children's blood lead levels. *Environ. Health Perspect.* 1998, 106, 79–83, doi:10.1289/ehp.9810679.
26. Dignam, T.A.; Lojo, J.; Meyer, P.A.; Norman, E.; Sayre, A.; Flanders, W.D. Reduction of elevated blood lead levels in children in North Carolina and Vermont, 1996–1999. *Environ. Health Perspect.* 2008, 116, 981–985.
27. Pirkle, J.L.; Brody, D.J.; Gunter, E.W.; Kramer, R.A.; Paschal, D.C.; Flegal, K.M.; Matte, T.D. The decline in blood lead levels in the United States. The National Health and Nutrition Examination Surveys (NHANES). *JAMA* 1994, 272, 284–291.
28. Nussbaumer-Streit, B.; Yeoh, B.; Griebler, U.; Pfadenhauer, L.M.; Busert, L.K.; Lhachimi, S.K.; Lohner, S.; Gartlehner, G. Household interventions for preventing domestic lead exposure in children. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2016, 10, CD006047, <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006047.pub5>.
29. Rhoads, G.G.; Ettinger, A.S.; Weisel, C.P.; Buckley, T.J.; Goldman, K.D.; Adgate, J.; Lioy, P.J. The effect of dust lead control on blood lead in toddlers: A randomized trial. *Pediatrics* 1999, 103, 551–555.
30. Whitehead, N.S.; Leiker, R. Case management protocol and declining blood lead concentrations among children. *Prev. Chronic Dis.* 2007, 4, A05.
31. WHO. WHO Housing and Health Guidelines; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2018; ISBN 978-92-4-155037-6. Available online: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/276001/9789241550376-eng.pdf> (accessed on 10 August 2021).
32. Gould, E. Childhood lead poisoning: Conservative estimates of the social and economic benefits of lead hazard control. *Environ. Health Perspect.* 2009, 117, 1162–1167, <https://doi.org/10.1289/ehp.0800408>.
33. Meyer, P.A.; Brown, M.J.; Falk, H. Global approach to reducing lead exposure and poisoning. *Mutat. Res.* 2008, 659, 166–175, <https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2008.03.003>.
34. Oulhote, Y.; Le Bot, B.; Poupon, J.; Lucas, J.-P.; Mandin, C.; Etchevers, A.; Zmirou-Navier, D.; Glorennec, P. Identification of sources of lead exposure in French children by lead isotope analysis: A cross-sectional study. *Environ. Health* 2011, 10, 75, <https://doi.org/10.1186/1476-069X-10-75>.
35. Moodie, S.M.; Evans, E.L. Ethical issues in using children's blood lead levels as a remedial action objective. *Am. J. Public Health* 2011, 101 (Suppl. S1), S156–S160, <https://doi.org/10.2105/AJPH.2011.300226>.
36. Prüss-Üstün, A.; Wolf, J.; Corvalán, C.; Bos, R.; Neira, M. Preventing Disease through Healthy Environments: A Global Assessment of the Burden of Disease from Environmental Risks; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2016.

## Impatto su clima, ambiente e salute del trasporto aereo. Il caso dell'inquinamento da piombo

### *Impact on climate, environment and health of air transport. The case of lead pollution*

#### Riassunto

L'inquinamento da Piombo continua ad essere un grave problema di sanità pubblica per le conseguenze su salute e ambiente come ormai riconosciuto da lunghissimo tempo.

Il Piombo è infatti un elemento cancerogeno e neurotossico, capace di superare anche la barriera placentare e andare ad alterare il cosiddetto fetal programming con gravi ripercussioni sulla salute sia in età pediatrica che adulta. La presenza di Piombo in ambiente è dovuta per la stragrande parte ad attività industriali e spesso a scorrette, quando non illegali, pratiche di smaltimento e riciclo (ad esempio lo smaltimento delle batterie piombo-acido), soprattutto nei paesi più poveri.

In passato è stato utilizzato anche nei pesticidi, nelle vernici e negli smalti, è tuttora presente in molti oggetti di uso comune, nel tabacco delle sigarette, nelle cartucce per la caccia, in alcuni tipi di spezie e cereali coltivati in aree contaminate e nelle acque distribuite da acquedotti con tubature obsolete. Bandito dalle benzine per le automobili già alla fine degli anni '90 è ancora aggiunto nella benzina avio o Avgas (Aviation gasoline).

L'articolo si propone di evidenziare e quantificare il rilevante contributo del trasporto aereo all'inquinamento da Piombo, nell'ambito dell'inquinamento più generale determinato su clima, ambiente e salute dall'aviazione.

