

All.1

EFFETTI SULLA SALUTE aggiornato al gennaio 2024

1. Il cancro

Studi epidemiologici. Poiché la maggior parte dei tumori ha una lunga latenza, le informazioni sull'esposizione ad un determinato agente *self-reported* rappresenta un problema nelle valutazioni retrospettive per identificare le potenziali cause. Studi di tipo caso controllo hanno costantemente rilevato un aumento del rischio di gliomi cerebrali e neurinomi acustici (noti anche come schwannomi vestibolari) per l'uso a lungo termine dei telefoni cellulari. La classificazione IARC (2013) dei CEMRF come possibili agenti cancerogeni per l'uomo si è basata sugli studi caso-controllo condotti in Svezia da Hardell et al. (2011) e dal gruppo di studio INTERPHONE in 13 nazioni (2010, 2011). I risultati hanno dimostrato un aumento del rischio di cancro al cervello sul lato della testa in cui il telefono è stato appoggiato e hanno aggiunto ulteriori prove per i CEMRF come fattore causale. Successivamente, anche uno studio caso-controllo nazionale francese ha rilevato un significativo aumento del rischio di glioma tra gli utenti più "avid" di telefoni cellulari (Coureau et al, 2014). Diverse meta-analisi di studi caso-controllo sulle associazioni tra rischio di cancro al cervello e uso a lungo termine del telefono cellulare hanno riportato aumenti significativi del rischio di glioma (Hardell et al, 2007; Wang and Guo, 2016; Carlberg and Hardell, 2017; Wang et al, 2018; Yang et al, 2017; Choi et al, 2020; ICBE-EMF, 2022).

Al contrario, una revisione e meta-analisi degli studi umani sui CEMRF da parte dei membri di ICNIRP (Röösli et al, 2019) ha concluso che "le prove attuali di tutti gli studi disponibili, compresi gli studi epidemiologici, gli studi in vitro e in vivo, non indicano un'associazione tra l'uso di MP [telefono cellulare] e i tumori che si sviluppano negli organi e nei tessuti più esposti." Molti esperti hanno fatto notare che la revisione di ICNIRP non ha considerato gli studi in vitro o in vivo (animali) né ha evidenziato che i rischi di glioma e neurinoma acustico erano aumentati nella categoria di maggiore utilizzo del telefono, in ben quattro studi caso-controllo da loro stessi inclusi nella meta-analisi. Inoltre, l'ICNIRP ha riconosciuto il fatto di non aver identificato i rischi effettivi a causa dei lunghi periodi di latenza o a causa di rari sottotipi di tumore al cervello che non sono rientrati nella valutazione. Röösli et al (2019) hanno cercato di spiegare i risultati dei precedenti rapporti, che segnalavano un aumento del rischio di tumore al cervello, attribuendoli al fatto che i dati si basavano sul ricordo del paziente, ma non hanno sottolineato che le analisi dei dati canadesi dello studio Interphone hanno dimostrato un aumento del rischio di glioma anche dopo gli aggiustamenti effettuati per la selezione e per i bias correlati al ricordo del paziente (Momoli et al, 2017).

L'associazione fra l'esposizione a CEMRF e l'insorgenza di cancro in altre sedi, diverse dal sistema nervoso, è stata osservata in diversi studi caso-controllo. Il rischio elevato di tumori del sistema emolinfopoietico è stato segnalato fra pazienti che precedentemente erano stati professionalmente esposti a CEMRF nelle postazioni militari in Israele (Peleg et al, 2023). Risultati simili sono stati riportati in gruppi di giovani pazienti esposti a CEMRF in contesti militari e professionali in Belgio, Polonia e Israele. Vi sono inoltre prove di un aumento del rischio di tumori della tiroide con l'uso a lungo termine dei telefoni cellulari (Luo et al, 2019), associati a diverse varianti genetiche (Luo et al, 2020).

Va notato che alcuni studi di coorte non hanno invece evidenziato un aumento del rischio di tumori cerebrali associati all'uso del telefono cellulare (ad esempio, Schüz et al, 2022); tuttavia questi studi di coorte negativi avevano limiti evidenti: mancavano informazioni sull'esposizione effettiva e/o avevano breve follow up. Lo studio *One Million Women* nel Regno Unito, che è stato originariamente istituito per studiare il rischio di cancro al seno associato con la terapia ormonale sostitutiva, non ha evidenziato complessivamente alcun aumento del rischio di glioma da uso del telefono cellulare (Schüz et al, 2022); ma, lo stesso studio, ha evidenziato un aumento del 22% del glioblastoma in caso di uso prolungato (più di 10 anni), confrontando "sempre-utenti" con "mai-utenti"; "mai-utenti" erano donne che hanno telefonato fino a 1 minuto alla settimana.

Due studi multinazionali caso controllo sui CEMRF nei bambini (Aydin et al 2011; Castaño-Vinyals et al 2022) non hanno riportato prove dell'associazione causale tra rischio di tumore al cervello e uso del telefono cellulare nei giovani. Tuttavia, nello studio CEFALO (Aydin et al 2011) un'analisi più dettagliata dei risultati ha rilevato che i rapporti di probabilità (RUP) per i tumori cerebrali sono aumentati dal 33 al 55% con l'aumento della durata cumulativa delle chiamate per i tre gruppi di utenti rispetto a "utenti non regolari". A causa della breve durata dell'uso del telefono cellulare e del breve tempo di chiamata cumulativo (il gruppo di esposizione più elevato era >144 ore), lo studio CEFALO mancava di informazioni sufficienti per escludere una possibile associazione tra l'uso del telefono cellulare e il rischio di cancro al cervello nei bambini.

Nello studio MOBI-Kids (Castaño-Vinyals et al 2022), un aumentato rischio di tumori del lobo temporale è stato rilevato per l'uso in passato da 10 anni o più, nel gruppo di età 20-24 anni, ma non nel gruppo di età 15-19 anni. Né lo studio CEFALO né il MOBI-Kids forniscono informazioni sul rischio di tumori negli adulti in seguito all'esposizione infantile a CEMRF dovuta all'uso di dispositivi di comunicazione wireless.

