

## Conseguenze sulla salute dell'esposizione a rifiuti elettronici: una revisione sistematica

**A cura di:** Giuseppe Primavera

**Parole chiave:** rifiuti elettronici, neurosviluppo, comportamento, esiti della gravidanza

**Keywords:** electronic waste, development, behaviour, pregnancy

**Rif. Bibliografico:** Grant K, Goldizen FC, Sly PD et al. Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review.

The Lancet Global Health, 2013, Vol 1 No 6, pp e350-e361

### Obiettivo

Cercare le evidenze di un rapporto causale tra esposizione a rifiuti elettronici e diversi outcome di salute.

---

### Popolazione

E' stata effettuata una ricerca sistematica su 5 database elettronici, stabilendo di includere gli studi epidemiologici che avevano valutato il rapporto tra esposizione ad apparecchiature elettroniche a fine vita o prodotti del riciclaggio di tali dispositivi e neurosviluppo, salute mentale, salute fisica, comportamento violento o criminale. Tra i 2274 studi identificati, 165 sono stati dichiarati eleggibili indipendentemente da due revisori; solo 23 sono stati inclusi nella revisione, tutti provenienti dal sud-est della Cina.

---

### Esposizione

Le sostanze chimiche analizzate differivano tra i vari studi: difenil-eteri bromurati, diossine, furani, policlorobifenili, idrocarburi policiclici aromatici, composti dioxin-like, metalli.

---

### Outcome/Esiti

Funzione tiroidea; funzione polmonare; esiti avversi della riproduzione; crescita somatica; effetti a livello cellulare (danneggiamento del DNA ed espressione genica)

---

### Tempo

Revisione degli studi pubblicati dal 1965 al 2012

## Risultati principali

I cinque studi sulla funzione tiroidea erano di tipo ecologico e i risultati non erano consistenti. È stata riscontrata una correlazione negativa tra livelli ematici di manganese, cromo e nichel e capacità vitale forzata in bambini di 11 e 13 anni. In sette studi, malgrado setting diversi di esposizione, è stato riscontrato un aumento di aborti spontanei, natimortalità, prematurità, basso peso alla nascita, correlati all'esposizione a ICA e inquinanti organici persistenti. In due studi, alte concentrazioni di piombo nel sangue cordonale e nel meconio correlavano negativamente con la valutazione neuroevolutiva neonatale. Inoltre le persone che vivevano o lavoravano in luoghi preposti al recupero di materiali da apparecchiature elettriche o elettroniche mostravano danni maggiori al DNA e una aumentata frequenza di micronuclei in cellule binucleate.

## Conclusioni

Questa è la prima revisione sistematica sull'argomento. Gli autori hanno valutato il rapporto di causalità tra esposizione ed esiti applicando i criteri di Bradford Hill [1](#) (rapporto temporale, forza e consistenza dell'associazione, relazione dose-risposta, plausibilità biologica, considerazione di altre possibili alternative). I punti deboli delle ricerche incluse nella revisione erano l'assenza di studi prospettici (trattandosi di studi trasversali il criterio temporale non può essere soddisfatto) e le piccole dimensioni dei campioni; c'era anche il problema del trasporto delle sostanze inquinanti, che essendo disperse nell'acqua e nel suolo entrano nelle catene alimentari, contaminando anche le popolazioni di controllo. Molto eterogenei erano anche gli outcome misurati e le sostanze chimiche a cui le popolazioni erano esposte. Non è stato possibile neanche stabilire un rapporto dose-risposta, poiché le popolazioni erano esposte a miscele complesse di sostanze chimiche. Inoltre, per molte sostanze come gli interferenti endocrini, che agiscono a dosi molto basse, non può essere descritto un pattern lineare dose-risposta. Il rapporto tra esposizione a rifiuti elettronici ed esiti di salute nell'uomo è comunque abbastanza verosimile, come dimostrato in modelli animali; sappiamo inoltre che molte delle sostanze chimiche contenute nei rifiuti elettronici sono neurotossiche e genotossiche, e diverse sono anche classificate dalla IARC come cancerogeni certi (TCDD, cadmio, cromo esavalente, berillio), probabili o possibili. Purtroppo, in aree fortemente contaminate come le province cinesi studiate è difficile escludere fonti alternative di esposizione (pesticidi, inquinanti industriali).

L'interpretazione dei risultati è resa difficile dal disegno ecologico degli studi, che limita la possibilità di estendere le conclusioni a livello individuale. In alcuni la misura dell'esposizione era basata su pool di sieri di soggetti esposti e non esposti; altri, basati su dati retrospettivi, avevano *information bias*, altri rivelavano *sample bias* (selezione non random della popolazione) o *diagnostic bias* (l'esposizione era già conosciuta dai casi e dai controlli). In alcuni studi, specie quelli su outcome neonatali, non erano stati adeguatamente controllati importanti fattori confondenti come il fumo e l'età dei genitori.

