

# CEM A RADIOFREQUENZE: EFFETTI SULLA SALUTE

LO SPETTRO DI EFFETTI CONSIDERATI DALLE RICERCHE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI È MOLTO AMPIO. L'OMS STA CONDUCENDO UNA REVISIONE SISTEMATICA. PER IL 5G, A CONDIZIONE CHE L'ESPOSIZIONE PERSONALE COMPLESSIVA NON SUPERI I LIMITI SUGGERITI DALLE LINEE GUIDA INTERNAZIONALI, NON SI PREVEDONO EFFETTI NEGATIVI SULLA SALUTE.

L'esposizione a campi elettromagnetici a radiofrequenze (Rf; 100 kHz-300 GHz) è ubiquitaria e dovuta a numerosi sorgenti. Parte della popolazione è preoccupata per i possibili rischi per la salute da sorgenti fisse ambientali, come i WiFi nelle scuole o le antenne di telefonia mobile, negli scenari attuali e in previsione dello standard 5G. Le sorgenti più temute non sono quelle che forniscono il maggior contributo all'esposizione individuale. Il 90-95% della radiazione a Rf assorbita quotidianamente deriva dai dispositivi utilizzati a stretto contatto, in particolare da cellulari/smartphone utilizzati per chiamate vocali e traffico dati su reti wireless [1].

Le Rf possono penetrare nel corpo: maggiore è la frequenza, minore è la profondità di penetrazione. Gli standard internazionali sono finalizzati alla prevenzione degli effetti nocivi accertati, che si verificano in conseguenza di eccessivi assorbimenti di energia elettromagnetica (stress termico generale ed eccessivo riscaldamento localizzato). A tutt'oggi, nessun altro effetto nocivo dell'esposizione a Rf risulta scientificamente comprovato [2].

## Il volume della ricerca

Lo stato attuale delle conoscenze poggia su una voluminosa base scientifica. Emf-Portal, la banca dati della letteratura sugli effetti dei campi elettromagnetici sulla salute (<https://www.emf-portal.org/en>), conta oggi più di 28000 pubblicazioni, oltre un terzo delle quali relative alle Rf (figura 1).

Lo spettro di effetti considerati è molto ampio e include tumori, genotossicità, ipersensibilità ai campi elettromagnetici, attività cerebrale (elettroencefalografia e permeabilità della barriera ematoencefalica), funzioni cognitive e psicomotorie, sonno, comportamento,

fertilità e gravidanza, effetti indiretti (compatibilità elettromagnetica). Gli studi epidemiologici sulle Rf hanno esaminato diverse relazioni esposizione-effetto, con particolare attenzione ai telefoni cellulari tra le sorgenti di esposizione e ai tumori per quanto riguarda gli effetti (figura 2).

Le indagini sperimentali (sull'uomo, su modelli animali o su sistemi biologici isolati) vengono effettuate in condizioni di esposizione controllata e in cieco, evitando così l'influenza di bias di informazione sui risultati. Tuttavia, l'oggetto degli studi di provocazione nell'uomo è ristretto agli effetti reversibili e possono esserci problemi di estrapolazione dei risultati dai modelli animali all'uomo e dagli studi su sistemi cellulari all'organismo in toto.

D'altra parte, gli studi epidemiologici osservazionali forniscono evidenze di diretta rilevanza per l'uomo, ma sono molto più suscettibili degli studi sperimentali a errori e distorsioni. Per queste ragioni, le valutazioni dei potenziali effetti nocivi dell'esposizione ad agenti ambientali e altri fattori di rischio si basano su rassegne sistematiche integrate delle evidenze scientifiche prodotte in tutti gli ambiti di ricerca.

## La valutazione della IARC

Nel maggio 2011 l'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (Iarc) ha esaminato le evidenze scientifiche sulla potenziale

FIG. 1  
VOLUMI DELLA RICERCA

Numero di pubblicazioni scientifiche sui campi a radiofrequenze per argomento e linea di ricerca.

Fonte: Elaborazione dell'autore di dati estratti da Emf-Portal (16/6/2019).

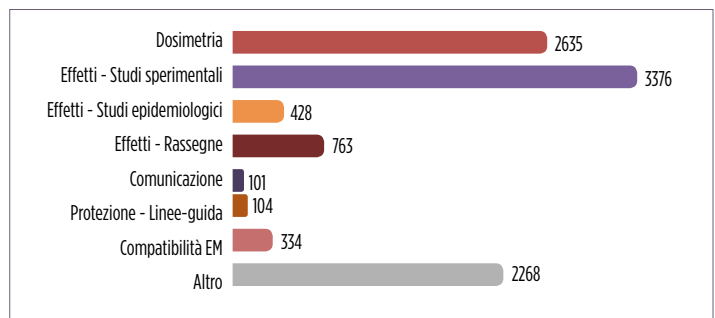
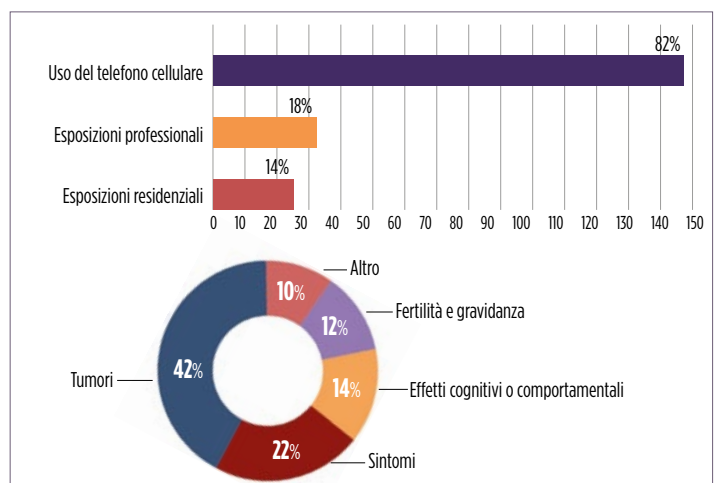


FIG. 2  
EPIDEMIOLOGIA RF

Studi epidemiologici sui rischi da radiofrequenze per esposizioni e patologie esaminate.

