

## ASPETTI TOSSICOLOGICI E VALUTAZIONE DEI RISCHI

Emanuela Testai

Dipartimento Ambiente e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Roma

Il mercurio (Hg) è un componente naturale della superficie della crosta terrestre presente in natura in forme diverse:

- mercurio metallico o elementare (Hg<sup>0</sup>) che, a temperatura ambiente, è un liquido lucido di colore bianco-argenteo;
- mercurio inorganico: tra i composti mercuriosi e mercurici, che vengono comunemente indicati con l'abbreviazione Hg(I) e Hg (II), è incluso il solfato mercurico conosciuto anche come cinabro- minerale di colore rosso presente nel giacimento di Idria in Slovenia dove si trova in masse compatte, e talora cristalline, frammisto a idrocarburi e che è una delle principali fonti di contaminazione della laguna di Grado e Marano;
- mercurio organico che include composti in cui il mercurio è legato a una struttura che contiene atomi di carbonio (metile, etile, fenile o gruppi simili), tra cui il metilmercurio.

Le diverse forme possono trasformarsi nell'organismo l'una nell'altra attraverso reazioni attive in entrambe le direzioni:

- Ossidazione del vapore di mercurio a mercurio divalente e -viceversa- riduzione del mercurio divalente a mercurio elementare;
- Metilazione del mercurio inorganico e -viceversa- conversione del metilmercurio in mercurio inorganico. Quest'ultima reazione avviene quando il mercurio è rilasciato nell'ambiente (anche in acqua) a opera di batteri e negli organismi (es. nel lume intestinale a opera dei batteri della flora) . È la forma organica del metilmercurio che si accumula nel biota lungo la catena alimentare, dando luogo al fenomeno della biomagnificazione.

Per la popolazione generale l'esposizione al mercurio può avvenire attraverso:

- la *dieta*, con il consumo di pesce, crostacei e molluschi (essenzialmente sotto forma di metilmercurio e, solo in piccola parte, di mercurio inorganico).
- *l'ambiente*, per il rilascio nell'aria e nell'acqua di mercurio inorganico proveniente da stabilimenti produttivi, rifiuti di cliniche dentistiche o combustione di carbone e legno utilizzati per la produzione di energia e calore
- *la rottura accidentale di prodotti in vetro o metallo* che lo contengono (come lampade al mercurio, termometri o altri strumenti di misura). In questo caso l'esposizione al mercurio metallico avviene per inalazione dei vapori di mercurio fuoriuscito (con assorbimento quasi totale).
- *rilascio di mercurio inorganico dall'amalgama dentale*, con conseguente esposizione sia della persona sottoposta alle cure dentistiche, sia del personale degli studi dentistici
- *uso di prodotti disinfettanti* (es. mercurocromo) o di medicinali contenenti il thimerosal (contenente etilmercurio) come conservante.

### Cenni sul profilo tossicologico del mercurio

I fattori che determinano l'insorgenza di effetti avversi e la loro severità includono: la dose, l'età e lo stato di sviluppo della persona esposta (con il periodo fetale come più suscettibile), la durata e la via di esposizione, ma soprattutto la forma chimica di mercurio.

Infatti, la biodisponibilità e gli effetti tossici del mercurio variano in dipendenza della forma chimica. Solo in caso di avvelenamento con dosi elevate in singola somministrazione, gli effetti sono indipendenti dalla forma chimica: il mercurio infatti reagisce con i gruppi sulfidrilici delle proteine causando la denaturazione di proteine strutturali ed enzimi, danneggiando le cellule con cui viene in contatto. Il sistema nervoso centrale (SNC) e il rene rimangono comunque i due principali organi bersaglio della tossicità delle varie forme di mercurio.

