

## **EFFETTI SU EEG, CERVELLO E SVILUPPO CEREBRALE**

Esistono già studi convincenti che dimostrano che le radiazioni Wi-Fi influenzano i risultati dell'EEG. Diversi gruppi di ricerca hanno condotto studi su questo argomento, utilizzando animali (ratti, topi) ed esseri umani. Già nel 1995, Lebrecht von Klitzing concluse nel suo studio che l'attività alfa (onde alfa 8–13 Hz, 5–100  $\mu$ V) negli esseri umani il cui EEG era stato registrato sotto l'influenza di campi elettromagnetici pulsati a bassa frequenza era alterata, sia durante l'esposizione che diverse ore dopo. Questi effetti sono stati causati a livelli di esposizione che erano bassi limiti di esposizione internazionali. Agarwal et al. (2013) hanno registrato l'EEG di 12 giovani ratti maschi dopo che erano stati esposti a radiazioni a 2,45 GHz (2 gruppi: 4 animali esposti in modo fittizio e 8 animali esposti, 1 ora/giorno per 21 giorni,  $7,37 \times 10^{-4}$  mW/cm<sup>2</sup>, SAR 1,16 mW/kg). In entrambi i gruppi, la temperatura, misurata nei giorni 0, 7, 14 e 21, è aumentata di poco. Tutti gli effetti osservati sono quindi effetti non termici. Alla fine dell'esperimento, due animali del gruppo esposto erano morti. Dal giorno 22, l'EEG è stato registrato negli animali anestetizzati per tre ore. La risposta all'esposizione nel tempo è stata la seguente: solo durante la seconda ora sono state osservate differenze significative tra i due gruppi in tutte le bande di frequenza; durante la terza ora, nelle bande theta e beta. Nel complesso, le risposte nelle bande theta e beta erano più pronunciate che nelle bande alfa e delta. Le esposizioni croniche di basso livello a 2,45 GHz possono quindi causare deterioramenti psico-patofisiologici perché l'elettrofisiologia dei neuroni è alterata. La sincronizzazione/desincronizzazione dei neuroni che sparavano è cambiata, il che può avere effetti sulla barriera ematoencefalica e sui livelli di concentrazione dei neurotrasmettitori nelle sinapsi, affermano i ricercatori. Sinha, Aggarwal e collaboratori (2008) hanno analizzato ratti maschi per il loro comportamento, i livelli di ormone tiroideo di T3, T4, TSH ed EEG dopo l'esposizione a radiazioni di 2,45 GHz (2 ore/giorno per 21 giorni, 16,5  $\mu$ W/cm<sup>2</sup>, SAR parallelo al piano E 3,6  $\mu$ W/g, piano H 9,8  $\mu$ W/g). I livelli di concentrazione per T3 erano significativamente più bassi (da 100 a 78,8 ng/dl), per T4 significativamente più alti (da 1,24 a 3,01  $\mu$ g/dl) rispetto agli animali di controllo. Il TSH e la temperatura corporea differivano appena tra i due gruppi. Ciò ha influenzato anche il comportamento (vedere Capitolo 3 "Effetti sul comportamento"). Maganioti et al. (2010) hanno eseguito test di memoria su 15 uomini e 15 donne (età media 23,7 anni, livello di istruzione elevato). Ai soggetti dello studio è stato chiesto di memorizzare numeri dopo un segnale acustico, una volta senza esposizione a RF e un'altra volta con esposizione a RF (0,49 V/m alla testa); il punto di accesso Wi-Fi era situato a 1,5 m dalla testa dei partecipanti. Il segnale tono di 3000 o 500 Hz è stato trasmesso tramite cuffie ai soggetti del test, che sono stati istruiti a memorizzare il numero indicato in seguito. L'intero test, che ha richiesto 45 minuti, ha incluso 52 ripetizioni. Questi test sono stati eseguiti due volte in un intervallo di 2 settimane. I risultati hanno mostrato che non c'erano differenze nelle bande delta e theta, rispetto ai controlli o tra i sessi. Tuttavia, c'erano differenze significative nelle bande alfa e beta. La registrazione EEG era simile per entrambi i sessi durante l'esposizione fittizia. Dopo l'attivazione dell'esposizione alle radiazioni a 2,45 GHz, l'aumento di energia negli uomini era insignificante, mentre nelle donne la diminuzione era significativa. La banda alfa è associata alla memoria a lungo