Studi sugli animali

Due ampi studi di cancerogenicità su animali di laboratorio (ratti Sprague Dawley), uno condotto dal National Toxicology Program degli Stati Uniti (NTP, 2018) e l'altro dall'Istituto Ramazzini di Bologna (Falcioni et al, 2018), hanno trovato aumenti significativi nelle incidenze e/o tendenze a sviluppare Schwannomi del cuore e gliomi del cervello in ratti maschi esposti a CEMRF rispetto ai controlli. Questi tumori sono molto rari nei ratti di controllo non esposti (controlli storici). Come detto, si tratta degli studi NTP di 2 anni (GSM- e CDMA modulato 900 MHz ,9 ore/ giorno, con esposizione totale ad intermittenza 10 min on, 10 min off), e dello studio Ramazzini, con dosi somministrate per tutta la vita, di circa 0.001, 0,03 e 0,1 W/kg (radiazione modulata GSM a 1800 MHz, esposizione continua 19 ore/giorno). In entrambi gli studi nei ratti esposti, oltre ai tumori del cervello e dei nervi, sono stati osservati aumenti di potenziali lesioni preneoplastiche (iperplasie delle cellule di Schwann nel cuore e iperplasie delle cellule gliali nel cervello). Gli Schwannomi del cuore in ratti maschi nello studio NTP sono stati giudicati da un gruppo di revisione esterno che ha concluso "chiare prove di cancerogenicità", mentre i gliomi cerebrali nello studio NTP hanno fornito "alcune prove di attività cancerogena". L'osservazione di rari schwannomi del cuore e di gliomi del cervello in ratti femmine non ha raggiunto significatività statistica.

iperplasie delle cellule gliali nel cervello). Gli Schwannomi del cuore in ratti maschi nello studio NTP sono stati giudicati da un gruppo di revisione esterno che ha concluso "chiare prove di cancerogenicità", mentre i gliomi cerebrali nello studio NTP hanno fornito "alcune prove di attività cancerogena". L'osservazione di rari schwannomi del cuore e di gliomi del cervello in ratti femmine non ha raggiunto significatività statistica.

Le cellule di Schwann sono cellule gliali che formano la mielina nel sistema nervoso periferico e come tali sono analoghe agli oligodendrociti del sistema nervoso centrale, cioè sono entrambe cellule gliali. La notevole concordanza tra i tipi di cellule tumorali osservate negli animali sperimentali e quelli identificati negli studi epidemiologici degli utenti di telefoni cellulari, rafforza l'associazione animale-uomo. James Lin (2022), ex redattore capo della rivista Bioelectromagnetics, ed ex membro di ICNIRP, recentemente ha commentato, "ci sono indicazioni coerenti che derivano da studi epidemiologici e da indagini sugli animali di laboratorio che indicano che l'esposizione CEMRF è probabilmente cancerogena per gli esseri umani."

da studi epidemiologici e da indagini sugli animali di laboratorio che indicano che l'esposizione CEMRF è probabilmente cancerogena per gli esseri umani."

2. Altri effetti avversi

Lo stress ossidativo, la genotossicità e la promozione tumorale si verificano con SAR inferiori a 4 W/kg. Poiché le radiazioni non ionizzanti, a differenza delle radiazioni ionizzanti, non hanno energia sufficiente per ionizzare atomi o molecole e quindi non possono danneggiare direttamente il DNA, è stato affermato che il danno termico era l'unico meccanismo con cui le radiazioni non ionizzanti potevano causare effetti negativi. Tuttavia, non è necessario comprendere appieno i meccanismi di tossicità o cancerogenicità di un agente ambientale o professionale per abbassare i limiti di esposizione, per ridurre le esposizioni e ridurre i rischi per la salute umana, così come viene fatto con molti altri agenti pericolosi in linea con l'applicazione del principio di precauzione (EEA, 2001; 2013).

are i limiti di esposizione, per ridurre le esposizioni e ridurre i rischi per la salute umana, così come viene fatto con molti altri agenti pericolosi in linea con l'applicazione del principio di precauzione (EEA, 2001; 2013).

Centinaia di studi su animali e sistemi in vitro pubblicati a partire dagli anni '90 hanno dimostrato effetti biologici, tra cui lo stress ossidativo (Yakymenko et al, 2016; Schuermann and Mevissen, 2021; ICBE-EMF, 2022) e la genotossicità (Lai, 2021), a SAR ben al di sotto di 4 W/kg, e gli studi in vitro e in vivo pubblicati dalla valutazione IARC del 2011 hanno rafforzato la tesi secondo cui i CEMRF inducono stress ossidativo e genotossicità. I risultati di diversi laboratori spesso variano a causa dell'uso di diversi scenari di esposizione (ad esempio, fonti/intensità di esposizione, frequenze, modulazioni delle onde portanti etc.), dell'esame di diversi tipi di cellule e della valutazione di diversi *endpoint* o biomarcatori. Lo stress ossidativo è stato collegato al diabete, alle malattie neurodegenerative, ai danni allo sperma, all'invecchiamento e a danni diretti al DNA; è un meccanismo chiave comune a molti cancerogeni umani (Smith et al, 2016), come ad esempio le radiazioni ultraviolette e l'amianto. Lo stress ossidativo indotto dai CEMRF, non ionizzanti, può portare a genotossicità e a diverse condizioni di malattia senza causare danni diretti al DNA. E' molto importante sottolineare che il profilo genetico dei gliomi osservati nei ratti dello studio Ramazzini sui CEMRF, ha identificato mutazioni in oncogeni e geni oncosoppressori che sono comunemente mutati anche nei gliomi umani. Inoltre, il tessuto cerebrale non tumorale di molti ratti esposti per un anno alle radiazioni RF ha avuto mutazioni negli stessi geni del glioma rilevanti per l'uomo (Kovi et al, 2021). Questi risultati nell'insieme corroborano l'ipotesi del meccanismo genotossico nella carcinogenesi dei CEMRF.

o dei gliomi osservati nei ratti dello studio Ramazzini sui CEMRF, ha identificato mutazioni in oncogeni e geni oncosoppressori che sono comunemente mutati anche nei gliomi umani. Inoltre, il tessuto cerebrale non tumorale di molti ratti esposti per un anno alle radiazioni RF ha avuto mutazioni negli stessi geni del glioma rilevanti per l'uomo (Kovi et al, 2021). Questi risultati nell'insieme corroborano l'ipotesi del meccanismo genotossico nella carcinogenesi dei CEMRF.