Il mercurio elementare ( $H_0$ ) è molto volatile e, se inalato, viene assorbito molto efficientemente nel tratto respiratorio, viene ossidato a ioni mercurici e poi distribuito a tutto l'organismo: per la sua liposolubilità può anche attraversare facilmente la barriera emato-encefalica, accumulandosi nel SNC, dove esercita la propria tossicità, soprattutto nelle prime fasi dello sviluppo (ATSDR, 1999). Recentemente l'*Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR) ha derivato un *Minimum Risk Level* per inalazione di 0,3  $\mu\text{g}$  Hg/metro cubo (ATSDR, 2022), basandosi su una serie di studi su lavoratori esposti che avevano sintomi riconducibili a effetti neurotossici (perdita della memoria, tremori, mal di testa, insonnia, disfunzioni cognitive e disfunzioni nei movimenti). Essendo praticamente insolubile, a seguito di ingestione, non viene assorbito nel tratto gastro-intestinale e non è quindi biodisponibile come tale. Circa il 7% del mercurio inalato viene espirato. Nei lavoratori esposti ai vapori di mercurio, la produzione di mercurio nelle urine è leggermente superiore a quella nelle feci. L'escrezione urinaria può essere utilizzata per valutare l'esposizione recente al vapore. L'escrezione urinaria da 0,1 a 0,3 mg di mercurio corrisponde generalmente all'inalazione di aria contenente mercurio a una concentrazione di 0,1  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

I composti del mercurio inorganico (es. i cloruri e i solfati) sono invece solubili in acqua; i valori di pH del tratto gastro-intestinale sono determinanti per la solubilità dei sali di mercurio ingeriti: per queste ragioni, l'assorbimento nel tratto gastro-intestinale a seguito di ingestione è molto variabile con valori compresi nell'intervallo 2-40%. Il mercurio inorganico si accumula maggiormente nei reni, il principale organo bersaglio di questi composti, sottoforma di un complesso metallotioneina-simile. Nel rene, il 40% del mercurio totale è presente nella forma inorganica. I sali di mercurio non superano facilmente la barriera emato-encefalica.

L'assorbimento cutaneo di alcuni sali di mercurio e il mercurio elementare è generalmente molto basso (<1%) (Hursh *et al.*, 1989). Le vie di escrezione più importanti sono le urine e le feci. La via fecale è dominante subito dopo un'esposizione, specialmente quando la dose è elevata. Le misurazioni corporee dei sali di mercurio in soggetti umani hanno mostrato un'emivita biologica da 30 a 60 giorni. Il mercurio viene eliminato come coniugati del glutatione (GSH) (Custodio *et al.*, 2005). Dettagli sul profilo tossicologico del mercurio inorganico possono essere trovati nell'*opinion* del *Scientific Committee on Emerging and Newly-Identified Health Risks* (SCENIHR) sui rischi per la salute associati all'esposizione a mercurio attraverso l'amalgama dentale (SCENIHR, 2015).

La forma organica più comune del mercurio è il metilmercurio, che è solubile, mobile ed entra facilmente nella catena alimentare: un basso pH aumenta la mobilità del Hg nell'ambiente e di conseguenza la sua probabilità di entrare nella catena alimentare (Alava *et al.*, 2017).

Nell'ambiente bioaccumula negli organismi acquatici, soprattutto nei pesci e nei prodotti ittici in genere. I fattori di bioaccumulo (*Bioaccumulation Factor*, BAF) sono nell'ordine di 120.000-27.000.000 (USEPA, 2001) e 200.000-78.000.000 (France, 2004; European Commission, 2005). Nei mammiferi, uomo incluso, viene assorbito in quantità molto elevate dal sistema gastrointestinale (>80-90% del totale introdotto) e distribuito rapidamente a reni, fegato e SNC anche grazie al suo legame con la cisteina che lo rende piuttosto stabile. Parte del metilmercurio viene convertito in ioni mercurio (II) nell'intestino. Il principale bersaglio della sua tossicità è l'SNC e i nervi periferici.