#### Abstract

*Lead pollution continues to be a severe public health problem because of its serious consequences for health and the environment, as recognised for a long time now.*

*Lead is a carcinogenic and neurotoxic element that can cross the placental barrier and alter fetal programming, with significant repercussions on both paediatric and*

*adult health.*

*The presence of lead in the environment is largely due to industrial activities and often to incorrect, if not illegal, disposal and recycling practices, for example of lead-acid batteries, especially in poorer countries.*

*In the past, it was also used in pesticides, paints and enamels, and is still present in many everyday items, such as cigarette tobacco, hunting cartridges, some spices and cereals grown in contaminated areas, and water distributed by waterworks with obsolete pipes.*

*Banned from automotive gasoline as early as the late 1990s, it is still added to aviation gasoline or Avgas.*

*This article aims to highlight and quantify the significant impact of aviation on lead pollution, as part of the more general environmental and health pollution, and consequent climate impact, caused by aviation.*

**Key words:** *Aircraft, Lead, Avgas (Aviation Gasoline).*

#### ■ Introduzione

Il Piombo, elemento inquinante neurotossico e cancerogeno, è immesso in ambiente per la maggior parte da attività antropiche.

Tra queste attività, una alla quale si pensa poco è rappresentata dal trasporto aereo e questo perché il Piombo, bandito dalle benzine per auto già nel 1995, continua ad essere utilizzato come additivo nell'Avgas (Aviation Gasoline) in molti tipi di aerei soprattutto negli Stati Uniti d'America.

L'inquinamento da Piombo derivante dal trasporto aereo rappresenta quindi uno specifico inquinamento all'interno dell'inquinamento più generale determinato dal settore aeronautico<sup>1</sup>.

Per avere un quadro della gravità del problema dobbiamo ricordare che il

**ANTONELLA LITTA\***  
**GIUSEPPINA RANALLI\*\***

\*Medico di medicina generale, specialista in Reumatologia, referente e coordinatrice nazionale per l'Associazione medici per l'ambiente- ISDE del gruppo di studio su "Trasporto aereo come fattore d'inquinamento ambientale e danno alla salute"

\*\*Ingegnere chimico, funzionario della pubblica amministrazione, esperta di emissioni inquinanti, in particolare di quelle da impianti a biomassa e aerei

Per corrispondenza:  
giuseppina.ranalli@gmail.com

settore del trasporto aereo è in costante espansione, già a partire dagli anni novanta del secolo scorso, ed ha una responsabilità rilevante nella genesi dei cambiamenti climatici attraverso l'alterazione dei componenti dell'atmosfera (è l'unica attività umana che rilascia inquinanti, i prodotti della combustione del cherosene e della benzina avio, direttamente nella stratosfera) e il danno più in generale all'ambiente che esso produce; una responsabilità minimizzata se non negata e trascurata nelle sedi decisionali politico-economiche e resa poco nota alla stragrande maggioranza delle persone. Secondo quanto si legge sul sito "Climat action" della Commissione europea, nel documento Reducing emissions from aviation, se le emissioni del settore aereo venissero considerate come quelle di una nazione questa si collocherebbe tra i primi 10 paesi emettitori di gas serra.

E' necessario e doveroso quindi conoscere gli effetti anche di questa forma di trasporto per accrescere consapevolezza e responsabilità nel tentativo di arginare la devastazione ambientale e la sofferenza che ne è costante conseguenza: ogni giorno scompaiono circa 100 diverse specie del mondo vegetale ed animale, un impoverimento irreversibile che sta riducendo la biodiversità e ci sta portando verso un mondo sempre più uniforme ed incolore e verso cieli sempre più grigi<sup>2,3</sup>.

### ■ Traffico aereo, cambiamenti climatici

Negli ultimi decenni, il traffico aereo ha registrato una fase di crescita pressoché costante, fatta eccezione per i periodi di lockdown imposti dalla pandemia da Covid19-SarsCov2.

La crescita è dovuta soprattutto al settore del trasporto merci e quello dei voli low cost, solitamente legato al turismo definito anche "mordi e fuggi", determinando così un incremento importante del suo impatto negativo sull'ambiente, soprattutto in termini di inquinamento atmosferico, acustico e contributo ai cambiamenti climatici.

Solo una minima parte della popolazione mondiale viaggia in aereo, si stima circa il 15%, mentre le drammatiche conseguenze del surriscaldamento climatico, derivanti anche dal trasporto aereo, ricadono sull'intera umanità in termini di desertificazione, alluvioni, cicloni, sconvolgimenti climatici così gravi che determinano distruzioni e carestie in aree sempre più estese del pianeta e incrementano il fenomeno forzato delle migrazioni soprattutto dal continente africano ed asiatico.

