

L'esposizione umana ai campi elettromagnetici. Torniamo a parlarne.

## Cosa bolle in pentola?

DI FRANCO BOFFELLI

**N**egli ultimi mesi nel panorama scientifico abbiamo potuto osservare due fatti quantomeno singolari in tema di esposizione umana ai campi elettromagnetici.

Il primo: IARC ([www.iarc.fr](http://www.iarc.fr)) ha catalogato i campi elettromagnetici in alta frequenza in categoria 2B, ossia possibilmente cancerogeni. A distanza quindi di circa 10 anni l'Istituto francese ha esteso all'alta frequenza le indicazioni che aveva già dato sui campi magnetici in bassa frequenza nel 2001. In attesa di poter leggere nel merito la monografia n° 102 è possibile leggerne un estratto nell'articolo pubblicato su *The Lancet* a titolo "Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields" dove vengono illustrati i principali studi che hanno convinto il gruppo di lavoro di IARC a pronunciarsi in maniera definitiva sull'argomento.

L'Ente francese, nell'articolo, a differenza di quanto indicato nel volume n° 80 del 2001, non fa cenno ad un valore limite ma piuttosto all'utilizzo della telefonia mobile.

Il secondo è stata la pubblicazione della risoluzione del Parlamento Europeo n° 1815 del 2011 dove, al paragrafo 8.2.1, vengono indicate agli Stati membri alcune soglie, applicando il principio di precauzione, per l'esposizione della popolazione in ambienti indoor sul lungo periodo a campi elettromagnetici in alta frequenza non superiori a 0,6 V/m, con previsione di ulteriore riduzione degli stessi a 0,2 V/m (attualmente in Italia l'obiettivo di qualità per l'esposizione della popolazione è fissato dal DPCM 8 luglio 2003 pari a 6 V/m).

Queste due notizie mi hanno spinto ad approfondire queste notizie documentali per cercare di capire se la ricerca scientifica, medica ed epidemiologica fosse

giunta a nuove e diverse conclusioni sul tema dei campi elettromagnetici. Ho pensato quindi di intervistare alcune qualificate personalità nell'ambito della ricerca scientifica e tecnica che potessero fornire il loro parere sull'argomento.

Prof. Del Giudice le attuali normative per la tutela dell'esposizione della popolazione sono costruite, per ciò che attiene i campi ad alta frequenza, sulla base dell'effetto di riscaldamento termico dei tessuti. Ritiene che tale approccio debba ritenersi ancora valido?

Ci sono due tipi di interazione dei campi elettromagnetici con la materia di cui nelle considerazioni sulla sicurezza se ne prende in esame solo uno. Quando il campo elettromagnetico interagisce con la materia può trasferire due cose: energia e fase ossia ritmo di oscillazione. Con un'onda elettromagnetica è possibile far risuonare la materia: questo richiede l'uguaglianza della frequenza del campo elettromagnetico incidente con la frequenza propria del sistema.

Lo stesso che avviene quando ad una truppa di militari che attraversa un ponte viene dato il comando "rompere il passo" per evitare di portare in risonanza la struttura?

Esatto

Prego prosegua professore

Dei due fenomeni sopra citati (energia e fase) il primo dipende principalmente dall'intensità dell'onda elettromagnetica, il secondo dalla frequenza dell'onda elettromagnetica e dal tempo di esposizione.

In ambito di esposizione umana ai campi elettromagnetici per difendersi dal primo effetto si pongono dei limiti sull'intensità del campo; tali limiti vengono calcolati tenendo conto del più piccolo innalzamento di temperatura capace di danneggiare le più labili delle molecole presenti all'interno dell'organismo.

Il secondo tipo di interazione invece di solito non viene preso in considerazione perché la biologia convenzionale non considera il meccanismo elettromagnetico nell'interazione nella dinamica del vivente perché si considera solo un'interazione di tipo chimico e quindi l'unico danno per un essere vivente è quello derivante dall'assorbimento di energia delle sue molecole.