A parità di esposizione i bambini sono i più vulnerabili, perché il metilmercurio altera il normale sviluppo cerebrale, causando difficoltà di apprendimento e di elaborazione del pensiero

(ritardo mentale), disturbi della memoria, disturbi dell'attenzione, disturbi del linguaggio, e disfunzioni motorie e visive. Una fase critica di esposizione è quella della gravidanza, perché il feto può essere esposto al mercurio se la madre consuma pesce contaminato, dal momento che attraversa inalterato la barriera placentare: è stato stimato che i livelli circolanti nel feto sono fino a 2 volte maggiori di quelli materni.

L'assorbimento cutaneo è invece molto limitato ( $\approx 1\%$ ) (Friberg, 1959). Il metilmercurio viene escreto lentamente e in modo non uniforme nella bile, ma viene immediatamente riassorbito attraverso la parete intestinale (circolo enteroepatico), mentre una parte viene escreta con le feci, la principale via di eliminazione del mercurio organico. Solo circa il 10% del metilmercurio viene escreto nelle urine. L'escrezione giornaliera totale ammonta a circa l'1% del carico corporeo totale. L'emivita biologica varia da circa 50 a 70 giorni, ma quella nel cervello può essere significativamente più lunga.

A causa della diffusione di questo metallo nell'ambiente e della presenza in alcuni cibi che normalmente si consumano, ogni individuo ha livelli misurabili di mercurio nel sangue. L'indice più attendibile di esposizione al metilmercurio e di ritenzione nel sistema nervoso centrale è il ritrovamento di metilmercurio nei globuli rossi in studi di biomonitoraggio. La media geometrica nella popolazione degli Stati Uniti è stimata in  $0,810 \mu\text{g/L}$  e  $0,518 \mu\text{g/L}$  per il mercurio totale e il metilmercurio, rispettivamente; i livelli nei bambini sono generalmente più bassi (ATSDR, 2022).

Valori compresi tra  $5$  e  $15 \mu\text{gHg/L}$  di sangue (sia nel bambino che nell'adulto) sono segnali di allarme che generalmente richiedono ulteriori approfondimenti sanitari. È stato stimato che una concentrazione di  $0,2 \text{ mg/L}$  nel sangue corrisponda a un apporto di  $0,3 \text{ mg}$  di mercurio al giorno.

I livelli di mercurio nei capelli riflettono l'esposizione passata e dipendono dal tasso di crescita dei capelli. Esiste una relazione quasi lineare tra la quantità di metilmercurio nel sangue e quella nei capelli che si è formata durante l'esposizione; il rapporto tra i capelli e i livelli ematici è stato riscontrato costantemente nell'intervallo 230-300:1 (Health Canada, 2009).

## Valutazioni internazionali e limiti sanitari e legislativi

Su richiesta della Commissione Europea, il gruppo di esperti sui contaminanti nella catena alimentare (Gruppo CONTAM) della *European Food Safety Authority* (EFSA) ha esaminato tutte le informazioni scientifiche disponibili relative alla tossicità del mercurio nelle sue varie forme.

Per il mercurio inorganico l'EFSA nel 2012 ha stabilito una dose settimanale accettabile (*Tolerable Weekly Intake*, TWI)<sup>1</sup> di  $4 \mu\text{g/kg}$  peso corporeo, espressa come mercurio (EFSA, 2012). La TWI stabilita nello stesso documento per il metilmercurio è  $1,3 \mu\text{g/kg}$  peso corporeo, espressa come mercurio (EFSA, 2012), molto simile al valore identificato in precedenza dal *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives* (JECFA) – Comitato congiunto FAO/WHO di esperti sugli additivi alimentari – di  $1,6 \mu\text{g/kg}$  peso corporeo al fine di proteggere il feto in via di sviluppo dagli effetti neurotossici (JECFA, 2004). La recente valutazione dell'ATSDR (2022) riporta un valore simile, identificando in *Minimal Risk Level* di  $0,1 \mu\text{g/kg}$  peso corporeo al giorno, sempre utilizzando come effetti critici quelli neurotossici in grado di alterare il Quoziente Intellettivo (QI) dei bambini.