La valutazione IARC (2013) dei CEMRF ha identificato 4 su 6 studi di co-carcinogenesi che hanno mostrato un aumento delle risposte oncogene con l'esposizione a CEMRF. I risultati di uno di questi studi (Tillmann et al, 2010) sono stati confermati in uno studio successivo (Lerchl et al, 2015) in cui i topi sono stati trattati in utero con un noto cancerogeno e mutageno sperimentale, etil-nitrosourea, e poi esposti a CEMRF a livelli di SAR di 0 (sham), 0.04, 0.4 e 2 W/kg. Gli autori hanno concluso che l'incidenza tumorale veniva aumentata di molte volte nel fegato e nel polmone e che "è un'indicazione molto chiara che gli effetti di promozione del tumore per l'esposizione a CEMRF per tutta la vita, possono verificarsi a livelli presumibilmente troppo bassi per associarli ad effetti termici."

molte volte nel fegato e nel polmone e che "è un'indicazione molto chiara che gli effetti di promozione del tumore per l'esposizione a CEMRF per tutta la vita, possono verificarsi a livelli presumibilmente troppo bassi per associarli ad effetti termici."

Il **danno allo sperma** è indotto a SAR inferiore a 4 W/ kg. Studi umani e animali hanno dimostrato che il testicolo è uno degli organi più sensibili alle esposizioni CEMRF, causando una significativa riduzione dei parametri di fertilità maschile, tra cui il numero di spermatozoi, motilità, vitalità e morfologia (Kesari et al, 2018; Agarwal et al, 2009). Questi cambiamenti, che si verificano a livelli di SAR inferiori a 4 W/kg (ICBE-EMF, 2022), sono spesso accompagnati da cambiamenti nei marcatori biologici indicativi di stress ossidativo e/o danni al DNA. Meta-analisi di studi epidemiologici pubblicati sull'impatto della radiazione del telefono cellulare sulla qualità degli spermatozoi negli uomini adulti hanno trovato diminuzioni significative nella motilità degli spermatozoi, nella vitalità degli spermatozoi e/o nella concentrazione di spermatozoi, associati all'uso del telefono cellulare (Adams et al, 2014; Dama et al, 2013; Kim et al, 2021; Yu et al, 2021; Zalata et al, 2015). Sono stati riportati anche studi che non hanno rilevato effetti sui parametri di fertilità maschile; ciò è probabilmente dovuto in gran parte a differenze nelle condizioni di esposizione, tra cui la frequenza, la modulazione, la polarizzazione, i campi elettromagnetici vaganti, il SAR locale, la durata dell'esposizione, e i metodi di analisi. Il meccanismo degli effetti sui testicoli derivanti dall'esposizione a livelli non termici di radiazioni RF non è completamente noto, tuttavia, le associazioni tra gli effetti avversi sui parametri di fertilità e l'aumento dei marcatori di stress ossidativo e/o danni al DNA in studi su ratti e topi, e su spermatozoi umani, suggeriscono che gli effetti negativi delle radiazioni RF sulla qualità degli spermatozoi sono probabilmente il risultato di stress ossidativo.

mento dei marcatori di stress ossidativo e/o danni al DNA in studi su ratti e topi, e su spermatozoi umani, suggeriscono che gli effetti negativi delle radiazioni RF sulla qualità degli spermatozoi sono probabilmente il risultato di stress ossidativo.

Per quanto riguarda l'impatto sulla **riproduzione femminile**, un riesame degli studi di tossicità sui mammiferi ha concluso che è difficile trarre conclusioni sugli effetti sul sistema riproduttivo femminile e sugli *end-point* dello sviluppo perché gli studi finora effettuati sono molto diversi nel disegno sperimentale, in quanto utilizzano metodi di esposizione diversi, e le valutazioni riguardano risultati diversi (Vornoli et al, 2019). Nonostante queste limitazioni, il peso fetale è però risultato significativamente ridotto nei ratti esposti gestazionalmente a CEMRF (Cordelli et al., 2023; NTP 2018).

La **cardiomiopatia** è correlata a SAR inferiore a 4 W/ kg. Nello studio NTP (2018), sono stati osservati aumenti nell'incidenza della cardiomiopatia nei ratti maschi e femmine legati all'esposizione a CEMRF. Il danno miocardico è stato osservato anche nei ratti esposti a 2100 MHz di radiazione RF modulata GSM (da 0,84 a 1,86 W/ kg); questo effetto è stato attenuato dalla schermatura con foglio di alluminio (Kalanjati et al, 2019). Lo stress ossidativo, che può essere indotto da CEMRF, è stato collegato alla patologia cardiovascolare.

