

L'INTERVENTO

Campi elettromagnetici a radiofrequenza e rischi per la salute: un aggiornamento sullo stato delle conoscenze scientifiche

Alessandro Polichetti

Centro Nazionale per la Protezione dalle Radiazioni e Fisica Computazionale, Istituto Superiore di Sanità, Roma

SUMMARY

Health risks from radiofrequency electromagnetic fields: an update on scientific evidence

Exposure to radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMFs, 100 kHz - 300 GHz) can induce adverse health effects due to heating of body tissues (thermal effects). International standards have set exposure limits whose respect totally prevents these effects. Since 1998, due to public concerns, the Italian regulation also addresses possible long-term effects, at levels below international exposure limits, on which research is ongoing. In 2011, the International Agency for Research on Cancer (IARC) classified RF-EMFs as possibly carcinogenic to humans (Group 2B) due to an increased risk of intracranial tumours observed in mobile phone users. Following the IARC classification, numerous studies have been published, but thermal effects remain the only ones established.

Key words: electromagnetic fields; health effects; regulations

alessandro.polichetti@iss.it

La problematica degli effetti sulla salute dei campi elettromagnetici a radiofrequenza (CEM-RF, intervallo di frequenza 100 kHz – 300 GHz) è oggetto di ricerca dalla metà del secolo scorso, quando le sorgenti artificiali di CEM-RF hanno cominciato a causare una crescente esposizione di particolari categorie di lavoratori e della popolazione generale.

Le conoscenze scientifiche accumulate nel corso degli anni hanno permesso di identificare alcuni effetti nocivi dell'esposizione ai CEM-RF, i cosiddetti "effetti termici" connessi al riscaldamento dei tessuti del corpo umano dovuto all'assorbimento di energia elettromagnetica e alla sua conversione in calore. Tali effetti, connessi a esposizioni acute e a elevati livelli di campo, sono a soglia e ciò ha permesso di definire limiti di esposizione, ottenuti dai valori soglia per mezzo di opportuni fattori di riduzione che tengono conto di varie sorgenti di incertezza, come la variabilità nella risposta degli individui, il cui rispetto assicura la totale prevenzione degli effetti attualmente noti dei CEM-RF.

Le normative di protezione dalle esposizioni ai CEM-RF della maggior parte dei Paesi che se ne sono dotati si basano sulle linee guida dell'International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), organismo scientifico indipendente riconosciuto formalmente dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) e presieduto dal 2004 al 2012 dal collega dell'Istituto Superiore di Sanità Paolo Vecchia, recentemente scomparso (<https://www.icnirp.org/en/activities/news/news-article/in-memoriam-paolo.html>). L'Unione Europea ha

emanato la Raccomandazione 1999/519/CE per la protezione della popolazione (1) e la Direttiva 2013/35/UE per la protezione dei lavoratori (2), entrambe basate, per quanto riguarda i CEM-RF, sulle linee guida pubblicate dall'ICNIRP nel 1998 (3). Nelle più recenti linee guida dell'ICNIRP relative ai CEM-RF, pubblicate nel 2020 in vista dell'impiego su larga scala della tecnologia di telecomunicazioni mobili di quinta generazione (5G), i limiti di esposizione sono stati aggiornati per tenere conto delle particolari caratteristiche delle esposizioni dovute alle antenne 5G, in termini di frequenze più elevate e di esposizioni più brevi ma potenzialmente di maggiore intensità rispetto alle tecnologie di telefonia mobile precedenti (4).

La normativa italiana ha recepito solo in parte quella europea (basata, come si è detto, sulle linee guida ICNIRP): mentre la Direttiva 2013/35/UE è stata recepita nel 2016 modificando il DLvo 81/08 sulla tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro, quanto previsto dalla Raccomandazione 1999/519/CE da un lato si applica a sorgenti mobili come i telefoni cellulari, dall'altro non si applica alle antenne fisse radiotelevisive o per la telefonia cellulare. Per queste ultime sorgenti, la normativa nazionale per la protezione della popolazione generale è infatti più restrittiva rispetto al quadro internazionale, in quanto ispirata al principio di precauzione, prevedendo un valore di attenzione in termini di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, come misura di cautela nei confronti di possibili effetti a lungo termine da rispettarsi negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate, nonché