Il traffico aereo contribuisce in ingente misura alle emissioni di anidride carbonica- CO<sub>2</sub>, principale gas ad effetto serra<sup>2,4</sup>.

Secondo il rapporto dell'European Aviation Environmental - EAE 2019 il numero di voli è aumentato dell'8% tra il 2014 e il 2017 ed è prevista una ulteriore crescita del 42% tra il 2017 e il 2040. Sempre secondo questo report entro il 2040 per le emissioni di CO<sub>2</sub> e degli Ossidi di Azoto-NO<sub>x</sub> sono previsti aumenti rispettivamente e almeno del 21% e del 16%.

Il report Aviation and Shipping – impacts on Europe's

environment dell'EEA 2017 (che ha preso in considerazione anche le emissioni del trasporto marittimo, afferma che il trasporto aereo e il trasporto marittimo internazionale contribuiscono in modo significativo alle emissioni di gas serra nell'Unione europea con un apporto rispettivamente del 13,3% e 12,8%.

Le emissioni di gas serra-GHG prodotte dall'aviazione internazionale sono raddoppiate dal 1990; sono quasi il 25% più elevate nel 2015 rispetto al 2000.

Le emissioni del settore sono aumentate in ciascuno degli ultimi 4 anni presi in considerazione (2013-2016), a un tasso medio di quasi il 2% per ogni anno.

I trasporti internazionali, in particolare il trasporto aereo e quello marittimo, non sono però ancora stati sottoposti a provvedimenti obbligatori e concreti per la riduzione delle loro emissioni inquinanti e dannose per il clima, l'ambiente e la salute.

Per queste ragioni ISDE-Italia, per tramite del suo presidente dottor Roberto Romizi, ha inviato ai Rappresentanti dei governi partecipanti alla conferenza internazionale di Glasgow sui cambiamenti climatici (UNFCCC COP 26) una lettera per chiedere che siano predisposti programmi nazionali e internazionali di riduzione e razionalizzazione del trasporto aereo, al fine di contrastare concretamente i cambiamenti climatici e limitare il rischio sanitario per le comunità esposte<sup>5</sup>.

### ■ I danni alla salute derivanti dalle emissioni di cherosene e di benzina avio contenente Piombo

Una vasta, rilevante e ultradecennale produzione scientifica nazionale ed internazionale mostra ormai inconfutabilmente che le persone che vivono in prossimità di scali aeroportuali e i lavoratori delle strutture aeroportuali sono costretti a subire oltre agli effetti dell'inquinamento dell'aria (a causa dell'immissione, nelle fasi di decollo e atterraggio, di polveri- Particolato-PM, varie miscele di idrocarburi, gas climalteranti e nocivi) anche quelli dell'inquinamento acustico ed elettromagnetico con conseguenze importanti sulla salute e lo stato psicofisico in particolare dei bambini, anche per esposizione materno-fetale<sup>6,7</sup>.

Gli studi rilevano per la popolazione adulta in primis un incremento delle malattie cardiovascolari, disturbi dell'umore e della qualità del sonno.

Per i bambini disturbi dell'apprendimento, della concentrazione e anche riduzione del quoziente intellettivo per esposizione agli effetti, anche di sommazione, dell'inquinamento dell'aria e dell'inquinamento acustico<sup>8,9,10,11</sup>.

Fra i vari inquinanti, è di particolare interesse il Piombo. I motori di piccoli aerei, che utilizzano benzina avio, a cui è aggiunto come antidetonante il Piombo tetraetile, rappresentano infatti una fonte da valutare con molta attenzione relativamente alla dispersione di tale inquinante nell'ambiente.

E' noto che il Piombo, come sopra già richiamato, è un elemento nocivo per la salute con azione neurotossica e cancerogena ed è in grado di provocare danni neuro-

logici, cognitivi e fisici<sup>12</sup>.

L'esposizione materno fetale e nei bambini causa anche disturbi dell'apprendimento con riduzione del Quoziente Intellettivo in proporzione all'aumentare dei livelli di Piombo nel sangue<sup>13</sup>.

Studi geo-referenziati sui livelli di Piombo nell'aria evidenziano livelli più alti vicino alle piste aeroportuali. I livelli riscontrati risultano fino a 4,2 volte superiori a quelli del livello di fondo rilevati in città lontane da aeroporti, con una diminuzione dei quantitativi proporzionale all'aumentare della distanza dalle strutture aeroportuali.