Differenze di sensibilità. L'ICNIRP (2002) ha riconosciuto che alcuni sottogruppi della popolazione come i bambini, gli anziani e alcuni malati cronici potrebbero essere più sensibili agli effetti delle radiazioni non ionizzanti rispetto al resto della popolazione, e ha anche riconosciuto che le loro linee guida non possano fornire una protezione adeguata per alcuni individui sensibili o per individui esposti contemporaneamente ad altri agenti. È probabile che i bambini siano più vulnerabili degli adulti agli effetti negativi della radiazione RF a causa del maggiore assorbimento proporzionale di CEMRF nella loro testa (Gandhi et al, 1996; Fernández et al, 2018); i loro sistemi e apparati con organi in via di sviluppo sono più sensibili agli agenti pericolosi per i tessuti; inoltre l'esposizione cumulativa è maggiore se inizia precocemente nella vita. La suscettibilità di neonati e bambini agli effetti neuro evolutivi, cognitivi e comportamentali dei CEMRF è stata descritta in una recente revisione sui rischi per la salute da radiazioni non ionizzanti (NIR) nei bambini (Davis et al, 2023). I CEMRF possono anche potenziare sinergicamente gli effetti tossici di sostanze tossiche, come ad esempio il piombo associato al disturbo da deficit di attenzione e iperattività nei bambini (Byun et al, 2013).

ni non ionizzanti (NIR) nei bambini (Davis et al, 2023). I CEMRF possono anche potenziare sinergicamente gli effetti tossici di sostanze tossiche, come ad esempio il piombo associato al disturbo da deficit di attenzione e iperattività nei bambini (Byun et al, 2013).

L'ipersensibilità elettromagnetica (EHS) è il termine corrente usato per descrivere i sintomi acuti riferiti in associazione con le esposizioni a NIR. I sintomi comuni includono mal di testa, disturbi del sonno, vertigini, acufene, palpitazioni, sensibilità chimica multipla ed eruzioni cutanee riportate in risposta a una varietà di esposizioni antropogeniche a NIR (WHO 2005, Belyaev et al, 2016, Belpomme and Irigaray, 2020; Stein and Udasin, 2020). Le emissioni di RF modulate da impulsi sono un fattore scatenante comune dei sintomi EHS (Hagström et al, 2013) e il sistema nervoso centrale sembra essere particolarmente coinvolto in effetti acuti altamente riproducibili, ad esempio mal di testa e disturbi del sonno (Belyaev et al, 2016).

Numerose ricerche hanno anche trovato collegamenti tra l'esposizione alle radiazioni del telefono cellulare e **mal di testa**. Ad esempio, uno studio che ha coinvolto più di 52.000 bambini (Sudan et al., 2012) ha riportato una probabilità più elevata per l'emicrania e i sintomi correlati al mal di testa nei bambini con esposizione al cellulare rispetto ai bambini senza esposizione. Un sondaggio in Turchia ha rilevato che l'uso del telefono cellulare è stato associato a vertigini, stanchezza, dimenticanza, disturbi del sonno-insonnia, tensione-ansia, dolori articolari e ossei, lacrimazione degli occhi, perdita dell'udito e acufene (Küçer e Pamukçu, 2014). Questi risultati sono replicati in altri studi provenienti da altre contee che hanno utilizzato questionari *self-reported*. Szyjkowska et al. (2014) e Cho et al. (2016) hanno trovato significative associazioni tra la gravità del mal di testa e la frequenza media giornaliera delle chiamate mobili. Durusoy et al. (2017) hanno trovato una significativa associazione tra l'uso del telefono cellulare e mal di testa, tra cui una relazione dose-risposta tra il rischio di mal di testa e disturbi del sonno, correlati a durata della chiamata e numero di chiamate al giorno, in uno studio *cross-sectional* tra gli studenti delle scuole superiori a Izmir. Più recentemente, uno studio condotto su studenti delle scuole superiori in Thailandia ha trovato correlazioni tra l'uso di smartphone e l'emicrania (Chongchipsan et al., 2021) e una successiva revisione sistematica e metanalisi ha rilevato che la

durata delle chiamate e l'uso del telefono cellulare aumentavano il rischio di mal di testa anche negli individui più anziani (Farashi et al., 2022).

Dal momento che il sistema nervoso trasmette messaggi basati su segnali elettrici generati da cellule nervose, non sorprende che i cambiamenti nelle attività elettriche cerebrali si siano verificati negli esseri umani esposti al telefono cellulare CEMRF (Lai 2018). Infatti, diverse pubblicazioni *peer-reviewed* dimostrano che le esposizioni NIR al di sotto delle soglie ICNIRP possono alterare le attività e le funzioni cellulari che portano a mal di testa e una serie di effetti avversi sulla salute (Bioinitiative 2022, ICBE-EMF 2022), compresi i deficit nell'apprendimento spaziale e nella memoria riportati in numerosi studi su animali di laboratorio a livelli di CEMRF inferiori alle soglie di esposizione attuali (Lai 2018). Pertanto, il rifiuto di ICNIRP del riconoscimento di reazioni acute e sintomatiche riportate da coloro con che si ritengono affetti da EHS, non è giustificato. Il mezzo più efficace per la gestione medica di EHS è evitare di esporli loro malgrado ai campi elettromagnetici antropogenici (Belyaev et al 2016).

3. 5G e future generazioni wireless

Nonostante la scarsità di studi sugli impatti acuti o a lungo termine, milioni di nuovi sistemi di comunicazione wireless di quinta generazione (5G) vengono distribuiti in tutto il mondo per fornire velocità di trasferimento dati più elevate con tempi di latenza più brevi tra un numero massiccio di dispositivi wireless connessi. La molteplicità delle applicazioni 5G prevede interazioni elettromagnetiche non solo uomo – uomo, ma anche uomo – macchina e macchina – macchina per arrivare al cosiddetto *Internet delle cose* (IOT) che prevede lo scambio di dati tra oggetti dotati di sensori ricetrasmittenti. Per trasferire grandi quantità di dati a velocità elevate, la gamma di frequenze per 5G include anche onde millimetriche (da 30 a 300 GHz) con ampi schemi di modulazione a banda larga. Le onde millimetriche ad altissima frequenza, così come quelle a 3,7 GHz, che trasmettono i dati ai vari dispositivi, potranno essere orientabili in fasci più o meno stretti tramite l'utilizzo di antenne dinamiche ('beamforming phased array') introducendo una complessa variabilità spaziale e temporale delle esposizioni. A fronte di tali prospettive, lo stesso Istituto Superiore di Sanità, nel Rapporto ISTISAN 19|11 (S. Lagorio et al.), è costretto ad ammettere che *"...al fine di valutare correttamente l'esposizione, occorrerà pertanto considerare non solo i valori medi di campo elettromagnetico, ma anche i valori massimi raggiunti per brevi periodi di esposizione." ..."L'introduzione della tecnologia 5G potrà portare a scenari di esposizione molto complessi, con livelli di campo elettromagnetico fortemente variabili nel tempo, nello spazio e nell'uso delle risorse delle bande di frequenza"*.