Fonte: Elaborazione dell'autore di dati estratti da Emf-Portal (16/6/2019).



Le "esposizioni residenziali" includono studi incentrati su trasmettitori radio-Tv e stazioni radio base per la telefonia mobile. Gli effetti dell'esposizione personale complessiva da sorgenti multiple sono stati esaminati in un piccolo numero di studi recenti.

cancerogenicità delle Rf [3, 4]. Sulla base dei risultati di alcuni studi caso-controllo sull'uso del telefono cellulare e il rischio di tumori cerebrali (lo studio internazionale Interphone e una serie di studi caso-controllo effettuati in Svezia da Hardell e collaboratori), il gruppo di lavoro ha concluso che gli studi sull'uomo fornivano limitata evidenza di un effetto dell'esposizione a Rf sul rischio di glioma e neuroma acustico. I risultati di uno studio prospettico di coorte (che non evidenziava alcuna associazione) venivano giudicati attribuibili a misclassificazione dell'esposizione, mentre le analisi di trend temporale dei tumori cerebrali (che non rilevavano alcun incremento d'incidenza) venivano considerati non informativi per la copertura temporale troppo breve. La valutazione non era unanime: un'opinione di minoranza classificava le evidenze epidemiologiche come inadeguate, sottolineando l'incoerenza tra i risultati degli studi caso-controllo e la stabilità dei tassi di glioma e neuroma acustico. Nella valutazione complessiva, il panel Iarc classificava i campi a Rf come "possibili cancerogeni" (gruppo 2B), una categoria utilizzata quando "ci sono evidenze non convincenti che l'esposizione possa causare il cancro nell'uomo e negli animali" (<https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/Monographs-QA.pdf>).

## L'evoluzione delle evidenze

Dopo la valutazione della Iarc, sono stati pubblicati numerosi studi caso-controllo e di coorte con periodi di osservazione di 10-15 anni, analisi dei trend temporali dei tumori cerebrali a quasi 30 anni di distanza dall'introduzione dei cellulari, nonché studi di simulazione dell'andamento dei tassi d'incidenza in diversi scenari di rischio. L'Organizzazione mondiale della sanità (Oms) sta conducendo una revisione sistematica dei rischi per la salute da Rf, inclusi i tumori. Nel frattempo, il comitato scientifico della Commissione europea (Scenih) e altri gruppi di esperti hanno prodotto valutazioni aggiornate le cui conclusioni concordano nel ritenere che le evidenze scientifiche sulla potenziale cancerogenicità delle Rf siano deboli e non richiedano modifiche all'impostazione degli standard di protezione correnti [5-13]. Le motivazioni sottostanti a queste conclusioni vengono illustrate nei paragrafi seguenti, attraverso una sintesi aggiornata delle evidenze

epidemiologiche sulla relazione cellulari-tumori, accompagnata da una guida all'interpretazione dei risultati basata su considerazioni di validità delle stime di associazione, riproducibilità dei risultati e coerenza con altre evidenze. L'argomento è trattato più estesamente in un recente articolo in inglese [14] e in un rapporto tecnico in italiano [15], ai quali si rimanda per approfondimenti.

## Uso del cellulare e tumori

Data la stretta localizzazione dell'esposizione a Rf da uso del cellulare, le neoplasie di maggiore interesse sono i tumori intracranici e delle ghiandole salivari. Si tratta di tumori rari ed eterogenei per molte caratteristiche. I gliomi sono prevalentemente maligni; i meningiomi sono generalmente benigni e due volte più frequenti tra le donne che tra gli uomini; i neuromi del nervo acustico sono neoplasie benigne a lenta crescita; tra i tumori della parotide e delle altre ghiandole salivari gli adenomi sono più frequenti dei carcinomi. Le radiazioni ionizzanti ad alte dosi (terapeutiche) sono gli unici fattori di rischio ambientali accertati. Sul periodo 1999-2017 sono stati pubblicati numerosi studi sull'incidenza di tumori nell'area della testa in rapporto all'uso del cellulare (24 sul glioma, 19 sul meningioma, 20 sul neuroma acustico e 8 sulle neoplasie salivari). A causa della rarità delle neoplasie in esame, il disegno di studio più utilizzato è quello caso-controllo, con due soli studi di coorte [16-19]. La quasi totalità degli studi è incentrata su adulti. L'unico studio sui tumori infantili finora disponibile non ha osservato relazioni esposizione-effetto coerenti, né incrementi del rischio nelle regioni cerebrali che nei bambini ricevono i più alti livelli di esposizione a Rf durante l'uso del cellulare [20]. I risultati di un secondo studio caso-controllo su bambini e adolescenti (Mobi-Kids [21]) non sono ancora stati presentati.