Il mercurio è considerato dalla *World Health Organization* (WHO) una delle 10 sostanze (o gruppi di sostanze) chimiche che causano maggiori preoccupazioni per gli effetti che può produrre nella popolazione esposta (WHO, 2017). La WHO indica per le acque potabili un valore di linea guida pari a  $1 \mu\text{g/L}$  per il mercurio totale mentre per la qualità dell'aria un valore di  $1 \mu\text{g/m}^3$

<sup>1</sup> Poiché è un composto che tende a bioaccumulare si definisce una dose settimanale accettabile anziché una dose giornaliera accettabile

(come media annuale). La WHO si è anche espressa relativamente alla sicurezza del thimerosal (etilmercurio) contenuto nei vaccini (WHO, 2012) concludendo che alla luce delle evidenze disponibili, l'etilmercurio viene metabolizzato velocemente dagli organismi e non accumula a differenza del metilmercurio e ha un pattern di esposizione tale che non pone alcun rischio per la salute.

L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (*International Agency for Research on Cancer*, IARC) considera il mercurio e i suoi composti inorganici non classificabili come cancerogeni per l'uomo (Gruppo 3) e il metilmercurio come possibile cancerogeno per l'uomo (Gruppo 2B). L'Unione Europea (UE) classifica il mercurio (n. CAS 7439-97-6) in base al Regolamento (CE) 1272/2008 relativo alla classificazione, etichettatura e imballaggio delle sostanze e delle miscele – “Regolamento CLP” presenta le classi e categorie di pericolo indicate in Tabella 1.

**Tabella 1. Classificazione ed etichettatura armonizzate del mercurio in base al Regolamento 1272/2008 (CLP)**

Classe e categoria di pericolo	Indicazione di pericolo	
Acute Tox 2 - Tossicità acuta di categoria 2	H330	letale se inalato
Repr. 1B - Tossicità per la riproduzione di categoria 1B	H360D	può nuocere al feto
STOT RE 1 - Tossicità specifica per organi bersaglio - esposizione ripetuta di categoria 1	H372	provoca danni agli organi in caso di esposizione prolungata o ripetuta
Aquatic Acute 1 – Tossicità acuta per l'ambiente acquatico di categoria 1	H400	molto tossico per gli organismi acquatici
Aquatic Chronic 1 - Tossicità cronica per l'ambiente acquatico di categoria 1	H410	molto tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata

La fonte della classificazione armonizzata in Tabella 1 è il web ECHA<sup>2</sup>: si ricorda che il sistema di classificazione in Europa è basato esclusivamente sul pericolo (*hazard-based*), vale a dire sulle caratteristiche intrinseche della molecola classificata, senza considerare le dosi di esposizione che sono necessarie perché certi effetti si possano verificare e con quale gravità, informazioni che attengono alla caratterizzazione della relazione dose-risposta, tipica del processo di valutazione dei rischi per la salute (*risk-based*).

Per quanto riguarda i limiti di edibilità, il Regolamento comunitario europeo 1831/2003 e ssmii della Commissione del 19 dicembre 2006 ha definito i tenori massimi di alcuni contaminanti nei prodotti alimentari ed ha individuato dei valori limite (riferendosi a mercurio totale) per i prodotti della pesca in genere di 0,5 mg/kg peso fresco e solo per una ristretta lista di specie ittiche valori di 1 mg/kg peso fresco.