un obiettivo di qualità, sempre in termini di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definito ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione (5). Il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità, fissati da un DPCM nel 2003 (6), assumono valori coincidenti, pari al valore precedentemente definito da un Decreto interministeriale del 1998 (7) come quello più basso possibile, compatibilmente con la qualità del servizio svolto dai sistemi radiotelevisivi e delle telecomunicazioni, al fine di minimizzare l'esposizione della popolazione. La scelta del valore numerico del valore di attenzione/obiettivo di qualità (6 V/m in termini di campo elettrico, a fronte di livelli di riferimento raccomandati dall'ICNIRP nel 1998 variabili tra 27 e 61 V/m a seconda della frequenza) non è pertanto fondata su dati scientifici relativi ai possibili effetti a lungo termine dei CEM-RF, ma è dichiaratamente basata su considerazioni tecniche relative al minimo valore di campo elettromagnetico che garantisca la qualità del servizio*.

La questione se vi siano effetti sulla salute dovuti a esposizioni a CEM-RF inferiori ai limiti previsti dagli standard di protezione internazionali, e quali possano essere i meccanismi di azione non connessi alla conversione di energia elettromagnetica in calore che possano eventualmente determinarli, è ancora aperta. In relazione a tali effetti sono stati effettuati numerosi studi sperimentali - in vitro, in vivo e su volontari umani (per soli effetti reversibili) - ed epidemiologici. Molti studi si sono concentrati sui tumori, ma sono stati effettuati anche numerosi studi relativi ad altri possibili effetti sulla salute, quali disturbi cognitivi e psicomotori, effetti sull'attività cerebrale (alterazioni elettroencefalografiche e della permeabilità della barriera ematoencefalica), disturbi neurocomportamentali, sintomi di vario tipo (dal mal di testa alle eruzioni cutanee) in molti casi attribuiti dalle stesse persone che ne soffrono alle esposizioni ai campi elettromagnetici (la cosiddetta "ipersensibilità elettromagnetica"), effetti sulla fertilità e sulla gravidanza.

Il dibattito scientifico circa i possibili effetti non termici dei CEM-RF si è sviluppato in un contesto sociale sempre più caratterizzato da diffuse preoccupazioni nella popolazione, per rispondere alle quali l'Italia si è dotata, come descritto, di una normativa basata su un approccio precauzionale.

Tali preoccupazioni erano inizialmente rivolte alle antenne radiotelevisive ed erano per lo più limitate ai residenti nelle vicinanze di siti di trasmissione in cui erano presenti molte antenne.

Per le loro potenze di emissione, dell'ordine delle decine di chilowatt, le antenne radiotelevisive costituiscono tuttora le sorgenti di esposizione ambientale a CEM-RF più significative per quanto riguarda l'entità delle esposizioni della popolazione, anche se non per quanto riguarda il numero di soggetti esposti.

In Italia ha destato molto scalpore il caso di un'emittente radiofonica (Radio Vaticana) e del suo potente impianto per la trasmissione di programmi radiofonici in tutto il mondo situato nella periferia Nord di Roma. A causa delle preoccupazioni della popolazione residente nelle vicinanze, e a seguito della segnalazione di casi di tumori e altre patologie nella zona, è stato effettuato uno studio ecologico geografico di mortalità e incidenza della leucemia, caratterizzato da un piccolo numero di casi osservati e dall'assenza di dati relativi all'esposizione ai CEM-RF (valutata in base a un indicatore quale la distanza dalle antenne, rilevatosi molto impreciso per quel tipo di impianto). Questo studio ha evidenziato un eccesso di casi di leucemia, non fornendo tuttavia un'evidenza conclusiva di un'associazione causale tra la leucemia e l'esposizione residenziale ai CEM-RF emessi da potenti antenne radio (8), né il complesso degli studi su esposizioni analoghe, comprendente quelli analitici e con migliori procedure per la valutazione dell'esposizione (misurata o calcolata), permette di trarre conclusioni circa il rischio di leucemia, o altre patologie tumorali, in connessione alle esposizioni ambientali ai CEM-RF (9).

Con l'introduzione e lo sviluppo della telefonia cellulare lo scenario si è modificato radicalmente a causa della sempre più ubiquitaria presenza di antenne fisse (stazioni radio base) sul territorio e al sempre più diffuso utilizzo dei telefoni cellulari. A causa delle ridotte potenze di emissione delle stazioni radio base, dell'ordine delle decine di watt, le esposizioni della popolazione sono più modeste rispetto a quelle dovute alle più potenti antenne radiotelevisive. Tuttavia, a causa della maggiore vicinanza delle antenne, che generalmente sono installate su tralicci in posizioni elevate rispetto agli edifici, ma comunque non molto distanti da essi e spesso anche in posizioni più vicine alle persone, come nel caso di alcune tipologie di small cells utilizzate per la copertura degli ambienti indoor, queste sorgenti di esposizione sono oggetto di preoccupazione di fasce di popolazione più ampie.