Poiché le onde millimetriche non penetrano le strutture solide e viaggiano solo per brevi distanze (poche centinaia di metri), dense reti di stazioni radio base con massicce Multiple Input/Multiple Output (MIMO) trasmettitori e ricevitori, in milioni di piccole torri cellulari, devono essere installati nelle comunità su strutture vicino alle abitazioni umane. Rispetto alle torri cellulari più distanti utilizzate per trasmissioni a bassa frequenza, le emissioni di radiazioni da antenne 5G provocano una vicinanza molto più stretta tra gli esseri umani e le fonti di emissione. Il teorema in virtù del quale l'utilizzo di microcelle dotate di minore potenza, con conseguente minor raggio di copertura, genererebbero una minore esposizione è, di fatto, una mistificazione tecnica: minor potenza significa minore *emissione*, ma non implica assolutamente una minore *esposizione*. Miroslava Karaboytcheva in uno studio pubblicato dal Servizio Ricerca del Parlamento europeo (EPRS, 2020), sottolinea che per garantire il servizio del 5G sarà necessaria l'installazione di numerosissime nuove antenne (macrocelle e microcelle) in aggiunta a quelle esistenti del 2G, 3G e 4G. Sono previste fino a 800 microcelle per kmq in prossimità di abitazioni, luoghi di lavoro e di ritrovo con raggi d'azione compresi tra 20 e 150 metri. Ciò determinerà un incremento dell'esposizione della popolazione alle radiofrequenze a causa di un maggior numero di antenne, una maggiore vicinanza alla popolazione ed un maggior traffico dati al punto che sarà sempre più difficile svolgere ricerche epidemiologiche dal momento che verrà a mancare un gruppo di controllo non esposto (Russell, Environmental Research, 2018). Russell continua sottolineando che questi effetti sono probabilmente amplificati da esposizioni tossiche sinergiche e possono anche essere non lineari, comportamento tipico dei sistemi complessi. Poiché questa è la prima generazione ad avere un'esposizione dalla nascita a questo livello di radiofrequenze artificiali ci vorranno anni o decenni prima che le vere conseguenze sulla salute siano note. La precauzione nel lancio di questa nuova tecnologia sarebbe

pienamente giustificata insieme allo sviluppo di comitati tecnici consultivi per la salute e l'ambiente che includano scienziati indipendenti.

lute e l'ambiente che includano scienziati indipendenti.

La stessa ARPA Lazio, in tempi non sospetti (T. Aureli et al., ARPA Lazio 2019), in una pubblicazione del 2019 ebbe ad evidenziare alcune criticità connesse con le microcelle concludendo che: *“Le micro celle asservite a impianti di telefonia mobile indoor sono spesso considerate come impianti a scarso impatto elettromagnetico. Tale assunto si fonda sulle basse potenze ... che caratterizzano questa tipologia di impianti... L’esperienza di misura condotta da ARPA Lazio ha al contrario mostrato che, in particolari situazioni tecnico-logistiche, il contributo di tali impianti può essere tutt’altro che trascurabile. Considerando anche il fatto che tipicamente le micro celle sono installate in ambienti ad alta frequentazione ne risulta un’esposizione complessiva della popolazione meritevole di attenzione da parte degli enti di controllo...”*.

Maggiore è la frequenza delle onde elettromagnetiche, minore è la lunghezza d'onda e minore è la penetrazione di energia in persone o animali esposti. Per una frequenza 5G compresa tra 26 e 30 GHz, circa il 90% della potenza incidente viene assorbita all'interno del primo millimetro di pelle (ICNIRP, 2020). Di conseguenza, l'ICNIRP ha basato i limiti di esposizione sulla densità di potenza anziché sui livelli di SAR del corpo intero e sui soli effetti termici.

La bassa penetrazione della radiazione 5G comporta una maggiore intensità di assorbimento di energia da parte della pelle e di altre parti del corpo direttamente esposte, come gli occhi. Inoltre, la velocità di trasmissione dati estremamente elevata con funzionamento pulsato può causare picchi di temperatura localizzati ed un intenso riscaldamento delle superfici (Neufeld e Kuster, 2018). La pelle, che rappresenta il più esteso tessuto del corpo umano, fornisce importanti funzioni e può agire come protezione immunologica e fisica, barriera contro le lesioni chimiche e meccaniche, contrastare infezioni da microrganismi patogeni, e prevenire l'ingresso di sostanze tossiche. Non va quindi perso di vista il fatto che la pelle non è solo sede delle cellule cutanee, ma anche di terminazioni nervose e del microcircolo che possono generare effetti locali e sistemici da rilascio di mediatori Pierre Le Program et al. (2019). In vitro si è osservata una disregolazione del profilo metabolomico dei cheratinociti umani attribuibile ad un danno delle membrane cellulari indotto da onde millimetriche a 60GHz. Secondo gli Autori sono *“necessari ulteriori studi per valutare gli effetti biologici delle onde millimetriche ...prima dell’impiego su larga scala di tecnologie basate su queste specifiche frequenze”*.