### Validità delle stime di associazione

La valutazione dell'esposizione è la principale criticità degli studi epidemiologici su Rf e salute [22]. Questa difficoltà è stata d'impulso per lo sviluppo di nuovi strumenti e tecniche di misura [23-25]. Purtroppo, né gli esposimetri portatili multi-banda, né i modelli di predizione sono in grado di risolvere i problemi di stima dell'esposizione individuale a Rf

da dispositivi wireless utilizzati in stretto contatto.

L'esposizione a Rf durante l'uso del cellulare è estremamente localizzata e l'energia emessa viene assorbita dai tessuti circostanti per una profondità  $\leq 5$  cm circa. Nelle condizioni di esposizione in campo vicino la grandezza dosimetrica appropriata è il rateo di assorbimento specifico di energia (Sar in W/kg). Il Sar durante una chiamata dipende da molti parametri (soprattutto: distanza dalla stazione radio base, network e uso di dispositivi a mani-libere). La misura di tutti questi parametri sull'intero periodo d'interesse per gli studi sui tumori (dalla prima esposizione alla diagnosi) è impossibile. Pertanto, gli studi epidemiologici finora effettuati hanno utilizzato come indicatori di esposizione a Rf le storie d'uso del cellulare auto-riferite o, più raramente, la titolarità di un'utenza di telefonia mobile. Agli inizi degli anni 2000, con le reti in via di sviluppo e livelli subottimali di copertura del territorio, molte chiamate venivano effettuate in condizioni di potenza massima e la potenza totale registrata in continuo su alcuni mesi era abbastanza ben correlata alla durata totale d'uso riferita [26]. La validità delle ore totali d'uso, come indicatore di esposizione cumulativa a Rf, è peggiorata nel tempo. Infatti, mentre l'intensità d'uso è cresciuta in parallelo al diminuire dei costi del servizio, l'efficienza del controllo adattativo della potenza in risposta alla qualità della rete è molto aumentata nel passaggio dallo standard Gsm (2G) all'Umts (3G). Il sistema Umts comporta emissioni 500-1000 volte inferiori al Gsm [27], che a sua volta era caratterizzato da potenze medie 3-7 volte inferiori rispetto ai sistemi analogici di prima generazione. Di conseguenza, due utenti che abbiano utilizzato il telefono cellulare per un identico numero di ore in periodi differenti avranno accumulato livelli di esposizione a Rf molto diversi. Studi di validazione dell'uso auto-riferito con dati di traffico hanno documentato larghe imprecisioni nel ricordo (errori *random*), errori sistematici associati all'intensità di esposizione (con sottostima dell'intensità d'uso da parte degli utenti moderati e sovrastima da parte dei forti utilizzatori), come pure errori differenziali associati alla malattia (con sovrastima del tempo totale d'uso tra i casi, ma non tra i controlli, in misura crescente per i periodi più distanti dal momento dell'intervista). La misclassificazione *random* dell'esposizione comporta generalmente una diluizione di eventuali vere

associazioni. Gli errori sistematici possono determinare false relazioni esposizione-risposta o accentuare trend reali. Gli errori differenziali (*recall bias*) possono produrre false associazioni tra esposizione e malattia. È importante sottolineare che il *recall bias* può verificarsi solo negli studi caso-controllo, perché negli studi di coorte la valutazione dell'esposizione avviene prima e indipendentemente dall'accertamento della malattia.

Gli studi epidemiologici sono anche suscettibili ad altre sorgenti di distorsione. Negli studi di coorte è importante che l'accertamento dei casi sia esaustivo, per evitare *bias* da perdite al *follow-up* associate allo stato di esposizione. I due studi di coorte su uso del cellulare e tumori soddisfano questo requisito. Negli studi caso-controllo la partecipazione può essere influenzata dall'esposizione e dalla malattia (*bias* di partecipazione). Se i controlli che aderiscono allo studio non rappresentano correttamente la distribuzione dell'esposizione nella popolazione di riferimento, le misure di effetto risulteranno distorte e l'impatto del *bias* andrà nella direzione opposta a quella dell'errore di rappresentazione (cioè, se la frequenza di esposizione tra i controlli è inferiore a quella reale si avranno sovrastime o associazioni spurie e viceversa nel caso opposto). Sono inoltre possibili fenomeni di causalità inversa, nei quali è la malattia che influenza l'esposizione, piuttosto che il contrario. Ad esempio, in un'analisi dell'impatto dell'uso del cellulare sulla sopravvivenza dopo la diagnosi di glioma [28], è stato osservato un apparente effetto protettivo dell'esposizione. Il deficit di mortalità tra gli utilizzatori rispetto ai non utilizzatori, concentrato nella categoria più breve di durata dell'esposizione (1-5 anni), potrebbe essere spiegato da un effetto "dissuasivo" dei sintomi prodromici della malattia nei confronti dell'uso del cellulare. Un secondo esempio, tratto dallo studio svedese Sotan sul rischio di neuroma acustico in relazione all'uso del cellulare [29], illustra due effetti di causalità inversa di segno opposto, a seconda del tipo di analisi. Nel confronto utilizzatori vs non utilizzatori e nelle analisi per intensità cumulativa d'uso si osservavano incrementi di rischio solo nel sottoinsieme di casi senza conferma istologica (non operati), ascrivibili al fatto che il telefono cellulare può facilitare la consapevolezza di lievi deficit uditivi

unilaterali e anticipare la diagnosi di neoplasie di piccole dimensioni che altrimenti rimarrebbero clinicamente silenti. Nello stesso studio, veniva anche evidenziata l'influenza dei sintomi precoci della neoplasia sul lato d'uso del cellulare (il 52% dei casi riferiva di aver cambiato il lato d'uso preferito nel tempo, contro l'8% dei controlli) e nelle analisi di lateralità si osservavano deficit di rischio per l'uso ipsilaterale e incrementi di rischio per l'uso contralaterale, già evidenti 10 anni prima della diagnosi [29].