I dati di esposizione raccolti dall'EFSA indicano che è proprio il consumo di pesce, in particolare tonno, pesce spada, merluzzo, merlano e luccio, una delle principali fonti di esposizione umana al metilmercurio attraverso la dieta in Europa per tutte le fasce d'età, con l'aggiunta del nasello per i bambini. Se è improbabile che l'esposizione media al metilmercurio presente negli alimenti superi la TWI, ciò non è vero nel caso dei forti consumatori di prodotti ittici (risultata, in generale, circa doppia rispetto alla popolazione totale). Particolare considerazione è stata data all'esposizione di donne in gravidanza, il cui feto verrebbe esposto al mercurio proprio durante un periodo critico per lo sviluppo cerebrale e del sistema nervoso: feti, neonati e bambini nelle varie età dello sviluppo rappresentano infatti una categoria di popolazione

<sup>2</sup> <https://echa.europa.eu/it/information-on-chemicals/cl-inventory-database/-/discli/details/15915>

più suscettibile. È invece stato considerato improbabile che l'esposizione al mercurio inorganico attraverso gli alimenti superi la TWI.

Tuttavia l'EFSA (EFSA, 2015) non trascura i benefici per la salute derivanti dal consumo di pesce e prodotti ittici in genere, dovuti – per fare un esempio – alla presenza acidi grassi polinsaturi omega-3 a catena lunga. A questo proposito ha pubblicato un parere che mette a confronto i sicuri benefici dai potenziali rischi di contaminazione con metilmercurio. La principale conclusione è quella di continuare ad introdurre pesce nella propria dieta, limitando il consumo di specie ittiche con un elevato contenuto di metilmercurio (tra cui il pescespada, il luccio, il tonno e il nasello).

Health Canada fissa il limite di contenuto di mercurio nel pesce a 0,5 mg/kg pesce, consiglia però ai propri cittadini di limitare il consumo di tonno fresco/congelato, squalo, pesce spada, escolar, marlin e pesce specchio atlantico. Si tratta infatti di pesci predatori, che mangiando altri pesci potenzialmente contaminati a causa della biomagnificazione hanno livelli di Hg più alti. In generale, la raccomandazione è di mangiare non più di 150 g a settimana di queste specie di pesci insieme. Tuttavia, le donne che sono o potrebbero rimanere incinte e che allattano possono mangiare fino a 150 g al mese. I bambini di età compresa tra i 5 e gli 11 anni possono mangiare fino a 125 g al mese. I bambini molto piccoli tra 1 e 4 anni non dovrebbero mangiare più di 75 g al mese di queste specie di pesci (Health Canada, 2019).

La USEPA (*US Environmental Protection Agency*) insieme alla FDA (*Food and Drug Administration*) fornisce sul suo sito web informazioni specifiche sulla scelta del pesce da consumare e dei relativi livelli da consumare sia per donne in età fertile che per i bambini che rappresentano i gruppi di popolazione più a rischio (USEPA-FDA, 2019). Le due agenzie hanno determinato la quantità massima di assunzione accettabile confrontando la dose di riferimento (RfD) sviluppata dall'EPA con l'esposizione prevista dal consumo di diverse specie di pesci. La RfD cronica orale rappresenta l'esposizione che una persona può sperimentare nel corso della vita senza apprezzabili rischi per la salute. La RfD per il mercurio in particolare è protettiva nei confronti degli effetti sullo sviluppo neurologico nella finestra critica per lo sviluppo di un feto durante la gravidanza ed è pari a 0,1 µg mercurio/kg peso corporeo al giorno (IRIS, 2001). Esprimendo il consiglio in termini di raccomandazioni per l'assunzione settimanale di pesce basate sulla RfD, le agenzie mirano ad aiutare i consumatori a ridurre l'esposizione al mercurio, consentendo loro anche di ottenere benefici per la salute dal consumo di pesce.

A livello internazionale nel 2013 l'Italia è stata uno dei primi paesi firmatari (in totale 128) della Convenzione Internazionale di Minamata<sup>3</sup> che ha l'obiettivo principale di proteggere la salute umana e l'ambiente dagli effetti negativi delle emissioni e dei rilasci antropogenici di mercurio e di composti contenenti mercurio. La Convenzione raccomanda, tra l'altro, di ridurre i rilasci di mercurio nel suolo e nell'acqua. Parallelamente all'iter che ha portato alla ratifica della Convenzione di Minamata da parte dell'Unione Europea, il 17 maggio 2017 è stato adottato il nuovo Regolamento (UE) 2017/852 sul mercurio che abroga e sostituisce il Regolamento (CE) 1102/2008, ampliandone la portata e sviluppando i contenuti della Convenzione di Minamata.