Pertanto, è importante sapere se l'esposizione a onde millimetriche 5G influenzerà la capacità della pelle di fornire protezione da microrganismi patogeni, possa indurre il cancro della pelle o promuovere tumori della pelle, possa aggravare lo sviluppo di altre malattie della pelle, aumentare il rischio di danni agli occhi o influenzare le funzioni del sistema nervoso, immunitario o riproduttivo. La minima penetrazione di onde millimetriche nel corpo non garantisce la sicurezza né giustifica il rifiuto della necessità di studi sugli effetti sulla salute e sull'ambiente prima dell'implementazione delle reti 5G. Inoltre, anche dove i sistemi 5G possano essere installati, le antenne dovranno ancora emettere 3G, 4G, 4G LTE, ecc, e ancora a lungo.

a necessità di studi sugli effetti sulla salute e sull'ambiente prima dell'implementazione delle reti 5G. Inoltre, anche dove i sistemi 5G possano essere installati, le antenne dovranno ancora emettere 3G, 4G, 4G LTE, ecc, e ancora a lungo.

Diversi studi (citati da Nilsson e Hardell, 2023) hanno notato l'improvvisa insorgenza di sintomi di tipo *“sindrome da microonde”* tra gli individui che vivono in prossimità di antenne 5G recentemente operative che emettono (3,5 GHz) in Svezia. Poiché non ci sono studi adeguati sugli effetti sulla salute alle frequenze 5G più elevate e le nuove reti di comunicazione provocheranno esposizioni a una forma di radiazione che non è stata precedentemente sperimentata dal pubblico in generale (Belpoggi, 2021), le dichiarazioni secondo cui non esistono prove certe di effetti nocivi sulla salute derivanti da questo tipo di radiazioni sono prive di significato, e si dovrebbe casomai procedere con monitoraggi e studi per escludere tali effetti. Si tratta del solito assunto adottato dall'industria *“no data, no problem”*.

dall'industria *“no data, no problem”*.

REFERENCES

- Adams JA, Galloway TS, Mondal D, Esteves SC, Mathews F. Effect of mobile telephones on sperm quality: a systematic review and metaanalysis. *Environ Int.* 2014;70:106–12.
- Agarwal A, Desai NR, Makker K, Varghese A, Mouradi R, Sabanegh E, et al. Effects of radiofrequency electromagnetic waves (RF-EMW) from cellular phones on human ejaculated semen: an in vitro pilot study. *Fertil Steril.* 2009;92:1318–25.
- Aydin D, Feychting M, Schüz J Tynes T, Andersen TV, et al. Mobile phone use and brain tumors in children and adolescents: a multicenter case-control study. *J Natl Cancer Inst.* 2011;103:1264-1276.
- Aureli T., Cintoli R., Coltellacci S., Franci D., Grillo E., Pavoncello S. Criticità connesse alle misure di campo elettromagnetico prodotto da micro celle in ambiente indoor in aree intensamente frequentate. ARPA Lazio (2019)
- Belpoggi F. Health impact of 5G. Panel for the Future of Science and Technology (STOA). 2021. [https://www.europarl.europa.eu/stoa/en/document/EPRS_STU\(2021\)690012](https://www.europarl.europa.eu/stoa/en/document/EPRS_STU(2021)690012)
- Belpomme D, Irigaray P. Electrohypersensitivity as a newly identified and characterized neurologic pathological disorder: how to diagnose, treat, and prevent it. *Int J Mol Sci.* 2020;21:1915. Doi:10.3390/ijms21061915.
- Belyaev I, Dean A, Eger H, Hubmann G, et al. European EMF guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illness. *Rev Environ Health.* 2016;31:363–97.
- BioInitiative Working Group, Sage, C., Carpenter, D., BioInitiative Report: A Rationale for a Biologically-based Public Exposure Standard for Electromagnetic Radiation December 31, 2012, as updated in 2014, 2018. 2019 and 2020 www.bioinitiative.org
- Byun Y-H, Ha M, Kwon H-J, Hong Y-C, Leem J-H, Sakong J, et al. Mobile phone use, blood lead levels, and attention deficit hyperactivity symptoms in children: a longitudinal study. *PLOS ONE* 2013;8(3) e59742. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0059742>.
- Carlberg M, Hardell L. Evaluation of mobile phone and cordless phone use and glioma risk using the Bradford Hill viewpoints from 1965 on association or causation. *Biomed Res Int.* 2017;2017:9218486. Doi: 10.1155/2017/9218486.
- Castaño-Vinyals G, Sadetzki S, Vermeulen R, Mommoli F, Kundi M, et al. Wireless phone use in childhood and adolescence and neuroepithelial brain tumours: Results from the international MOBI-Kids study. *Environ Int.* 2022;160:107069. Doi: 10.1016/j.envint.2021.107069.
- Cho YM, Lim HJ, Jang H, Kim K, Choi JW, et al. A follow-up study of the association between mobile phone use and symptoms of ill health. *Environ Health Toxicol.* 2016. Doi: 10.5620/eht.e2017001.
- Choi YJ, Moskowitz JM, Myung SK, Lee YR, Hong YC. Cellular phone use and risk of tumors: systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17:8079. Doi: 10.3390/ijerph17218079. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7663653/pdf/ijerph-17-08079.pdf>
- Chongchitpaisan W, Wiwatanadate P, Tanprawate S, Narkpongphan A, Siripon N. (2021). Trigger of a migraine headache among Thai adolescents smartphone users: A time series study. *Environ Anal Health Toxicol.* 2021; doi: 10.5620/eaht.2021006.
- 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; doi: 10.1016/j.envint.2023.108178.
- Coureau G, Bouvier G, Lebailly P, Fabbro-Peray P, Gruber A, Leffondre K, et al. Mobile phone use and brain tumours in the CERENAT case-control study. *Occup Environ Med.* 2014;71:514–22.
- Dama MS, Bhat MN. Mobile phones affect multiple sperm quality traits: a meta-analysis. *F100Res.* 2013;2:40. <https://doi.org/10.12688/f1000research.2-40.v1>.
- Durusoy R, Hassoy H, Özkurt A, Karababa AO. Mobile phone use, school electromagnetic field levels and related symptoms: a cross sectional survey among 2150 high school students in Izmir. *Environ Health.* 2017. Doi: 10.1186/s12940-017-0257-x.
- European Environment Agency (EEA). Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896-2000. Environmental issue report. 2001

https://www.eea.europa.eu/publications/environmental_issue_report_2001_22#:~:text=Late%20lessons%20from%20early%20warnings%20is%20about%20the%20gathering%20of,then%20living%20with%20the%20consequences.

about%20the%20gathering%20of,then%20living%20with%20the%20consequences.