**In base ai Suoi studi quali interazioni dal punto di vista biologico è possibile dimostrare?**

Si afferma sempre di più, non solo dal punto di vista teorico, ma anche sperimentale, il fatto secondo cui i campi elettromagnetici entrano come costituente nella dinamica del vivente.

Esperienze russe del gruppo di Deviatkov, a partire dagli anni 70, verificarono che insetti e mosche avevano effetti biologici in corrispondenza dell'assorbimento di mi-



croonde a bassissima intensità (nella gamma di radiazioni elettromagnetiche non ionizzanti), praticamente trascurabili, purché la frequenza di queste microonde avesse determinati valori. Tali effetti si manifestavano non per tutte le possibili frequenze ma solo per alcune di queste, ossia per quelle in grado di portare in risonanza gli organismi sottoposti a test.

L'industria elettronica ha cercato di confutare queste considerazioni affermando che effetti di risonanza non fossero possibili soprattutto per quanto riguarda le basse frequenze con lunghezza d'onda molto elevata considerando le molecole libere



FOTO: Claus Mikosh

invece che cooperanti. Senza entrare nel merito della spiegazione teorica basti pensare all'esperienza dei militari sul ponte: pur essendo la lunghezza d'onda del suono dei militari lunghissima, ciononostante interferisce con la struttura.

In questo senso esiste, in base a dati fenomenologici, la dimostrazione che gli organismi viventi risuonano, rispondono su frequenze anche molto basse nell'ordine di qualche Hz come dimostra l'impiego della magnetoterapia.

**Ritiene che gli attuali limiti di esposizione, dal punto di vista biologico, siano compatibili con i risultati delle sue ricerche?**

Nel caso della risonanza parlare di limiti non ha molto significato perché il fenomeno si manifesta per valori molto bassi di campo, anche per energie trasferite nell'ordine dei nW o dei  $\mu$ W.

Un particolare invece molto importante nell'ambito della risonanza è il tempo: facciamo un esempio. Noi due stiamo parlando e quindi le nostre voci coprono un certo intervallo di frequenze. Ad un certo istante un rumore si sovrappone sul range di frequenze che noi stiamo utilizzando: a seconda della durata del fenomeno interferente la nostra interazione può essere completamente compromessa se la durata del disturbo è di qualche minuto mentre se l'interferenza è costituita da un impulso la nostra conversazione non subisce particolari conseguenze.

Inoltre bisogna stare attenti non solo alle intensità ma anche alle frequenze: la frequenza di 2 GHz è una frequenza di lavoro del DNA. I telefoni cellulari che lavorano su queste frequenze hanno un impatto maggiore di quelli che operano a 0,8 GHz. In ogni caso i dati epidemiologici e sperimentali dimostrano che questi campi hanno effetto.

**Prof. Del Giudice recentemente è stata pubblicata la notizia della classificazione secondo IARC dei campi elettromagnetici in alta frequenza, oltre ai campi magnetici in bassa frequenza, in categoria 2B, ossia "possibilmente cancerogeni" senza indicare un valore limite. Cosa ne pensa?**

E' questa la grande novità: IARC prende in esame per la prima volta l'idea di meccanismi non termici. Questa è una novità importantissima perché si esce fuori dal quadro concettuale precedente secondo cui l'unico effetto fisicamente accettabile è quello mediato dall'energia quindi le radiazioni elettromagnetiche a basso contenuto energetico non possono avere effetti importanti perché nella peggiore delle ipotesi trasmettono poca energia.

**Prof. Del Giudice mi permetta una provocazione: non pensa che, poiché non sia possibile definire un valore limite, si possa poi finire per sminuire questo approccio?** Esiste una legge, la legge di Weber e Fechner, scoperta nella metà dell'800, che afferma che la risposta di un organismo ad



←  
uno stimolo è proporzionale al logaritmo dell'intensità dello stimolo, per cui dato che il logaritmo di  $x$  tende a meno infinito per  $x$  tendente a 0, quando lo stimolo (quindi in questo caso il campo elettromagnetico) tende a zero l'effetto è in valore assoluto molto grande ed è di segno meno, quindi rivolto verso l'interno, cioè il sistema ha un cambiamento interno che non si traduce in un'azione esterna.