## Considerazioni sulla presenza di cinabro nei sedimenti marini

Nei sedimenti marini nell'area dell'alto Adriatico - Golfo di Trieste influenzati dai depositi del fiume Isonzo, è stata riportata la presenza di cinabro (HgS), del quale è nota la diversa

<sup>3</sup><https://www.mercuryconvention.org/en>

biodisponibilità rispetto ad altre forme di mercurio inorganico. I processi e i meccanismi chimici e biologici implicati nella formazione e nella dissoluzione di HgS nell'ambiente sono stati presi in esame da una review recente (Chen *et al.*, 2017), dalla quale risulta che i processi di dissoluzione pur generalmente lenti (con un tasso di circa 0,1%) sono continuamente attivi. La dissoluzione chimica può seguire tre percorsi differenti: 1) la formazione di un complesso con Hg<sup>2+</sup> a opera di agenti complessanti come la sostanza organica disciolta, polisolfuri, tiosolfati, cisteina, acido mercapto-acetico, cianuri e acido etilen-diammino tetracetico; 2) la liberazione di zolfo volatile o solubile e mercurio ridotto attraverso ossidazione in solfati o metilazione e formazione di dimetil-solfuri; 3) allontanamento del mercurio a opera di altri metalli (Cu<sup>+</sup> e Fe<sup>++</sup>). Generalmente il primo dei tre percorsi è quello prevalente. Alcuni studi suggeriscono inoltre che vari tipi di batteri sono inoltre in grado di facilitare la dissoluzione del HgS.

Del resto in uno studio proprio sul golfo di Trieste è proposto un bilancio globale del mercurio totale e metilato all'interfaccia acqua e sedimento, che dovrebbe fornire la quantità di Hg rilasciato e potenzialmente biodisponibile. Nelle conclusioni viene stimato che circa il 23% del mercurio rilasciato nella colonna d'acqua sia in forma metilata e che di questo circa il 50% sia prodotto direttamente in loco attraverso i processi di dissoluzione delle forme più stabili (Covelli, 1998).

D'altra parte la presenza di mercurio nel biota indica chiaramente che il mercurio presente è biodisponibile e può attraverso la catena alimentare arrivare a esporre le popolazioni di zona al metilmercurio.

## Considerazioni sui possibili rischi per la salute relativi al consumo di pesce

Nell'ambito della sua attività questo Istituto ha fornito vari pareri alla Regione Friuli Venezia Giulia sulla base dei dati forniti in relazione allo stato di qualità delle diverse matrici ambientali acquatiche nella Regione Friuli Venezia Giulia, al fine di poter verificare l'impatto della contaminazione diffusa dei sedimenti sull'edibilità dei prodotti ittici e i possibili rischi per la salute associati al loro consumo. I dati pervenuti sono di diversa tipologia e riguardano il biota, i sedimenti e la colonna d'acqua. Quegli stessi dati in modo più organico sono anche riportati in altro capitolo di questo rapporto.

Per quanto riguarda le specie acquatiche edibili, i dati medi di contenuto di Hg relativi ai molluschi bivalvi *Chamelea gallina* (vongola comune), *Mytilus galloprovincialis* (mitilo), *Callista chione* (fasolaro) raccolti dal 2005 al 2017 risultano nel range 0,04±0,02 – 0,12±0,05 mg Hg per kg di biota, tutti ampiamente al di sotto dei limiti di edibilità, secondo quanto previsto dal Regolamento (CE) 1881/2006, risultando perciò conformi. Tuttavia ai fini di una maggiore protezione della salute, è opportuno confrontare questi valori con la TWI identificata dall'EFSA per il metilmercurio di 1,3 µg/kg peso corporeo. Facendo una stima grezza e assumendo che:

- la maggior parte del Hg sia in forma organica nel biota, può essere considerato come caso peggiore che la totalità del contenuto sia metilmercurio;
- il consumo cronico di generico "seafood" per l'Italia è indicato in 134,5 g al giorno (al 95° percentile) nel data base EFSA Foodex;
- il peso corporeo di 60 kg.