European Environment Agency (EEA). Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation. 2013. <https://www.eea.europa.eu/publications/late-lessons-2#:~:text=The%20%27Late%20Lessons%20Project%27%20illustrates,maximising%20innovations%20whilst%20minimising%20harms.>

2#:~:text=The%20%27Late%20Lessons%20Project%27%20illustrates,maximising%20innovations%20whilst%20minimising%20harms.

Falcioni L, Bua L, Tibaldi E, Lauriola M, DeAngelis L, Gnudi F, 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 1.8 GHz base station environmental emission. *Environ Res.* 2018;165:496–503.

Farashi S, Bashirian S, Khazaei S, Khazaei M, Farhadinasab A. Mobile phone electromagnetic radiation and the risk of headache: A systematic review and meta-analysis. *Int Arch Occup Environ Health.* 2022;95:1587–1601.

Gandhi OP, Lazzi G, Furse CM. Electromagnetic absorption in the human head and neck for mobile telephones at 835 and 1900 MHz. *IEEE Trans Microw Theory Tech.* 1996;44:1884–97.

Hagström M, Auranen J, Ekman R. Electromagnetic hypersensitive Finns: Symptoms, perceived sources and treatments, a questionnaire study. *Pathophysiology* 2013;20:117-122.

Hardell L, Carlberg M, Söderqvist F, Mild KH, Morgan LL. Long-term use of cellular phones and brain tumours: increased risk associated with use for > or =10 years. *Occup Environ Med.* 2007;64:626-32.

Héroux P, Belyaev I, Chamberlin K, Dasdag S, De Salles AAA, et al. Cell phone radiation exposure limits and engineering solutions. *Int J Environ Res Public Health.* 2023; doi: 10.3390/ijerph20075398.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10094704/>

Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz. C95.1-1991.

<https://ieeexplore.ieee.org/document/159488>. 1992

Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to electric, magnetic, and electromagnetic fields, 0 Hz to 300 GHz. IEEE Std C95.1-2019. New York: IEEE; 2019. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8859679>

International Agency for Research on Cancer (IARC). IARC monograph on the evaluation of carcinogenic risks to humans: non-ionizing radiation, part 2: radiofrequency electromagnetic fields. Lyon, France, 102; 2013. P. 1–460. <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Non-ionizing-Radiation-Part-2-Radiofrequency-Electromagnetic-Fields-2013>

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). *Health Phys.* 2020;118:483–524.

International Commission on the Biological Effects of Electromagnetic Fields (ICBE-EMF). Scientific evidence invalidates health assumptions underlying the FCC and ICNIRP exposure limit determinations for radiofrequency radiation: implications for 5G. *Environ Health.* 2022;21:92 <https://doi.org/10.1186/s12940-022-00900-9>

Interphone Study Group. Brain tumor risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. *Cancer Epidemiol.* 2011;35:453-464.

Interphone Study Group. Acoustic neuroma risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. *Int J Epidemiol.* 2010;39:675-694.

Kalanjati VP, Purwantari KE, Prasetiowati L. Aluminium foil dampened the adverse effect of 2100 MHz mobile phone-induced radiation on the blood parameters and myocardium in rats. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2019;26:11685-6.

Karvala K, Sainio M, Palmquist E, Nyback M-H, Nordin S. Prevalence of various environmental intolerances in a Swedish and Finnish general population. *Environ Res.* 2018;161:220-8.

Kesari KK, Agarwal A, Henkel R. Radiations and male fertility. *Reprod Biol Endocrinol*. 2018;16:118. Doi: 10.1186/s12958-018-0431-1.

Kim S, Han D, Ryu J, Kim K, Kim YH. Effects of mobile phone usage on sperm quality – no time-dependent relationship on usage: a systematic review and updated meta-analysis. *Environ Res*. 2021;202:111784. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111784>.

Kovi RC, Vornoli A, Brooks A, et.al. Genetic profiling of rat gliomas and cardiac schwannomas from cell phone radiofrequency radiation exposure using a targeted next-generation gene sequencing panel. *Clin Cancer Res*. 2021;27(8_Suppl):Abstract nr PO-084.

Küçer N, Pamukçu T. Self-reported symptoms associated with exposure to electromagnetic fields: a questionnaire study. *Electromagn Biol Med*. 2014;33:15-7.

Lai H. Genetic effects of non-ionizing electromagnetic fields. *Electromagn Biol Med*. 2021;40:264–73.

Lai H. A summary of recent literature (2007-2017) on neurobiological effects of radiofrequency radiation. In: Markov M, editor. *Mobile communications and public health*. Boca Raton: CRC press; 2018. P. 187–222. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/b22486-8/summary-recent-literature-2007-2017-neurobiologicaleffects-radio-frequency-radiation-henry-lai>.

Lin J. Carcinogenesis from chronic exposure to radiofrequency radiation. *Front Public Health*. 2022;10:1042478. Doi: 10.3389/fpubh.2022.1042478

Lerchl A, Klose M, Grote K, Wilhelm AF, Spathmann O, Fiedler T, et al. Tumor promotion by exposure to radiofrequency electromagnetic fields below exposure limits for humans. *Biochem Biophys Res Commun*. 2015;459:585–90.

Luo J, Deziel NC, Huang H, Chen Y, Ni X, Ma S, et al. Cell phone use and risk of thyroid cancer: a population-based case-control study in Connecticut. *Ann Epidemiol*. 2019;29:39–45.

Luo J, Li H, Deziel NC, Huang H, Zhao N, Ma S, Ni X, et al. Genetic susceptibility may modify the association between cell phone use and thyroid cancer: a population-based case-control study in Connecticut. *Environ Res*. 2020;182:109103. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.109013>.