**In base alla Sua esperienza quali sono i suggerimenti che si sente di dare ai tecnici che si occupano di radiazioni non ionizzanti sia per quanto attiene la gestione che per la progettazione delle infrastrutture che fanno uso di campi elettromagnetici?**

Una soluzione tecnologica potrebbe essere quella secondo cui i sistemi di telecomunicazione non usino frequenze fisse ma possano oscillare nel tempo in modo da evitare che un accoppiamento o risonanza con le frequenze proprie del sistema biologico. Andando su questioni più di carattere medico che fisico non dobbiamo dimenticare che gli esseri viventi hanno grosse capacità adattative e pertanto possono modificare se stessi: se un essere vivente è stimolato da una frequenza ambientale ben precisa può modificare la frequenza propria del suo sistema per evitare la risonanza ad esempio con alcune tecniche meditative. D'altro canto non tutti gli individui esposti a campi elettromagnetici rispondono allo stesso modo; per questo motivo occorre lasciare la statistica ed entrare nel merito e individuare le caratteristiche di coloro che sono più colpiti. Magari potremmo scoprire che una persona emotivamente molto rigida ha difficoltà a modificare le sue frequenze proprie di risonanza. ●

Cosa bolle in pentola/2

## L'unione fa la forza.

**Prof. Biava Istituto di Ricerca e Cura a Carattere Scientifico Multimedita di Milano: l'unione fa la forza.**

**L**o spazio a nostra disposizione e la natura tecnica della nostra rivista non ci consentono di realizzare un dibattito su tematiche medico-epidemiologiche. Le saremmo però molto grati se ci volesse illustrare sinteticamente il significato della collocazione dei campi elettromagnetici in alta frequenza in categoria 2B effettuato da IARC.