Data la scarsità di fattori di rischio noti per i tumori intracranici e delle ghiandole salivari, le distorsioni da confondimento (dovute a cause della malattia d'interesse correlate all'esposizione in studio) sono un problema minore.

**Riproducibilità dei risultati**

Gli studi sugli adulti sono sufficientemente numerosi per consentire una meta-analisi delle osservazioni e quantificare l'eventuale eterogeneità di risultati.

Le peculiarità dei dati disponibili richiedono accortezza sia nella aggregazione degli studi, sia nella scelta dei contrasti di esposizione da analizzare. I problemi di aggregazione derivano dalla presenza nei dataset delle tre neoplasie più studiate (glioma, meningioma e neuroma acustico) sia di studi primari, sia di analisi combinate di studi originali (analisi *pooled* della serie di Hardell; analisi nazionali, multicentriche e internazionali dello studio Interphone). Per effettuare meta-analisi corrette, bisogna quindi creare sottoinsiemi rappresentativi evitando di

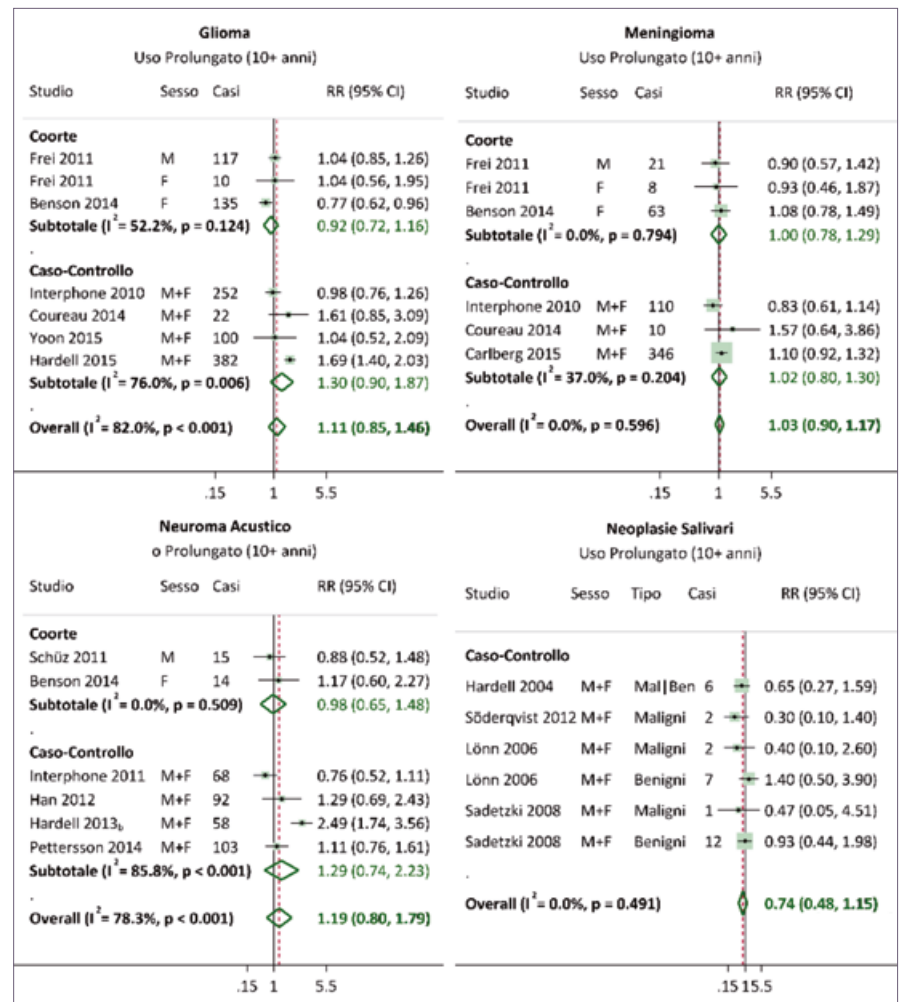


FIG. 3 USO DEL CELLULARE E TUMORI

Risultati della meta-analisi degli studi epidemiologici sul rischio di glioma, meningioma, neuroma acustico e tumori delle ghiandole salivari in relazione all'uso prolungato del telefono cellulare.

Note: Gli odds ratio degli studi di Hardell 2015 (glioma), Carlberg 2015 (meningioma) e Hardell 2013b (neuroma acustico) sono medie pesate delle stime originali per tutte le categorie di latenza superiori a 10 anni.

La linea tratteggiata arancione rappresenta il meta-rischio (mRR) medio sull'insieme degli studi nel grafico corrispondente.

Abbreviazioni: CI = intervallo di confidenza; F= femmina; I<sup>2</sup> = percentuale di variazione tra gli studi dovuta all'eterogeneità piuttosto che alla variabilità casuale; M = maschio; p = valore p del test di eterogeneità; RR = rischio relativo.