Questa diminuzione raggiunge i livelli di fondo quando la distanza diventa di circa 1 km<sup>14</sup>.

Le particelle espulse negli scarichi degli aerei hanno dimensioni molto piccole e quindi possono restare nell'aria per tempi più lunghi. In assenza di fattori meteorologici, come vento e pioggia, queste microscopiche particelle possono progressivamente accumularsi nelle aree aeroportuali. Le particelle più piccole risultano poi più nocive perché riescono a superare con grande facilità le barriere cellulari delle mucose respiratorie raggiungendo direttamente le cellule epiteliali polmonari. (Button et al 2012; Kesimer et al 2013)<sup>15</sup>.

Esposizioni croniche ad alti livelli di Piombo possono causare malattie neurologiche, cardiovascolari, renali ed endocrine e c'è da considerare quindi le notevoli risorse sanitarie che devono essere impegnate nel trattamento di queste patologie che sarebbe doveroso e facile prevenire<sup>16</sup>.

Vanno poi considerati anche i cosiddetti costi sociali perché è stato evidenziato come esposizioni croniche a questo inquinante favoriscano, per i documentati danni sul neuro-sviluppo, comportamenti aggressivi e antisociali nei più giovani<sup>17</sup>.

Anche in questo caso la prevenzione di questi comportamenti passa anche per una rapida quanto netta riduzione dell'esposizione al Piombo e ad altri inquinanti e ai loro effetti cumulativi, sinergici e di amplificazione ovvero al cosiddetto effetto cocktail<sup>18</sup>.

## ■ L'impegno dell'Associazione medici per l'ambiente- ISDE Italia

Secondo l'Organizzazione mondiale della Sanità- OMS ogni anno sono oltre 12 milioni le morti attribuibili all'inquinamento dell'aria, dell'acqua e all'inquinamento del suolo, alle esposizioni chimiche, ai cambiamenti climatici e alle radiazioni ultraviolette ed è quindi urgente e necessaria una riduzione dell'esposizione a fonti di inquinamento insieme ad interventi di risanamento, bonifica e tutela dell'ambiente.

Il traffico aereo è ascrivibile tra le più importanti fonti di inquinamento ambientale e danno alla salute e pertanto devono essere predisposti interventi, azioni e politiche nazionali e internazionali che ne prevedano una rapida quanto concreta razionalizzazione e riduzione.

Proprio per queste ragioni ISDE-Italia da più di 15 anni ha costituito il gruppo di studio specifico sul tema: "Il trasporto aereo come fattore di inquinamento ambien-

tale e rischio per la salute", e sempre per queste stesse ragioni il 29 ottobre 2016 è stata promossa a Firenze la I Giornata nazionale di studio sugli effetti sanitari e ambientali del trasporto aereo che ha richiamato l'attenzione dell'opinione pubblica nazionale ed internazionale sugli impatti negativi del settore aeronautico.

## ■ Emissioni degli aerei: composizione e quantitativi

Come riportato nell'"European Aviation Environmental Report 2019" (Agenzia Europea per l'Ambiente, European Union Aviation Safety Agency ed Eurocontrol), nel 2016 in Europa la percentuale delle emissioni prodotte dagli aerei risulta del 3,6% rispetto al totale delle emissioni e del 13,4% rispetto a quelle del settore trasporti. Nonostante queste percentuali non sembrano particolarmente elevate, l'inquinamento aereo merita un'attenzione particolare perché le emissioni interessano le zone aeroportuali, con significativo impatto sulla salute dei cittadini che vivono in prossimità dell'area, e in alta quota dove solitamente non arriva l'inquinamento prodotto dal traffico terrestre, dalle industrie, dal riscaldamento. Gli aerei infatti volano ad altezze intorno ai 10.000 metri, al di sopra dei corpi nuvolosi, e le emissioni solide e liquide, come le polveri sottili e fuliggine, i metalli, i residui di additivi, gli idrocarburi incombusti, tendono ad accumularsi nel tempo perché non subiscono la "rimozione umida" dovuta all'azione delle nubi o delle piogge, restano pertanto in sospensione per lungo tempo risentendo poco della gravità per le piccolissime dimensioni. Tali sostanze possono essere trasportate dai venti, anche in zone dove solitamente non è presente l'inquinamento, e, inoltre, le particelle solide possono fungere da nuclei di condensazione con potenziamento della formazione di cirri d'alta quota che impattano sul clima. I principali inquinanti emessi dai motori aeronautici sono anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>), idrocarburi incombusti (HC), monossido di carbonio (CO), particolato (PM) e fuliggine.