In conclusione, ci sono limitate evidenze di associazione tra esposizione a e-waste e alterazioni della funzione tiroidea, danni della funzionalità cellulare, esiti riproduttivi avversi, ridotta funzione polmonare, alterazioni comportamentali. Gli studi epidemiologici descrittivi di questa revisione impediscono di stabilire una relazione causale certa, ma richiamano l'attenzione sul pericolo emergente dei rifiuti elettronici, che richiederebbe un approccio precauzionale sulle popolazioni vulnerabili, specialmente bambini e donne in gravidanza, e investimenti in ulteriori ricerche.

## Commento

La metanalisi rivela la debolezza metodologica degli studi ecologici. Ha poco senso continuare a effettuare studi senza utilizzare biomarcatori di esposizione (nel sangue, latte materno, capelli), indicatori di alterazioni biochimiche o funzionali, misure degli inquinanti nell'aria, acqua, suolo.

## Pediatri per un mondo possibile (PuMP)

Gruppo di studio sulle patologie correlate all'inquinamento ambientale dell'Associazione Culturale Pediatri  
web: <http://pump.acp.it> - mail: [pump@ACP.it](mailto:pump@ACP.it)

La conclusione sarà inevitabilmente: limitate evidenze sarebbe anche interessante chiedersi come arrivano in Cina tutti questi rifiuti elettronici. La risposta è semplice, basta leggere il rapporto italiano 2012 sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE). Ogni anno vengono generati circa 16 kg/abitante di Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE), dei quali solo 4 kg vengono intercettati in modo corretto; dal 2011 al 2012 la raccolta è diminuita dell'8,5%, e la causa può essere solo in parte attribuita alla crisi economica. Secondo una indagine realizzata per Ecodom (principale consorzio di raccolta italiano) dal Politecnico di Milano e IPSOS una grossa fetta, quantificata in circa 700.000 t , viene sottratta da soggetti interessati al valore economico delle materie prime (ferro, rame, alluminio), in alcuni casi tali rifiuti vengono esportati illegalmente in Cina, Ghana, Nigeria, India, Thailandia, Filippine, Vietnam, dove interi nuclei familiari, bambini compresi, partecipano allo smantellamento e al riciclaggio dei RAEE, con tecniche primitive che li espongono a imprevedibili miscele di sostanze cancerogene, genotossiche, neurotossiche, perturbatori endocrini. Insomma, tre quarti dei RAEE prodotti in Italia spariscono, alimentando un mercato parallelo che in parte finisce nei paesi in via di sviluppo. Un copione già visto, il ricco Nord consuma e il Sud del mondo ne raccoglie gli scarti.

1. Hill, Austin Bradford (1965). *"The Environment and Disease: Association or Causation?"*. *Proceedings of the Royal Society of Medicine* **58** (5): 295–300.

The **Bradford Hill criteria**, otherwise known as **Hill's criteria for causation**, are a group of minimal conditions necessary to provide adequate evidence of a causal relationship between an incidence and a consequence, established by the [English epidemiologist Sir Austin Bradford Hill](#) (1897–1991) in 1965.

The list of the criteria is as follows:

1. **Strength**: A small association does not mean that there is not a causal effect, though the larger the association, the more likely that it is causal.<sup>[1]</sup>
2. **Consistency**: Consistent findings observed by different persons in different places with different samples strengthens the likelihood of an effect.<sup>[1]</sup>
3. **Specificity**: Causation is likely if a very specific population at a specific site and disease with no other likely explanation. The more specific an association between a factor and an effect is, the bigger the probability of a causal relationship.<sup>[1]</sup>
4. **Temporality**: The effect has to occur after the cause (and if there is an expected delay between the cause and expected effect, then the effect must occur after that delay).<sup>[1]</sup>
5. **Biological gradient**: Greater exposure should generally lead to greater incidence of the effect. However, in some cases, the mere presence of the factor can trigger the effect. In other cases, an inverse proportion is observed: greater exposure leads to lower incidence.<sup>[1]</sup>
6. **Plausibility**: A plausible mechanism between cause and effect is helpful (but Hill noted that knowledge of the mechanism is limited by current knowledge).<sup>[1]</sup>
7. **Coherence**: Coherence between epidemiological and laboratory findings increases the likelihood of an effect. However, Hill noted that "... lack of such [laboratory] evidence cannot nullify the epidemiological effect on associations".<sup>[1]</sup>
8. **Experiment**: "Occasionally it is possible to appeal to experimental evidence".<sup>[1]</sup>
9. **Analogy**: The effect of similar factors may be considered.<sup>[1]</sup>

Da Wikipedia