Fonte: Rielaborazione dell'autore dei dati pubblicati in Röösi M., Lagorio S. et al., *Annu Rev Public Health*, 2019, 40(1): 221-238 [14].



combinare studi con popolazioni del tutto o in parte sovrapposte. Per quanto riguarda la scelta delle metriche di esposizione, la progressiva riduzione nel tempo dei livelli di esposizione dell'utente durante le chiamate vocali complica l'interpretazione dei risultati delle analisi per esposizione cumulativa (ore totali d'uso) nei diversi studi caso-controllo. Inoltre, dato che gli studi prospettici a oggi pubblicati non dispongono di informazioni dettagliate sull'uso del telefono cellulare, è impossibile utilizzare il confronto tra studi di coorte e caso-controllo per valutare se e quanto i risultati di queste analisi siano influenzate da *recall bias*. Pertanto, a fini di valutazione della riproducibilità delle osservazioni e di sintesi quantitativa dei risultati, le analisi per tempo trascorso dalla prima esposizione possono essere

considerate più informative di quelle per ore totali d'uso. La meta-analisi effettuata sul sottoinsieme di dati con il maggior numero di casi esposti (costituito dalle analisi internazionali di Interphone [30, 31], dalle analisi *pooled* più recenti della serie degli studi di Hardell [32-34] e da tutti gli altri studi primari) non ha rilevato nell'insieme incrementi d'incidenza di nessuna delle neoplasie esaminate in relazione all'uso prolungato ( $\geq 10$  anni), ma ha evidenziato una notevole eterogeneità nei risultati relativi al glioma e al neuroma acustico (figura 3). Le analisi di sensibilità, effettuate su altre quattro diverse combinazioni di studi, indicano che le stime ottenute in questa meta-analisi sono robuste (figura 4) e suggeriscono che gli incrementi del rischio di tumori cerebrali in relazione all'uso protratto del cellulare riportati in

altre meta-analisi recenti siano attribuibili a identificazione incompleta degli studi rilevanti e *bias* di aggregazione delle indagini.

**Coerenza con altre evidenze**

Gli incrementi del rischio di glioma e neuroma acustico in relazione all'uso intenso e prolungato del cellulare, osservati in alcuni studi caso-controllo, non sono coerenti con l'andamento temporale dei tassi d'incidenza dei tumori cerebrali a quasi 30 anni di distanza dall'introduzione dei telefoni cellulari palmari [35-38,] non sono avvalorati dagli studi di simulazione [39-41] e sono verosimilmente dovuti a *recall bias* e/o altre distorsioni.

Le indagini sui trend temporali, in questa particolare area di ricerca, sono considerate molto informative in considerazione del rapido e notevole aumento della prevalenza di esposizione, della disponibilità di dati praticamente completi sull'incidenza dei tumori in molti paesi e del numero limitato di fattori di confondimento. Inoltre, dati i tempi medi di latenza dei tumori cerebrali indotti da radiazioni ionizzanti (9-18 anni per il glioma e 17-23 anni per il meningioma) [42], un analogo effetto dell'esposizione a Rf sarebbe ormai ben evidente.

Gli studi in corso (Cosmos [43], Mobi-Kids [21], Geronimo [44]), affiancati dal monitoraggio dei trend temporali d'incidenza, contribuiranno a chiarire le incertezze residue riguardo alle neoplasie cerebrali a più lenta crescita e agli effetti dell'uso del cellulare iniziato durante l'infanzia.

L'eventuale cancerogenicità dei campi elettromagnetici a Rf è stata esaminata in gran numero di studi sperimentali in vivo ben condotti e basati su un'ampia varietà di modelli animali che hanno prodotto risultati prevalentemente negativi [5, 10]. Due recenti studi su roditori hanno segnalato un incremento dell'incidenza di schwannoma cardiaco, un tumore rarissimo nell'uomo (ne risultano descritti in letteratura meno di 20 casi) [45]. Lo studio del *National Toxicology Program* (Ntp) [46, 47] ha valutato gli effetti dell'esposizione a Rf (900 MHz, Gsm o Cdma) nei ratti e nei topi, osservando un eccesso di questa neoplasia tra i ratti maschi al livello più elevato di Sar a corpo intero (6 W/kg), ma non nei ratti femmine, né nei topi maschi o femmine. Lo studio dell'Istituto Ramazzini [48] ha riportato un aumento dello stesso tumore nei ratti maschi esposti al livello più elevato (50 V/m = 0.1 W/kg) di Rf (Gsm 1835 MHz). Queste osservazioni