Miroslava Karaboytcheva. EPRS | European Parliamentary Research Service. Effects of 5G wireless communication on human health (Marzo, 2020)

Momoli F, Siemiatycki J, McBride ML, Parent ME, Richardson L, et al. Probabilistic multiple-bias modeling applied to the Canadian Data from the Interphone study of mobile phone use and risk of glioma, meningioma, acoustic neuroma, and parotid gland tumors. *Am J Epidemiol*. 2017;186:885–93.

National Toxicology Program (NTP). NTP technical report on the toxicology and carcinogenesis studies in Hsd:Sprague Dawley SD rats exposed to whole-body radio frequency radiation at a frequency (900 MHz) and modulations (GSM and CDMA) used by cell phones, TR 595. Research Triangle Park: National Institutes of Health, Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services; 2018. https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/lt_rpts/tr595_508.pdf?utm_source=direct&utm_medium=prod&utm_campaign=ntpgolinks&utm_term=tr595

Neufeld E, Kuster N. Systematic derivation of safety limits for time-varying 5G radiofrequency exposure based on analytical models and thermal dose. *Health Phys*. 2018;115:705–11.

Nilsson M, Hardell L. 5G radiofrequency radiation causes the microwave syndrome in a family living close to the base stations. *J Cancer Sci Clin Ther*. 2023;7:127-34.

Peleg M, Berry EM, Deitch M, Nativ O, and Richter E. On radar and radio exposures and cancer in the military setting. *Environ Res*. 2023;216 216(Pt 2):114610. Doi: 10.1016/j.envres.2022.114610.

[Pierre Le Pogam](#), [Yann Le Page](#), [Denis Habauzit](#), [Mickael Doué](#), [Maxim Zhadobov](#), [Ronan Sauleau](#), [Yves Le Dréan](#) & [David Rondeau](#). Untargeted metabolomics unveil alterations of biomembranes permeability in human HaCaT keratinocytes upon 60 GHz millimeter-wave exposure. *Scientific Reports* volume 9, Article number: 9343 (2019)

S. Lagorio, L. Anglesio, G. d'Amore, C. Marino, M. R. Scarfi. RAPPORTI ISTISAN 19|11. Radiazioni a Radiofrequenze e tumori: sintesi delle evidenze scientifiche.

Röösli M, Lagorio S, Schoemaker MJ, Schüz J, Feychting. Brain and salivary gland tumors and mobile phone use: Evaluating the evidence from various epidemiological study designs. *Ann Rev Public Health* 2019; 40:221-38.

Russell C. L. 5 G wireless telecommunications expansion: Public health and environmental implications. *Environ. Res.* 2018 Aug;165:484-495

Schuermann D, Mevissen M. Manmade electromagnetic fields and oxidative stress – biological effects and consequences for life. *Int J Mol Sci* 2021,22,3772. <https://doi.org/10.3390/ijms22073772>

Sharma VP, Kumar NR. Changes in honeybee behaviour and biology under the influence of cellphone radiations. *Curr Sci.* 2010;98:1376–8.

Schüz J, Pirie K, Reeves GK, Floud S, Beral V; Million Women Study Collaborators. Cellular Telephone Use and the Risk of Brain Tumors: Update of the UK Million Women Study. *J Natl Cancer Inst.* 2022 May 9;114(5):704-711. doi: 10.1093/jnci/djac042. PMID: 35350069; PMCID: PMC9086806.

Sudan M, Kheifets L, Arah O, Olsen J, Zeltzer L. Prenatal and post natal cell phone exposures and headaches in children. *Open Pediatr Med Journal.* 2012;5:46-52.

Szyjkowska A, Gadzicka E, Szymczak W, Bortkiewicz A. The risk of subjective symptoms in mobile phone users in Poland – an epidemiological study. *Int J Occup Med Environ Health.* 2014;27:293-303.

Tillmann T, Ernst H, Streckert J, Zhou Y, Taugner F, Hansen V, et al. Indication of cocarcinogenic potential of chronic UMTS-modulated radiofrequency exposure in an ethylnitrosourea mouse model. *Int J Radiat Biol.* 2010;86:529–41.

Vornoli A, Falcioni L, Mandrioli D, Bua L, Belpoggi F. The contribution of in vivo mammalian studies to the knowledge of adverse effects of radiofrequency radiation on human health. *Int J Environ Res Public Health.* 2019, 16,3379; doi:10.3390/ijerph16183379.

Wang Y, Guo X. Meta-analysis of association between mobile phone use and glioma risk. *J Cancer Res Ther.* 2016;12:C298-C300.

Wang P, Hou C, Li Y, Zhou D. Wireless phone use and risk of adult glioma: Evidence from a meta-analysis. *World Neurosurg.* 2018;115:e629-e636. doi: 10.1016/j.wneu.2018.04.122.

World Health Organization (WHO). Electromagnetic fields and public health. Electromagnetic hypersensitivity; 2005. <https://web.archive.org/web/20220423095028/https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/radiation-and-health/non-ionizing/electromagnetic-hypersensitivity>

Yakymenko I, Tsybulin O, Sidorik E, Henshel D, et al. Oxidative mechanisms of biological activity of low-intensity radiofrequency radiation. *Electromagn Biol Med.* 2016;35:186–202.

Yang M, Guo WW, Yang CS, Tang JQ, Huang Q, et al. Mobile phone use and glioma risk: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2017;12:e0175136. doi: 10.1371/https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5417432/pdf/pone.0175136.pdf

Yu G, Bai Z, Song C, Cheng Q, Wang G, Tang Z, et al. Current progress on the effect of mobile phone radiation on sperm quality: an updated systematic review and meta-analysis of human and animal studies. *Environ Pollut.* 2021;282:116592. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116952>. 116952.

Zalata A, El-Samanoudy AZ, Shaalan D, El-Baiomy Y, Mostafa T. In vitro effect of cell phone radiation on motility, DNA fragmentation and clusterin gene expression in human sperm. *Int J Fertil Steril.* 2015;9:129–36.