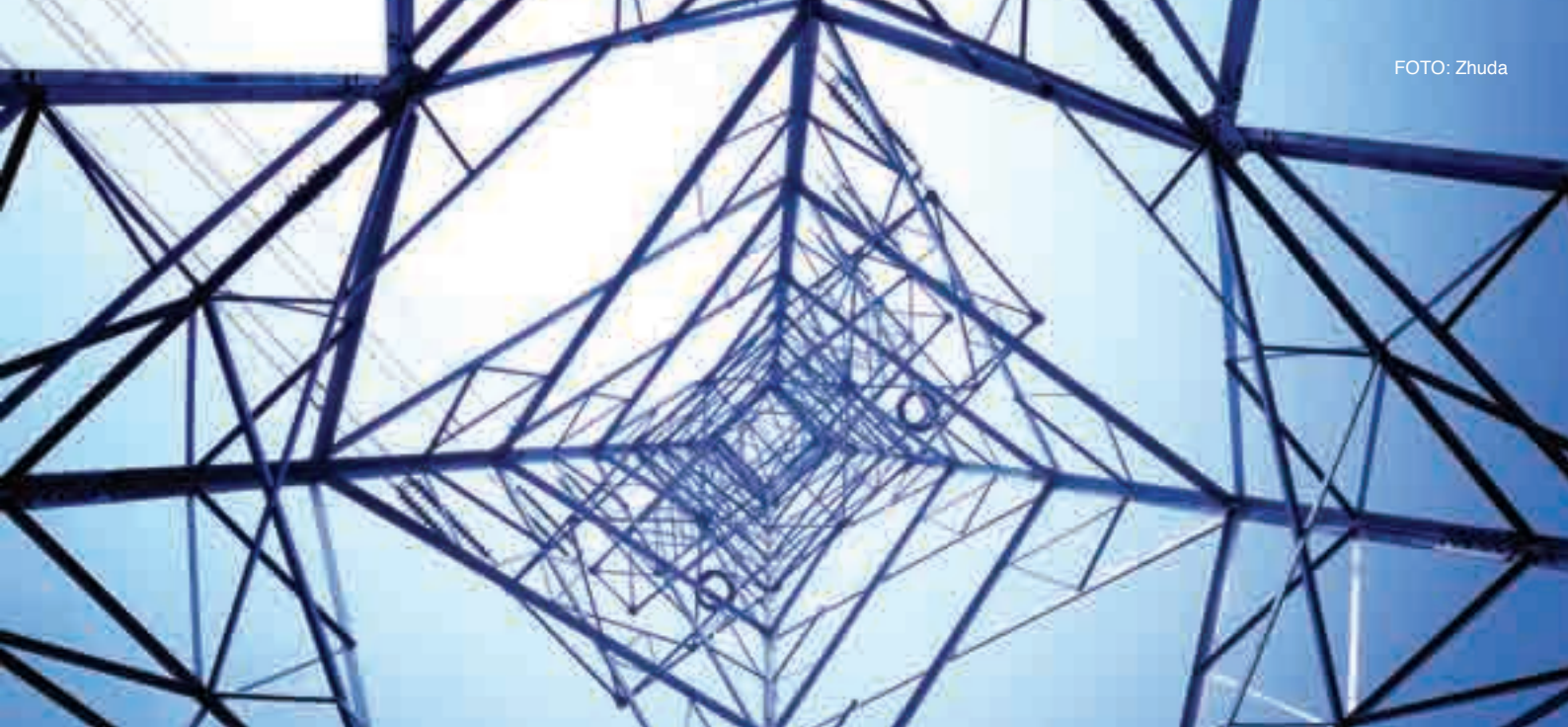
Oggi risulta estremamente difficile stabilire la cancerogenicità dei campi elettromagnetici: al momento essi sono stati classificati dall'Agenzia OMS Internazionale del Cancro di Lione (IARC) nella classe 2B, ovvero come possibilmente cancerogeni, perché fortunatamente essi non producono effetti così drammatici da provocare una malattia tumorale in un arco breve di tempo. Per capire come gli agenti cancerogeni funzionano occorre premettere anzitutto che il meccanismo di azione di detti agenti è quello dell'accumulo degli effetti nel tempo e da ciò deriva che, a seconda del livello di esposizione, il tempo di latenza cambia.

L'amianto, ad esempio, adesso è definito sicuramente cancerogeno ma per molti anni è stato ritenuto non cancerogeno e poi possibilmente cancerogeno solo perché per molti anni il tempo di latenza non era

stato sufficiente per dimostrare dal punto di vista epidemiologico una differenza statisticamente significativa nell'insorgenza di tumori fra esposti e non esposti.

Ora anche con i campi elettromagnetici e specialmente con l'uso del telefono cellulare non c'è da stare tranquilli perché l'esperienza ci ha insegnato che sui cancerogeni le evidenze epidemiologiche si hanno dopo molti anni di latenza dall'inizio dell'esposizione. IARC, come dicevo, ha già documentato un possibile effetto cancerogeno di questi campi per cui li ha classificati nel gruppo 2B, ossia come possibilmente cancerogeni. La classificazione prevede il gruppo 1 per le sostanze sicuramente cancerogene quando c'è l'evidenza sperimentale sia sull'uomo sia sull'animale dell'insorgenza di tumori. Il gruppo 2A per le sostanze ritenute probabilmente cancerogene dove esiste l'evidenza sperimentale di cancerogenicità nell'animale ma nell'uomo le evidenze scientifiche non permettono di trarre conclusioni certe. Il gruppo 2B per le sostanze ritenute possibilmente cancerogene dove c'è evidenza sperimentale sull'animale e manca quella sull'uomo.

Ad oggi sui campi elettromagnetici non possiamo trarre alcuna conclusione riguardo la cancerogenicità nell'uomo; però, come dicevo, nella classificazione dei cancerogeni molti degli agenti sono passati attraverso classificazioni diverse.