I dati disponibili e raccolti dalla Regione Friuli Venezia Giulia sui molluschi bivalvi con valori di contaminazione ≤ 0,1 mg/kg di biota indicano che i valori di intake di metilmercurio sono inferiori o di poco superiori alla TWI stabilita dall'EFSA.

Per quanto riguarda i dati non sistematici derivanti dal controllo del pescato dai mercati ittici nel periodo 2010-2011, 2015 e 2017 riguardanti varie classi e specie tra cui seppie, sgombri, orate, cefali, sardine, sugarelli, ghiozzi la situazione risulta diversa, in quanto i valori, seppur in gran parte al di sotto dei limiti normativi di edibilità (Regolamento (CE) 1881/2006), sono mediamente più alti rispetto a quelli rilevati nei molluschi bivalvi. In 3/42 casi, i valori sono addirittura al di sopra dei limiti di edibilità (0,78-0,82 mg Hg per kg di biota) per pesci teleostei e ghiozzi, tipici pesci di fondale.

Considerando che il consumo cronico di generico pesce per l'Italia è indicato in 135 g al giorno (al 95° percentile) nel data base EFSA Foodex, solo per 15/42 casi l'*intake* sarebbe inferiore alla TWI. Per il consumo di pesce la TWI sarebbe molto spesso superata, fino a 6 volte per contenuti di mercurio pari al limite di edibilità.

Le stime di esposizione della popolazione non sono “raffinate” sia per il numero limitato di campioni analizzati (di cui non si conosce la reale “rappresentatività”), sia per l'uso di consumi “generici”, non relativi alle specifiche specie di pesce e alle abitudini alimentari della popolazione locale. Con questa consapevolezza e tenendo conto della situazione della zona in esame, il consumo del pesce pescato nelle acque marino-costiere e lagunari della Regione Friuli Venezia Giulia non sembra rappresentare una situazione di specifico immediato allarme, ma suggerisce la necessità di non sovraccaricare in alcun modo l'ambiente marino della zona e di procedere con misure volte a una riduzione dell'inquinamento da mercurio. Le autorità locali potrebbero anche procedere dando raccomandazioni specifiche in merito alla limitazione di consumo di certe specie, note per essere caratterizzate da un più elevato tenore di mercurio. Questo anche nell'ottica di proteggere gli eventuali forti consumatori, che come anche indicato nella valutazione dell'EFSA sicuramente hanno un tenore di ingestione di metilmercurio superiore alla TWI e i gruppi di popolazione più a rischio.

Si sottolinea che le considerazioni fatte sono perfettamente in linea con le raccomandazioni stilate da USEPA/FDA, Health Canada e anche dall'EFSA di non eliminare il pescato dalla propria dieta, ma di limitare fortemente il consumo di specie di pesci predatori di grossa taglia e di pesci di fondale che hanno contenuti di mercurio elevati e che se consumati regolarmente potrebbero portare a rischi per la salute soprattutto nei gruppi suscettibili.