Il documento "Che cosa esce dai reattori degli aerei" del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC), Confederazione Svizzera (UFAC)<sup>19</sup>, riporta il cherosene bruciato e le emissioni prodotte da un aereo passeggeri da 150 posti in un'ora di volo (Tabella 1).

Le emissioni nocive, come è evidente dalla tabella, risultano in proporzione piuttosto modeste, tuttavia effettuando il calcolo per il combustibile bruciato in un anno nella UE, includendo il Regno Unito, e nel Mondo si osserva che sia gli idrocarburi incombusti sia le polveri/fuliggine non sono trascurabili.

Se le emissioni di CO<sub>2</sub> non sono importanti per il clima in proporzione rispetto a quelle prodotte da tutte le altre fonti inquinanti, così non è per il vapore acqueo, gli HC e le polveri sottili emessi in alta quota e negli aeroporti. In quest'ultimi assumono un'enorme importanza

Combustibile bruciato (kg)	Cherosene	2.500
Emissioni (kg)	Anidride carbonica (CO <sub>2</sub> )	7.900
	Vapore acqueo (H <sub>2</sub> O)	3.000
Emissioni nocive (kg)	Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> )	28
	Ossidi di Zolfo (SO <sub>x</sub> )	1,30
	Monossido di carbonio (CO)	1,90
	Idrocarburi incombusti (HC)	0,30
	Polveri/faliggine	0,10

Tabella 1. Emissioni aerei. Ufficio federale dell'aviazione civile (UFAC)

anche gli altri gas nocivi.

Va evidenziato che ai quantitativi stimati prodotti dalla combustione si sommano il particolato secondario e i residui degli additivi impiegati come: antiossidanti, antistatici, inibitori della corrosione<sup>20</sup>.

## ■ Piombo immesso dal settore aeronautico

In campo aeronautico, oltre al cherosene, si utilizza la benzina avio (Aviation gasoline), nota come Avgas, a cui si aggiunge come antidetonante il Piombo tetraetile, TEL dall'inglese TetraEthyl Lead Pb(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>.

Utilizzato in passato come additivo per la benzina per aumentare la resistenza all'auto accensione oggi è aggiunto all'Avgas che ne contiene al massimo 0,56 grammi/litro (Avgas 100LL – Low Lead). L'Avgas è ancora molto usato negli USA dove sono presenti 167.000 velivoli su 235.000 a livello mondiale, 16.000 in Europa. Nello studio "Concerns over Use of Leaded Aviation Gasoline (AVGAS)", pubblicato da "The Italian Association of Chemical Engineering" nel 2018, si stima che dal 1999 al 2008 siano stati rilasciati ogni anno da 762 tonnellate a 550 tonnellate di Piombo nei cieli degli Stati Uniti. Non risulta disponibile il consumo totale di Avgas al Piombo nel Mondo, tuttavia da un documento prodotto nel 2012 dalla Federal Aviation Administration "Aerospace Forecast Fiscal Years 2013-2033" risulta che nel 2008 negli Stati Uniti sono stati consumati 248 milioni di galloni (938 milioni di litri) con una previsione al ribasso per gli anni successivi (circa 200 milioni di litri per il 2020). Al livello mondiale, tenendo conto del numero di velivoli, i litri consumati potrebbero aggirarsi sui 1.000 milioni di litri nel 2008 fino a 300 milioni di litri nel 2020 se la previsione al ribasso si è realizzata. Benché i danni del Piombo siano noti, non esistono normative applicabili alle emissioni degli aeromobili con motore a pistone che utilizzano carburante con TEL, tuttavia ci sono due programmi ambientali statunitensi che mirano a limitare o vietare l'uso di benzina avio con Piombo e un programma ambientale dell'UE per vietarne la produzione. Negli Usa, oltre all'obiettivo di eliminare il Piombo tetraetile a lungo termine dall'Avgas 100LL, la U.S. Environmental Protection Agency e la Federal Aviation Administration si stanno impegnando per adottare misure operative negli aeroporti volte a ridurre o minimizzare la potenziale esposizione alle emissioni di Piombo oltre ad attivare azioni di carattere generale per la protezione, in particolare, dei bambini.

		UE28	Mondo
Combustibile bruciato (t)	Cherosene	50.000.000	250.000.000
Emissioni (t)	Anidride carbonica (CO <sub>2</sub> )	158.000.000	790.000.000
	Vapore acqueo (H <sub>2</sub> O)	60.000.000	300.000.000
Emissioni nocive (t)	Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> )	560.000	2.800.000
	Ossidi di Zolfo (SO <sub>x</sub> )	26.000	130.000
	Monossido di carbonio (CO)	38.000	190.000
	Idrocarburi incombusti (HC)	6.000	30.000
	Polveri/faliggine	2.000	10.000

Tabella 2. Stima emissioni aerei. Anno 2019 (UE28 e Mondo).