### **Come giudica il fatto che ad oggi non sia stato definito alcun valore di soglia?**

Per i cancerogeni si ritiene che non esistano dosi senza effetto e che tutte le dosi, ancorché metabolizzate ed escrete, accumulano i loro effetti nell'organismo finché si manifesta il tumore: già negli anni 70 e 80 era stato evidenziato che dosi di cancerogeno diluite nel tempo quando raggiungono un determinato livello, tipico per ogni agente, si manifesta l'effetto, ovvero un tumore.

Se il livello di dose viene fornito in un'unica soluzione il tumore compare in breve tempo, se la dose viene diluita, il tempo di latenza risulta tanto più lungo quanto più piccole sono le dosi refratte; in ogni caso, raggiunto il livello di soglia, compare comunque l'effetto cancerogeno.

Per questo si dice appunto che non esistono dosi senza effetto.

Personalmente ritengo che per tutte le sostanze, non solo per i cancerogeni, sia aleatorio stabilire dosi senza effetto. Oggi i limiti di esposizione vengono definiti come livelli di concentrazione di sostanze al di sotto delle quali la salute umana non è compromessa.

Questi in verità sono dei limiti tecnici perché nella realtà essi non sono così sicuri nel garantire la salute. Essi infatti sono stati determinati esclusivamente per particolari condizioni espositive, di cui la più impor-

tante è che la somministrazione della sostanza avvenga singolarmente.

In laboratorio per esempio studiando l'esposizione a una determinata concentrazione della sostanza nell'ambiente riesco a stabilire la soglia al di sotto della quale non c'è un effetto sulla salute per esposizioni prolungate nel tempo. Ma questa è una situazione puramente ideale, che non è quella reale. Nella realtà ci si trova di fronte sempre ad un'esposizione multifattoriale, ossia a più fattori di rischio e non a uno solo.

L'esempio tipico è l'inquinamento ambientale delle metropoli dove vengono stabiliti dei limiti di esposizione per i singoli inquinanti, ad esempio ossido di carbonio, anidride solforosa, polveri sottili ecc. e si dice che al di sotto di questi limiti gli effetti sulla salute non sono evidenti.

In realtà in un'esposizione multifattoriale ci può essere un potenziamento di effetti fra i vari inquinanti e allora quello che va fatto è una disamina precisa e sistematica dei rapporti che esistono fra i singoli tossici, fra tossici e agenti fisici (umidità, temperatura, rumore, campi elettromagnetici), tra tossici e farmaci e agenti fisici, tra tossici, farmaci, agenti fisici, stress, tra tossici, farmaci, agenti fisici, stress e organizzazione sociale.

### **Il rumore?**

Il rumore ad esempio provoca un'indu-

zione enzimatica a carico degli enzimi del fegato; quindi se una sostanza diventa tossica perché viene biotrasformata nel metabolita tossico, ecco che nella contemporanea esposizione a questa sostanza ed al rumore possono manifestarsi effetti tossici.

Altro esempio: nella valutazione della predisposizione all'infortunio il rapporto fra tossici, farmaci, agenti fisici, stress e organizzazione del lavoro ha una forte valenza. Chi si trova esposto a un ambiente nocivo può andare incontro a un livello di attenzione abbassato e quindi essere maggiormente predisposto all'infortunio.

**Mi sembra di aver capito dal Suo ragionamento che è possibile definire due famiglie di limiti: una prima classe che prende in esame le singole sostanze indipendentemente le une dalle altre, e una seconda classe che tiene conto invece dell'effetto sinergico delle diverse sostanze fra loro e che porterà, seguendo il senso del suo ragionamento, a definire valori limite inferiori. In base alla sua esperienza di quanto i limiti per esposizione multifattoriale sono da considerarsi inferiori rispetto a quelli monofattoriali?**

In un testo che ho scritto nel 1982 in epoca molto meno sospetta rispetto alle attuali dal titolo "L'aggressione nascosta. Limiti sanitari di esposizione ai rischi" edito da Feltrinelli avevo analizzato nel dettaglio



FOTO: Mark Poprocki

questi rapporti. I limiti per le esposizioni monofattoriali, per come sono stati definiti, ossia come limiti di sicurezza, sono ampiamente al di sotto di valori che evidenziano effetti tossici.