## Bibliografia

- Alava JJ, Cheung WWL, Ross PS, Sumaila RU. Climate change-contaminant interactions in marine food webs: Towards a conceptual framework. *Glob Change Biol* 2017;23:3984-4001.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). *Toxicological profile for mercury*. Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services, Public Health Service; 1999. Disponibile all'indirizzo: <http://www.davidborowski.com/work/ATSDR%20ToxProfiles%202007/Data/MERCURY.pdf>; ultima consultazione 20 giugno 2022.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). *Toxicological profile for mercury*. Draft for public comments Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services, Public Health Service; 2022. Disponibile all'indirizzo: <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp46.pdf>; ultima consultazione 19 settembre 2022.
- Chen Y, Yongguang Y, Jianbo S, Guangliang L, Ligang H, Jingfu L, Yong C, Guibin J. Analytical methods, formation, and dissolution of cinnabar and its impact on environmental cycle of mercury. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 2017;47(24):2415-47. DOI: 10.1080/10643389.2018.1429764.
- Covelli S. *Ciclo biogeochimico del mercurio nei sedimenti del golfo di Trieste*. Dottorato di ricerca in Scienze Ambientali (Scienza Del Mare), X Ciclo. Università degli Studi di Trieste; 1998. p. 17-26.

- Custodio HM, Harari R, Gerhardsson L, Skerfving S, Broberg K. Genetic influences on the retention of inorganic mercury. *Arch Environ Occup Health* 2005;60:17-23.
- EFSA (European Food Safety Authority). Panel on contaminants in the food chain (CONTAM); scientific opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. *EFSA Journal* 2012;10(12):2985. DOI:10.2903/j.efsa.2012.2985.
- EFSA Scientific Committee. Statement on the benefits of fish/seafood consumption compared to the risks of methylmercury in fish/seafood. *EFSA Journal* 2015;13(1):3982.
- European Commission. *Mercury and its compounds. EQS substance datasheet. Final version*. Brussels: European Commission; 2005. Disponibile all'indirizzo: [https://circabc.europa.eu/sd/a/ff8e163c-71f6-4fc0-98ef-875a20add4c8/21\\_Mercury\\_EQSdatasheet\\_150105.pdf](https://circabc.europa.eu/sd/a/ff8e163c-71f6-4fc0-98ef-875a20add4c8/21_Mercury_EQSdatasheet_150105.pdf) ; ultima consultazione 20 giugno 2022.
- Friberg L. Studies on the metabolism of mercuric chloride and methylmercury dicyandiamide. *Arch Environ Health* 1959;20:42-49.
- Health Canada. *Guidelines for canadian drinking water quality: guideline technical document – Mercury*. Ottawa, ON: Health Canada; 2009. Disponibile all'indirizzo: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/guidelines-canadian-drinking-water-quality-guideline-technical-document-mercury.html>; ultima consultazione 20 giugno 2022.
- Health Canada. *Mercury in fish – Questions and answers*. Ottawa, ON: Health Canada; 2019. Disponibile all'indirizzo: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/food-nutrition/food-safety/chemical-contaminants/environmental-contaminants/mercury/mercury-fish.html>; ultima consultazione 20 giugno 2022.
- Hursh JB, Clarkson TW, Miles EF, Goldsmith LA. Percutaneous absorption of mercury vapor by man *Arch Environ Health* 1989;44:120-7.
- IRIS (Integrated Risk Information System). *Methylmercury (MeHg)*. IRIS. Washington, DC: USEPA; 2001. Disponibile all'indirizzo: [https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance\\_nmbr=73](https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=73); ultima consultazione 20 giugno 2022.
- JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives). Meeting and international programme on Chemical Safety. Methylmercury. In: JECFA (Ed.). *Safety evaluation of certain food additives and contaminants*. Report of the 61st Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (International Programme on Chemical Safety). Geneva: World Health Organization; 2004. p. 565-623.
- SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly-Identified Health Risks). *Scientific opinion on the safety of dental amalgam and alternative dental restoration materials for patients and users (update)*. Luxembourg: European Commission; 2015.
- USEPA-FDA (United States Environmental Protection Agency- Food and Drug Administration). *EPA-FDA Advice about eating fish and shellfish*. Washington, DC: USEPA-FDA; 2019.
- WHO (World Health Organization). Global Advisory Committee on Vaccine Safet. *Wkly Epidemiol Rec* 2012;87(30):281-7.
- WHO (World Health Organization). *Mercury and health*. Geneva: WHO; 2017. Disponibile all'indirizzo: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>; ultima consultazione 20 giugno 2022.