In Europa la Commissione europea ha ricevuto la raccomandazione dalla sua Agenzia europea per l'Ambiente di includere il TEL nell' Allegato XIV del regolamento (CE) n. 1907/2006 concernente la registrazione, la valutazione, l'autorizzazione e la restrizione delle sostanze chimiche REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and restriction of Chemicals). Nonostante l'impegno delle Agenzie per l'ambiente, il settore dell'aviazione presenta risvolti economici molto complessi e la riduzione delle emissioni è difficile da ottenere. Ciò è in parte dovuto alla durata di vita relativamente lunga degli aeromobili, che restano in attività per 25 o più anni e alla difficoltà di trovare additivi meno costosi e che non siano altrettanto dannosi per l'ambiente e la salute. Va evidenziato che il divieto alla produzione del Piombo tetraetile eliminerebbe l'unica fonte rimasta che produce tale composto per l'aeronautica (Innospec, Inc), che si trova nel Regno Unito.

Non è ancora noto come il Regno Unito affronterà i regolamenti REACH dell'Unione europea a seguito del recesso dall'UE nel gennaio 2020 e la fine del periodo di transito della Brexit nel dicembre 2020.

## ■ Conclusioni

### E' una questione di inquinamento da Piombo ma non solo

Dobbiamo guardare all'obiettività dei dati scientifici e affermare oltre che con la forza delle ragioni scientifiche anche con la forza dell'etica, che persegue i beni comuni, che volare fa male: al clima, all'ambiente e alla salute.

C'è bisogno quindi di:

- una politica di riduzione del trasporto aereo che sia ragionevole e rispettosa degli impegni sul clima, ambiente e salute e che produca quindi anche una netta riduzione del Piombo in atmosfera ed ambiente;
- proibire l'uso del trasporto aereo in forma disinvolta e solo ai fini di divertimento;
- limitare l'uso del trasporto aereo di merci e persone secondo criteri di effettiva necessità, pubblica utilità e non sostituibilità;
- sostituire il trasporto aereo, soprattutto in Europa, con i collegamenti ferroviari;
- consentire il trasporto aereo per fini di pubblica utilità, ed in particolare per soccorrere popolazioni e persone in pericolo, salvare vite umane, impedire

o contrastare catastrofi, difendere la natura, i beni culturali, le infrastrutture civili. Devono valere per il trasporto aereo gli stessi criteri che valgono per ogni umana attività. Anche l'ambito del trasporto aereo è sussunto ai valori morali, ai civili principi e alle norme giuridiche della Dichiarazione universale dei diritti umani, e in Italia, della Costituzione della Repubblica italiana. Occorrerebbe anzi ampliare i propri orizzonti occupando il prima possibile anche dell'inquinamento prodotto dal recente fenomeno del turismo spaziale e anche dei detriti spaziali che orbitano intorno alla Terra: circa 8 mila tonnellate in peso costituito da 29 mila oggetti di oltre 10 centimetri e più di un milione di frammenti troppo piccoli per essere tracciati<sup>21</sup>. Le collisioni indesiderate possono provocare danneggiamenti alle navicelle spaziali e al contempo provocare la formazione di altri detriti sempre più piccoli con effetti imprevedibili.