Da questo punto di vista siamo tranquilli, ed è vero che è così. Nell'esposizione multifattoriale diventa davvero difficile stabilire limiti di esposizione perché il tutto dipende da quali agenti interagiscono in quel contesto ed in quel momento: le cose diventano veramente complesse.

Per esempio nel caso di contemporanea esposizione ad amianto e fumo di sigaretta il fattore di moltiplicazione è drammatico: i lavoratori esposti contemporaneamente ad amianto e al fumo di sigaretta avrebbero un rischio di contrarre un cancro del polmone otto volte superiore rispetto al resto dei fumatori e novantadue volte maggiore rispetto ai non esposti ad amianto e non fumatori.

## Quali conclusioni possiamo trarre dunque?

I limiti di esposizione sono limiti tecnici che ci garantiscono che una patologia non insorgerà solo nel caso di esposizione monofattoriale a un determinato agente.

In un'esposizione multifattoriale, dove ci sono tanti agenti, ci possono essere molti fenomeni di potenziamento che possono portare alla comparsa di malattie.

La medicina del lavoro e la medicina in generale seguendo la filosofia dei limiti di

esposizione non arrivano a spiegare l'insorgenza delle malattie croniche degenerative (malattie cardiovascolari, tumori, malattie broncopulmonari, malattie metaboliche) mentre se si tiene in considerazione l'esposizione multifattoriale e l'interazione tra i vari fattori anche al di sotto dei limiti di esposizione ecco che spieghiamo la genesi di molte delle malattie croniche degenerative.

Il problema è che noi tentiamo di semplificare delle situazioni molto complesse: lo possiamo fare, ma semplificando dobbiamo sapere che i limiti che diamo hanno il significato di limiti tecnici al di sopra dei quali può darsi che si manifesti una malattia e al di sotto anche. Quindi noi dobbiamo abbassarli il più possibile non tanto e non solo per applicare il principio di precauzione ma in quanto dobbiamo tenere conto di un'esposizione della popolazione a molteplici fattori e che le dosi assorbite unitamente al tempo di latenza determineranno o meno l'insorgere di malattie.

Non è possibile stabilire un limite di esposizione per gli agenti cancerogeni perché queste sostanze agiscono accumulando nell'organismo i loro effetti nel tempo e soltanto ipotizzando di ridurre a zero l'esposizione possiamo pensare di raggiungere asintoticamente la certezza di non accumulare nel tempo nell'organismo una quantità di dose o di effetto capaci di sca-

tenere la malattia, a maggior ragione se l'attesa di vita media della popolazione è elevata paragonata al tempo di latenza della sostanza.

La risoluzione 1815 del 2011 del parlamento europeo indica progressive riduzioni del valore massimo di esposizione per la popolazione a campi elettromagnetici sul lungo periodo in ambienti indoor a valori di 0,6 V/m fino ad arrivare a valori di 0,2 V/m. Ritiene che questi "numeri" siano compatibili con le attuali tecnologie? (attualmente il limite di legge in Italia è di 6 V/m)

**Quale sarà la tecnologia su cui si dovrà intervenire maggiormente?**

**E' possibile ipotizzare, seppur a grandi linee, quali potranno essere i costi di intervento?**

**Come si modificherà la struttura degli impianti di telecomunicazione? Ci può fare alcuni esempi?**

Si sente parlare sempre più frequentemente di risparmio delle risorse energetiche: ritiene che pensare ad una nuova e diversa struttura degli impianti possa aprire la strada all'implementazione di nuove modalità per la fornitura di servizi ai cittadini? (es microcelle che danno anche contestualmente la connessione wi-fi residenziale o, viceversa hot spot residenziali che danno anche copertura cellulare).