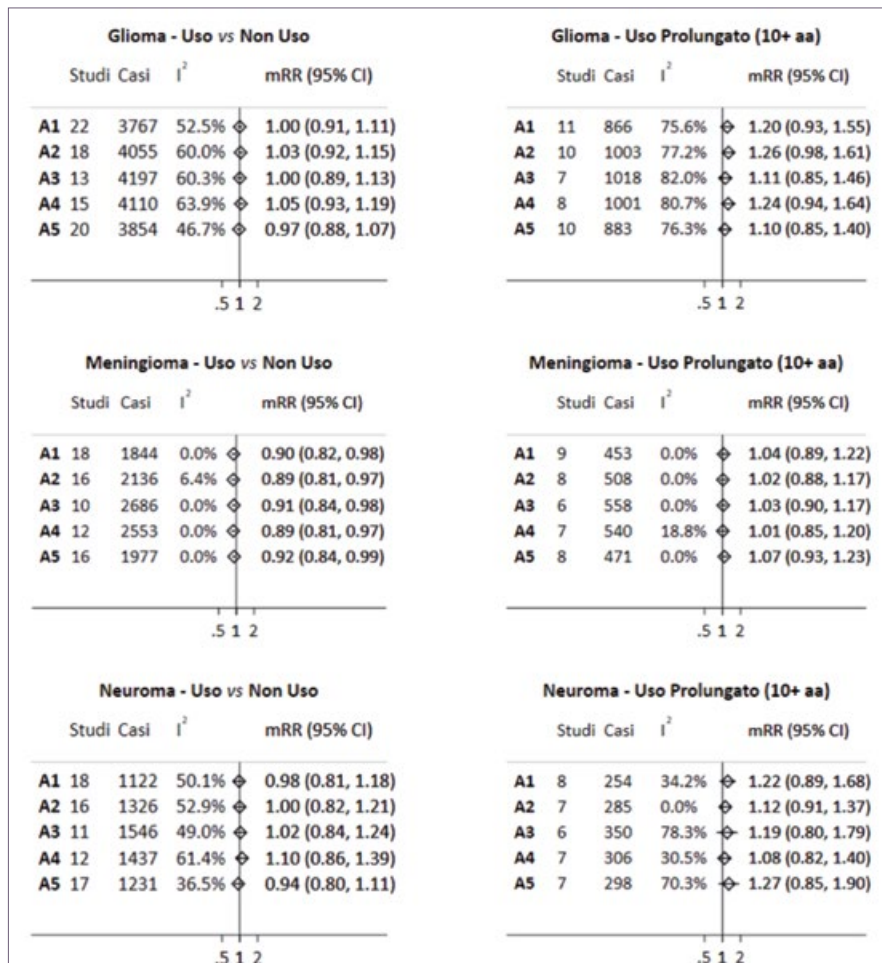


FIG.4 SENSIBILITÀ DELLA META-ANALISI A VARIAZIONI NELL'AGGREGAZIONE DEGLI STUDI

Il grafico illustra l'analogia dei risultati di cinque meta-analisi dei rischi di glioma, meningioma e neuroma acustico in relazione all'uso del cellulare, basate su diverse aggregazioni rappresentative degli studi disponibili (A1-A5) ma senza sovrapposizione di dati individuali.

Abbreviazioni: A1 = Solo studi primari; A2 = Studi Interphone multicentrici più tutti gli altri studi primari con dati non sovrapposti; A3 = Analisi internazionali di Interphone, analisi combinate dei quattro studi di Hardell et al., più altri studi primari con dati non sovrapposti (meta-analisi principale); A4 = Analisi internazionali di Interphone più altri studi primari con dati non sovrapposti; A5 = Analisi combinate dei quattro studi di Hardell et al. più altri studi primari con dati non sovrapposti.

CI = intervallo di confidenza; I<sup>2</sup> = percentuale di variazione tra gli studi dovuta all'eterogeneità piuttosto che alla variabilità casuale; mRR = meta stima del rischio relativo.

Fonte: Rielaborazione dell'autore dei dati pubblicati in Röösi M., Lagorio S. et al., *Annu Rev Public Health*, 2019, 40(1): 221-238 [14].

possono riflettere una relazione causale, ma sono anche compatibili con spiegazioni alternative (associazioni *random* da confronti multipli o effetti dell'incremento di temperatura, documentato tra i ratti maschi nello studio Ntp, che potrebbe anche spiegare l'inatteso vantaggio di sopravvivenza tra gli esposti rispetto ai controlli) [49]. I livelli di esposizione ai quali si osservano effetti non sono coerenti tra i due studi, ma in entrambi i casi sono superiori agli standard internazionali per la popolazione generale ( $Sar = 0,08 \text{ W/kg}$ ) e ai limiti in vigore in Italia ( $6 \text{ V/m}$ ). I numerosi studi su sistemi cellulari in vitro non forniscono, nell'insieme, prove convincenti di effetti genotossici dell'esposizione a Rf [50].

## Quanto sono rilevanti queste evidenze per gli scenari di esposizione futuri?

I sistemi 5G opereranno in Italia nelle bande di frequenza 694-790 MHz, 3,6-3,8 GHz e 26,5-27,5 GHz. La banda inferiore della gamma è molto vicina alle frequenze impiegate nel Gsm800. Le evidenze scientifiche precedentemente illustrate sono quindi pertinenti e offrono scarso supporto all'ipotesi che l'uso del telefono cellulare comporti un incremento del rischio di tumori cerebrali. Le frequenze tra 3,5 e 30 GHz rappresentano una novità per le reti di telefonia mobile, ma sono in uso da molti anni in altre applicazioni (ad esempio, i ponti radio). La profondità di penetrazione dell'energia elettromagnetica a Rf nei tessuti diminuisce all'aumentare della frequenza, riducendosi a meno di 8 mm nell'intervallo tra 6 e 300 GHz, dove l'effetto predominante è il riscaldamento di tessuti superficiali (cute e occhi). Al momento non è possibile stimare l'impatto del 5G sul livello di esposizione personale a Rf, ma non sono previsti rischi per la salute, a condizione che siano rispettati i limiti raccomandati dalle linee guida internazionali. Gli approfondimenti scientifici suggeriti consistono in ulteriori ricerche sugli effetti sulla pelle (per esposizioni di basso livello a lungo termine) e sulla cornea (per esposizioni ad alta intensità e di breve durata) [5, 51].