### Bibliografia e sitografia

- McCumber A., Strevett K.A., A geospatial analysis of soil lead concentrations around regional Oklahoma airports. *Chemosphere* 2017 Jan;167:62-70. doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.09.127. Epub 2016 Oct 3.
- Autori vari, Pulire l'aria. La vergogna di volare, Libreria Editrice Fiorentina, Firenze 2020
- Marinella Correggia. La rivoluzione dei dettagli. Feltrinelli, Milano, 2007.
- Stuber N., Forster P., Rädcl G., Shine K., The importance of the diurnal and annual cycle of air traffic for contrail radiative forcing. *Nature*.2006 Jun 15; 441(7095): 864-7.
- (<https://www.isde.it/isde-scrive-ai-governi-che-si-riuniscono-per-la-climate-change-conference-unfccc-cop-26-di-glasgow/>).
- Bellinger D.C., Very low lead exposures and children's neurodevelopment. *Curr Opin Pediatr*. 2008 Apr;20(2):172-7.
- Marshall A.T, McConnell R., Lanphear B.P., Thompson W-K., Herting M.M., Sowell E R., Risk of lead exposure, subcortical brain structure, and cognition in a large cohort of 9- to 10-year-old children. *PLoS One* 2021 Oct 14;16(10):e0258469. doi: 10.1371/journal.pone.0258469. eCollection 2021.
- Babisch W., Houthuijs D., Pershagen G., Cadum E., Katsouyanni K., Velonakis M., Dudley M.L., Marohn H.D., Swart W., Breugelmans O., Bluhm G., Selander J., Vigna-Taglianti F., Pisani S., Haralabidis A., Dimakopoulou K., Zachos I., Järup L.; HYENA Consortium. Annoyance due to aircraft noise has increased over the years results of the HYENA study. *Environ Int*. 2009 Nov; 35 (8) :1169-76.
- Héritier H., Vienneau D., Foraster M., Eze IC., Schaffner E., De Hoogh K., Thiesse L., Rudzik F., Habermacher M., Köpfli M., Pieren R., Brink M., Cajochen C., Wunderli J.M., Probst-Hensch N., Röösli M., A systematic analysis of mutual effects of transportation noise and air pollution exposure on myocardial infarction mortality: a nationwide cohort study in Switzerland. *Eur Heart J*. 2018 Oct 24
- Stansfeld S., Airport noise and cardiovascular disease. *BMJ* 2013;347:f5752
- Cattani G., Di Menno di Bucchianico A., Gaeta A., Romano D., Fontana L., Javicoli I., Aeroporti e qualità dell'aria: una sintesi critica della letteratura scientifica (Airports and air quality: a critical synthesis of the literature) *Epidemiol Prev* 2014; 38 (3-4): 254-261
- <https://www.issalute.it/index.php/la-salute-dalla-a-alla-z-menu/p/piombo#effetti-sulla-salute>
- Miranda M.L., Anthopolos R., Douglas Hastings D., A geospatial analysis of the effects of aviation gasoline on childhood blood lead levels *Environ Health Perspect*. 2011 Oct;119(10):1513-6. doi: 10.1289/ehp.1003231. Epub 2011 Jul 13.
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3230438/>
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7583388/>
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5338738/>
- Lawrence Hwang Environmental stressors and violence: lead and polychlorinated biphenyls *Rev Environ Health* Oct-Dec 2007;22(4):313-28. doi: 10.1515/reveh.2007.22.4.313
- Maricel V Maffini 1, Thomas G Neltner 1 Brain drain: the cost of neglected responsibilities in evaluating cumulative effects of environmental chemicals *Review J Epidemiol Community Health* 2015 May;69(5):496 9. doi: 10.1136/jech-2014-203980. Epub 2014 Oct 21
- [https://www.bazl.admin.ch/dam/bazl/it/dokumente/Politik/Umwelt/was\\_bei\\_triebwerkenhintenherauskommt.pdf.download.pdf/che\\_cosa\\_esce\\_daireattoridegliaerei.pdf](https://www.bazl.admin.ch/dam/bazl/it/dokumente/Politik/Umwelt/was_bei_triebwerkenhintenherauskommt.pdf.download.pdf/che_cosa_esce_daireattoridegliaerei.pdf)
- Ranalli G., Aerei e impatto ambientale <https://giuseppinaranalli.blogspot.com/2019/02/aerei-e-impatto-ambientale-come-la.html?q=impatto>
- Daria Guidetti - Politecnico di Torino (2020), Rifiuti spaziali, se li conosci li eviti, <https://www.youtube.com/watch?v=fNOLEMwu9TQ&t=932s>

# Norme editoriali

Il Cesalpino è la Rivista medico-scientifica promossa dall'Ordine dei Medici Chirurghi e degli Odontoiatri della Provincia di Arezzo. Pubblica lavori originali, di carattere medico scientifico con periodicità quadrimestrale. La rivista Il Cesalpino è inserita nelle banche dati di EBSCO *Information Services*, una delle più grandi società private di database di ricerca e riviste elettroniche negli Stati Uniti, visionabile al sito [www.ebsco.com](http://www.ebsco.com)

## Norme Editoriali

La rivista accoglie varie tematiche e rubriche scientifiche in particolare quelle attinenti a Appropriatezza in Medicina e Ambiente e Salute.

• I lavori devono essere indirizzati a:  
[redazionecesalpino@gmail.com](mailto:redazionecesalpino@gmail.com)

Le relazioni dovranno essere scritte in programma Word con massimo di 4/5 pagine comprese tabelle, grafici e fotografie.