(*) Si segnala che al momento della stesura di questo articolo è in discussione una proposta di modifica della normativa, finalizzata a un aumento del valore di attenzione/obiettivo di qualità fino a 15 V/m "al fine di potenziare la rete mobile e garantire a utenti e imprese l'offerta di servizi di connettività di elevata qualità".

Le preoccupazioni della popolazione sono rivolte in misura minore all'utilizzo del telefono cellulare che in realtà, a causa della ridotta distanza tra antenna e corpo, dà luogo a esposizioni più significative di quelle dovute alle antenne fisse, in particolare per quanto riguarda l'esposizione localizzata della testa, quando il telefono è utilizzato senza l'ausilio di auricolari o sistemi viva voce. Il fatto che la normativa nazionale non preveda misure precauzionali nei confronti dei telefoni cellulari è verosimilmente da ricollegare a queste minori preoccupazioni della popolazione.

Questa situazione appare ancora più paradossale in considerazione del fatto che l'utilizzo del telefono cellulare è stato associato da alcuni studi epidemiologici caso-controllo a un aumentato rischio di tumori intracranici, quali il glioma e il neurinoma del nervo acustico. Nel 2011, l'International Agency for Research on Cancer (IARC) ha classificato i CEM-RF nel Gruppo 2B del suo sistema di classificazione delle evidenze di cancerogenicità (agenti possibilmente cancerogeni per gli esseri umani) sulla base di questa evidenza epidemiologica (giudicata "evidenza limitata") (9) che, come chiarito dalla stessa IARC, non è sufficiente per concludere che l'esposizione possa causare il cancro negli esseri umani o negli animali (10).

A seguito della classificazione della IARC, sono stati pubblicati numerosi studi epidemiologici e sperimentali, nonché diverse valutazioni delle evidenze scientifiche che tenevano conto delle nuove risultanze scientifiche che si venivano via via accumulando. Un elenco non esaustivo di questi aggiornamenti delle evidenze relative alla cancerogenicità dei CEM-RF è riportato in un documento prodotto dall'Istituto Superiore di Sanità (11), in cui si sottolinea che le conclusioni di queste valutazioni sono largamente sovrapponibili e concordano nel ritenere che le attuali evidenze scientifiche non richiedano modifiche all'impostazione degli standard di protezione internazionali.

Una valutazione molto recente è quella pubblicata nel 2023 dal Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks (SCHEER), uno dei comitati scientifici di esperti indipendenti che forniscono consulenza alla Commissione Europea (CE) in merito a tematiche che hanno un impatto sulla salute umana e sull'ambiente (12). Questa valutazione è stata condotta a seguito della richiesta da parte della CE di un parere circa la necessità di rivedere i limiti per la protezione della salute umana dalle esposizioni ai CEM-RF previsti per la popolazione (1) e per i lavoratori (2), sulla base della più recente

evidenza scientifica disponibile, con particolare riferimento al citato aggiornamento dell'ICNIRP del 2020 (4).

A causa del grande numero di pubblicazioni sugli effetti sanitari dei CEM-RF (3.270 articoli pubblicati solo tra il 2015 e il 2020), lo SCHEER ha deciso di considerare principalmente le meta-analisi e le rassegne sistematiche che permettono di gestire in modo efficiente l'eterogeneità dei singoli studi ottenendo così un'aumentata affidabilità del livello di evidenza.

Per quanto riguarda le patologie oncologiche, secondo lo SCHEER il "peso dell'evidenza" che l'esposizione ai CEM-RF aumenti il rischio di tali patologie è "incerto" o al più "debole", secondo una scala di classificazione delle evidenze che prevede "moderato" e "forte" come livelli superiori di peso dell'evidenza. A differenza della IARC, la cui classificazione delle evidenze si riferisce unicamente alla cancerogenicità, lo SCHEER ha condotto la sua valutazione su tutti gli effetti sanitari di cui è stato studiato un possibile nesso con i CEM-RF. Lo SCHEER conclude di non aver identificato livelli di evidenza "moderati" o "forti" per effetti sanitari di alcun tipo connessi a esposizioni croniche o acute a campi CEM-RF a livelli inferiori ai limiti previsti dalle normative europee. Per quanto riguarda i possibili meccanismi di interazione tra CEM-RF e sistemi biologici, secondo lo SCHEER non c'è un'evidenza coerente proveniente da studi in vitro su bilancio ossidativo, effetti genetici ed epigenetici, ruolo del calcio nella segnalazione cellulare, che possa essere a supporto delle evidenze epidemiologiche e in vivo.