### Susanna Lagorio

Istituto superiore di sanità, Dipartimento di Oncologia e medicina molecolare



## BIBLIOGRAFIA

- [1] Roser K., Schoeni A., Struchen B. et al., "Personal radiofrequency electromagnetic field exposure measurements in Swiss adolescents", *Environment international*, 2017;99:303-14.
- [2] Who, *Electromagnetic fields and public health: mobile phones*, Factsheet 193: World Health Organization, 2014:4.
- [3] Baan R., Grosse Y., Lauby-Secretan B. et al., "Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields", *The Lancet Oncology*, 2011;12:624-6.
- [4] Iarc Working Group on the evaluation of carcinogenic risks to humans, *Non-ionizing radiation*, "Part 2: Radiofrequency electromagnetic fields", Lyon, International Agency for Research on Cancer, 2013.
- [5] Scenihir, *Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF)*, Luxembourg: European Commission, 2015.
- [6] Agnir (Advisory Group on non-Ionising Radiation), *Health effects from radiofrequency electromagnetic fields*, London, Health Protection Agency, 2012.
- [7] Anses, *Radiofréquences et santé. Mise à jour de l'expertise*, Maisons-Alfort, Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail, 2013.
- [8] Arpana Radiofrequency Expert Panel, *Review of radiofrequency health effects research - Scientific literature 2000 - 2012*, Yallambie, Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2014.
- [9] Demers P., Findlay R., Foster K.R. et al., *Expert panel report on a review of safety code 6 (2013): health Canada's safety limits for exposure to radiofrequency fields*, Ottawa, Royal Society of Canada, 2014.
- [10] Hcnl (Health Council of The Netherlands), *Mobile phones and cancer Part 3 - Update and overall conclusions from epidemiological and animal studies*, The Hague: Health Council of the Netherlands; 2016.
- [11] Ccars (Comité Científico Asesor en Radiofrecuencias y Salud), *Informe sobre Radiofrecuencia y Salud (2013-2016)*, Madrid, Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación (Coit), 2017.
- [12] New Zealand Ministry of Health, *Interagency Committee on the Health Effects of Non-ionising Fields - Report to Ministers*, Wellington, Ministry of Health, 2018.
- [13] Feychting M., Schüz J., "Electromagnetic Fields", in Thun M., Linet M.S., Cerhan J.R., Haiman C.A., Schottenfeld D. (eds.), *Cancer Epidemiology and Prevention*, 4 ed., New York, Oxford University Press, 2017:260-74.
- [14] Röösli M., Lagorio S., Schoemaker M.J., Schüz J., Feychting M., "Brain and salivary gland tumors and mobile phone use: evaluating the evidence from various epidemiological study designs", *Annu Rev Public Health*, 2019;40:221-38.
- [15] Lagorio S., Anglesio L., d'Amore G., Marino C., Scarfi M.R., *Radiazioni a radiofrequenze e tumori: sintesi delle evidenze scientifiche*, Roma, Istituto superiore di sanità, 2019 (in corso di stampa).
- [16] Frei P., Poulsen A.H., Johansen C., Olsen J.H., Steding-Jessen M., Schüz J., "Use of mobile phones and risk of brain tumours: update of Danish cohort study", *BMJ (Clinical research ed)*, 2011;343:d6387.
- [17] Schüz J., Steding-Jessen M., Hansen S. et al., "Long-term mobile phone use and the risk of vestibular schwannoma: a Danish nationwide cohort study", *Am J Epidemiol*, 2011;174:416-22.
- [18] Benson V.S., Pirie K., Schüz J., Reeves G.K., Beral V., Green J., "Authors' response to: the case of acoustic neuroma: comment on mobile phone use and risk of brain neoplasms and other cancers", *Int J Epidemiol*, 2014;43:275.