Il lavoro deve iniziare con il seguente ordine:

- **Titolo** (in italiano e in lingua inglese)
- **Autore** (nome cognome, titolo accademico e sede di lavoro) indicando l'indirizzo mail a cui inviare la corrispondenza.
- **Abstract** in italiano e inglese (250 parole)
- **Parole chiave** in italiano e inglese (tre parole), permettendo così una consultazione rapida e una ricerca veloce nel database di Ebsco.
- **Introduzione, materiali e metodi, risultati, discussione e conclusioni** (usare font times new roman e comunque caratteri convenzionali in corpo 12). Si precisa che tutte le sigle e acronimi, scritti nel testo, devono riportare la definizione per esteso alla loro prima chiamata.
- **Bibliografia** (le citazioni bibliografiche vanno riportate nel testo in apice 1 o tra parentesi(1) con corrispettivo riferimento alla bibliografia scritta in fondo all'articolo, per un massimo di 15 chiamate). Per gli articoli di Riviste devono essere riportati: il cognome e l'iniziale del nome degli Autori, il titolo del lavoro, la Rivista, il numero, le pagine e l'anno di pubblicazione: es: De Bac C, Stroffolini T, Gaeta GB, Taliani G, Giusti G. Pathogenic factors in cirrhosis with and without hepatocellular carcinoma. A multicenter italian study. *Hepatology* 1994; 20:1225–1230. Nel caso di libri devono essere citati gli Autori, il titolo, l'edizione, l'editore, la città, l'anno. Per gli articoli su Internet dovrà essere indicato il link del sito. I lavori non ancora pubblicati possono essere segnalati con la dizione "in stampa" tra parentesi.
- **Tabelle, grafici e figure** devono essere preceduti da titolo e seguiti dalla fonte. Devono essere numerati in

modo indipendente e riportare l'indicazione nell'ambito del lavoro. Inviare sempre le immagini ad alta definizione.

• La segreteria redazionale (Segretaria redazionale, Coordinatore redazionale e Direttore responsabile) valuta la conformità degli articoli alle norme editoriali e provvede ad inoltrarli per la loro revisione ad alcuni membri del Comitato scientifico.

• La segreteria si fa carico di richiedere agli Autori le modifiche al testo secondo le osservazioni dei revisori. Gli Autori sono tenuti a fornire le correzioni entro 15 giorni e prima della pubblicazione online sarà a loro inviata l'ultima stesura definitiva. Le correzioni devono essere inviate a: [redazionecesalpino@gmail.com](mailto:redazionecesalpino@gmail.com)

• La segreteria invia i lavori corretti al Comitato di Redazione che ha il compito di approvare il numero della rivista e suddividere gli articoli pervenuti secondo le diverse rubriche.

La proprietà dei lavori pubblicati è riservata ed è vietata la riproduzione anche parziale degli articoli e delle illustrazioni non autorizzate dall'Editore. I lavori accettati sono pubblicati gratuitamente.

**Editore:** Consiglio provinciale dei Medici Chirurghi e degli Odontoiatri di Arezzo

**Presidente Ordine dei Medici Arezzo:** Lorenzo Droandi

**Direttore responsabile:** Roberto Romizi

**Coordinatore Redazionale:** Amedeo Bianchi

## Comitato Redazionale:

Borghesi Simona, Grifagni Marcello, Linoli Giovanni, Magi Ezio, Nanni Sara, Nassi Rossella, Parca Gino, Pieri Piero, Rinnovati Andrea, Sereni Paolo.

## Comitato Scientifico e Revisori

**Ambiente e salute:** Bianchi Fabrizio, Borghesi Simona, Di Ciaula Agostino, Gentilini Patrizia, Lauriola Paolo, Maurello Maria Teresa, Romagnoli Carlo, Sallèse Domenico, Tamino Gianni.

**Appropriatezza in medicina:** Bonaldi Antonio, Donzelli Alberto, Murgia Vitalia, Parca Gino, Vernero Sandra.

**Altri lavori scientifici:** Grifagni Marcello, Linoli Giovanni, Magi Ezio, Martini Marco, Nanni Sara, Nassi Rossella, Pieri Piero, Andrea Rinnovati, Sasdelli Mauro, Sereni Paolo.

ΙΠΠΟΚΡΑΤΟΥΣ

ΚΣΕΟΥ ΙΑΤΡΟΥ ΠΑΛΛΙΟΤΑ=

Ἴν, πῶς τῶν ἄλλων κερνυοῖται, βίη  
ἐνὶ ἀνθρώποις.



PRO

BEN



Il Cesalpino - Periodico quadrimestrale

Direttore Responsabile Roberto Romizi - Aut. Trib. n°7 - 2001/del registro stampa n°522/2001