Lo SCHEER risponde affermativamente al quesito della CE se sia necessario rivedere i limiti previsti dalla normativa europea, nel senso di renderli più efficaci ai fini della protezione dagli effetti termici, tuttora gli unici che siano stati accertati, a fronte delle nuove modalità di esposizione connesse ai più recenti sviluppi tecnologici che hanno motivato l'aggiornamento del 2020 delle linee guida ICNIRP (4).

Si segnala, infine, che l'OMS ha commissionato rassegne sistematiche delle evidenze epidemiologiche e sperimentali su sei argomenti ritenuti prioritari: il cancro, gli esiti avversi della riproduzione, i deficit cognitivi, l'ipersensibilità elettromagnetica, lo stress ossidativo e gli effetti connessi al calore. Dopo la pubblicazione di queste rassegne sistematiche, delle quali al momento ne è stata pubblicata una (13), l'analisi e la sintesi dell'evidenza disponibile saranno pubblicate in una monografia della serie Environmental Health Criteria.

Citare come segue:

Polichetti A. Campi elettromagnetici a radiofrequenza e rischi per la salute: un aggiornamento sullo stato delle conoscenze scientifiche. *Boll Epidemiol Naz* 2023;4(2):38-41.

Conflitti di interesse dichiarati: nessuno.

Finanziamenti: nessuno.

Riferimenti bibliografici

1. Unione Europea. Raccomandazione del Consiglio del 12 luglio 1999 relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz (1999/519/CE). *Gazzetta ufficiale delle Comunità europee* L 199/59, 30 luglio 1999.
2. Unione Europea. Direttiva 2013/35/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 26 giugno 2013 sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) (ventesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE) e che abroga la direttiva 2004/40/CE. *Gazzetta ufficiale dell'Unione europea*, L179/1-21, 29 giugno 2013.
3. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys* 1998;74(4):494-522. Erratum in: *Health Phys* 1998;75(4):442. PMID: 9525427.
4. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). *Health Phys* 2020;118(5):483-524; doi: 10.1097/HP.0000000000001210
5. Italia. Legge 22 febbraio 2001, n. 36. Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. *Gazzetta Ufficiale - Serie Generale* n. 55, 7 marzo 2001.
6. Italia. Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri dell'8 luglio 2003. Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz. *Gazzetta Ufficiale - Serie Generale* n. 199, 28 agosto 2003.
7. Italia. Decreto del 10 settembre 1998, n. 381. Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana. *Gazzetta Ufficiale - Serie Generale* n. 257, 3 novembre 1998.
8. Michelozzi P, Capon A, Kirchmayer U, Forastiere F, Biggeri A, Barca A et al. Adult and childhood leukemia near a high-power radio station in Rome, Italy. *Am J Epidemiol* 2002;155(12):1096-103; doi: 10.1093/aje/155.12.1096
9. International Agency for Research on Cancer. *Non-ionizing radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields*. Lyon: IARC; 2013. (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, No. 102).
10. International Agency for Research on Cancer. IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans. Questions and Answers. 2019. monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/07/IARCMonographs-QA.pdf; ultimo accesso 24/11/2023.
11. Lagorio S, Anglesio L, d'Amore G, Marino C, Scarfi MR. *Radiazioni a radiofrequenze e tumori: sintesi delle evidenze scientifiche*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2019. (Rapporti ISTISAN 19/11).
12. Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks. Preliminary Opinion on the need of a revision of the annexes in Council Recommendation 1999/519/EC and Directive 2013/35/EU, in view of the latest scientific evidence available with regard to radiofrequency (100kHz - 300GHz), adopted by written procedure on 18 April 2023. https://health.ec.europa.eu/system/files/2023-06/scheer_o_044.pdf; ultimo accesso 24/11/2023.
13. Cordelli E, Ardoino L, Benassi B, Consales C, Eleuteri P, Marino C et al. Effects of Radiofrequency Electromagnetic Field (RF-EMF) exposure on pregnancy and birth outcomes: A systematic review of experimental studies on non-human mammals. *Environ Int* 2023;180:108178; doi: 10.1016/j.envint.2023.108178