## BIBLIOGRAFIA

- [19] Benson V.S., Pirie K., Schüz J. et al., "Mobile phone use and risk of brain neoplasms and other cancers: prospective study", *Int J Epidemiol*, 2013;42:792-802.
- [20] Aydin D., Feychting M., Schüz J. et al., WMobile phone use and brain tumors in children and adolescents: a multicenter case-control study", *Journal of the National Cancer Institute*, 2011;103:1264-76.
- [21] Sadetzki S., Langer C.E., Bruchim R. et al., "The MOBI-Kids study protocol: challenges in assessing childhood and adolescent exposure to electromagnetic fields from wireless telecommunication technologies and possible association with brain tumor risk", *Frontiers in public health*, 2014;2:124.
- [22] Frei P., Mohler E., Burgi A. et al., "Classification of personal exposure to radio frequency electromagnetic fields (RF-EMF) for epidemiological research: Evaluation of different exposure assessment methods", *Environment international*, 2010;36:714-20.
- [23] Rööslä M., Frei P., Bolte J. et al., "Conduct of a personal radiofrequency electromagnetic field measurement study: proposed study protocol", *Environmental health: a global access science source*, 2010;9:23.
- [24] Aminzadeh R., Thielens A., Agneessens S. et al., "A multi-band body-worn distributed radio-frequency exposure meter: design, on-body calibration and study of body morphology", *Sensors*, Basel (Switzerland), 2018;18.
- [25] Van Wel L., Huss A., Bachmann P. et al., "Context-sensitive ecological momentary assessments; integrating real-time exposure measurements, data-analytics and health assessment using a smartphone application", *Environment international*, 2017;103:8-12.
- [26] Vrijheid M., Mann S., Vecchia P. et al., "Determinants of mobile phone output power in a multinational study: implications for exposure assessment", *Occupational and environmental medicine*, 2009;66:664-71.
- [27] Persson T., Tornevik C., Larsson L.E., Loven J., "Output power distributions of terminals in a 3G mobile communication network", *Bioelectromagnetics*, 2012;33:320-5.
- [28] Olsson A., Bouaoun L., Auvinen A. et al., "Survival of glioma patients in relation to mobile phone use in Denmark, Finland and Sweden", *Journal of neuro-oncology*, 2019;141:139-49.
- [29] Pettersson D., Mathiesen T., Prochazka M. et al., "Long-term mobile phone use and acoustic neuroma risk", *Epidemiology*, 2014;25:233-41.
- [30] Interphone Study Group, "Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the Interphone international case-control study", *International journal of epidemiology*, 2010;39:675-94.
- [31] Interphone Study Group, "Acoustic neuroma risk in relation to mobile telephone use: results of the Interphone international case-control study", *Cancer epidemiology*, 2011;35:453-64.
- [32] Hardell L., Carlberg M., Söderqvist F., Mild K.H., "Pooled analysis of case-control studies on acoustic neuroma diagnosed 1997-2003 and 2007-2009 and use of mobile and cordless phones", *Int J Oncol*, 2013;43:1036-44.
- [33] Hardell L., Carlberg M., "Mobile phone and cordless phone use and the risk for glioma - Analysis of pooled case-control studies in Sweden, 1997-2003 and 2007-2009", *Pathophysiology: the official journal of the International Society for Pathophysiology*, ISP 2015;22:1-13.
- [34] Carlberg M., Hardell L., "Pooled analysis of Swedish case-control studies during 1997-2003 and 2007-2009 on meningioma risk associated with the use of mobile and cordless phones", *Oncology reports* 2015;33:3093-8.
- [35] Nilsson J., Jaras J., Henriksson R. et al., "No evidence for increased brain tumour incidence in the Swedish national cancer register between years 1980-2012", *Anticancer research*, 2019;39:791-6.
- [36] Natukka T., Raitanen J., Haapasalo H., Auvinen A., "Incidence trends of adult malignant brain tumors in Finland, 1990-2016", *Acta oncologica*, 2019;1-7.
- [37] Lorez M., Nanieva R., Arndt V., Rohrmann S., "Benign and malignant primary brain tumours in the Swiss population (2010-2014)", *Schweizer Krebsbulletin*, 2018;2:188-96.
- [38] Keinan-Boker L., Friedman E., Silverman B.G., "Trends in the incidence of primary brain, central nervous system and intracranial tumors in Israel, 1990-2015", *Cancer epidemiology*, 2018;56:6-13.
- [39] Deltour I., Auvinen A., Feychting M. et al., "Mobile phone use and incidence of glioma in the Nordic countries 1979-2008: consistency check", *Epidemiology*, 2012;23:301-7.
- [40] Karipidis K., Elwood M., Benke G., Sanagou M., Tjong L., Croft R.J., "Mobile phone use and incidence of brain tumour histological types, grading or anatomical location: a population-based ecological study", *BMJ open*, 2018;8:e024489.
- [41] Little M.P., Rajaraman P., Curtis R.E. et al., "Mobile phone use and glioma risk: comparison of epidemiological study results with incidence trends in the United States", *BMJ (Clinical research ed)*, 2012;344:e1147.
- [42] McNeill K.A., "Epidemiology of brain tumors", *Neurologic clinics*, 2016;34:981-98.
- [43] Schüz J., Elliott P., Auvinen A. et al., "An international prospective cohort study of mobile phone users and health (Cosmos): design considerations and enrolment", *Cancer Epidemiol*, 2011;35:37-43.
- [44] Birks L.E., Struchen B., Eeftens M. et al., "Spatial and temporal variability of personal environmental exposure to radio frequency electromagnetic fields in children in Europe", *Environ Int*, 2018;117:204-14.
- [45] Koujanian S., Pawlowicz B., Landry D., Alexopoulou I., Nair V., "Benign cardiac schwannoma: A case report", *Human Pathology: Case Reports*, 2017;8:24-6.
- [46] Ntp, *Toxicology and carcinogenesis studies in B6C3F1/N mice exposed to whole-body radiofrequency radiation at a frequency (900 MHz) and modulations (Gsm and Cdma) used by cell phones*, Ntp Technical Report 596. Research Triangle Park, National Toxicology Program, 2018.
- [47] Ntp, *Toxicology and carcinogenesis studies in Hsd: Sprague-Dawley SD rats exposed to whole-body radiofrequency radiation at a frequency (900 MHz) and modulations (Gsm and Cdma) used by cell phones*, Ntp Technical Report 595. Research Triangle Park, National Toxicology Program, 2018.
- [48] Falcioni L., Bua L., Tibaldi E. et al., "Report of final results regarding brain and heart tumors in Sprague-Dawley rats exposed from prenatal life until natural death to mobile phone radiofrequency field representative of a 1.8GHz GSM base station environmental emission", *Environ Res*, 2018;165:496-503.
- [49] Icnirp, *Note on recent animal studies*, Munich, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, 2018:8.
- [50] Vijayalaxmi, Prihoda T.J., "Comprehensive review of quality of publications and meta-analysis of genetic damage in mammalian cells exposed to non-ionizing radiofrequency fields", *Radiat Res*, 2019;191:20-30.
- [51] Arpana, *Radiofrequency electromagnetic fields and health: research needs*, Yallambie: Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2017.