termine e l'attività beta alla tensione, alla vigilanza e alla concentrazione. I risultati indicano un cambiamento fisiologico dovuto all'esposizione alle radiazioni Wi-Fi, il cui effetto sull'eccitabilità della corteccia cerebrale varia nelle donne e negli uomini. Negli anni '80, il team di Lai e Singh ha condotto molti esperimenti sui ratti per chiarire i meccanismi causati dall'esposizione del cervello alle radiazioni a 2450 MHz, in particolare nel campus dell'ippopotamo; quali funzioni neurologiche vengono modificate e come viene influenzato il comportamento. Negli anni '90, sono stati aggiunti esperimenti che indagavano il danno al DNA. Nel 1983, hanno esaminato l'effetto di tre farmaci (apomorfina, anfetamina e morfina) durante l'esposizione a breve termine e hanno determinato che gli animali differivano nelle loro risposte. I ricercatori hanno scoperto che la natura delle radiazioni a microonde sulle funzioni cerebrali è complessa. Negli anni successivi, hanno studiato l'attività colinergica durante la somministrazione di vari antagonisti (1987a, 1987b, 1988, 1989a, 1989b, 1991, 1994, 1996b). Hanno scoperto che sia i sistemi colinergici che quelli endogeni dei neurotrasmettitori oppioidi nel cervello sono coinvolti nei deficit di apprendimento spaziale e memoria dopo l'esposizione a radiazioni di basso livello a 2,45 GHz. L'assorbimento di colina (come misura dell'attività colinergica) nell'ippocampo è stato significativamente ridotto, il che può essere inibito dalla beta-funaltrexamina. L'apprendimento spaziale e la memoria sono stati compromessi durante l'esposizione, ma non quando pretrattati con l'agonista colinergico fisostigmina o l'antagonista oppioide naltrexone. Il pretrattamento con l'antagonista oppioide periferico naloxone metiodide non ha avuto effetto. Un aumento del livello di concentrazione dei recettori colinergici muscarinici è stato rilevato nell'ippocampo di ratti che erano stati esposti alle radiazioni per 45 minuti; l'effetto potrebbe essere inibito dal naltrexone. Nazirog̃ lu e Gümral (2009) hanno esposto ratti a radiazioni 2,45 GHz (1 ora/giorno per 28 giorni, 11 V/m, SAR corpo intero 0,1 W/kg, SAR cervello intero 1,73 W/kg), a un gruppo è stato somministrato selenio o L-carnitina prima dell'esposizione. Immediatamente dopo l'esposizione, è stato registrato l'EEG seguito da un'analisi cerebrale, che ha seguito un protocollo in doppio cieco. Nel cervello, sono stati determinati i livelli di concentrazione delle vitamine A, C ed E, della perossidazione lipidica (LP) e del glutatione (GSH), nonché l'attività del glutatione perossidasi (GSH-Px) e del beta carotene. L'attività della GSH perossidasi era significativamente più alta nel gruppo trattato con selenio; i livelli di GSH e beta carotene non differivano in modo significativo dai controlli. La perossidazione lipidica è stata significativamente ridotta con la somministrazione di selenio, ancora di più con la somministrazione di L-carnitina. La significativa riduzione dei livelli di vitamina C ed E dovuta all'esposizione alle radiazioni a 2,45 GHz è stata significativamente prevenuta dal selenio e dalla L-carnitina. Queste vitamine, così come la L-carnitina e il selenio, forniscono protezione contro i danni ossidativi (ROS) nel tessuto cerebrale. Nell'EEG, è stata osservata solo una leggera ipereccitabilità dopo l'esposizione, compensata dal selenio e dalla L-carnitina. Il gruppo di ricerca di Judita Orendác̃ ová ha condotto una serie di studi sulla generazione e lo sviluppo di neuroni di nuova formazione; due di questi studi hanno esaminato ratti di entrambi i sessi dopo l'esposizione a radiazioni a 2,45 GHz (2009, 2011). Nello studio di Orendác̃ ová et al. (2009), neonati (7 giorni) e ratti adulti (24 mesi) sono stati esposti a radiazioni pulsate a 2,45 GHz con una densità di potenza

di 2,8 mW/cm<sup>2</sup>. L'obiettivo dello studio era esaminare se si potessero osservare differenze nello sviluppo delle cellule. Il cervello adulto contiene almeno due regioni per la crescita e la migrazione neuronale: la zona sub ventricolare (SVZ) e il giro dentato nell'ippocampo. Le cellule di nuova formazione migrano dal luogo di generazione ad altre regioni e maturano in cellule differenziate. Gli animali di entrambi i gruppi di età sono stati divisi in due gruppi: esposizione 4 ore/giorno per 2 giorni (acuta) o 8 ore/giorno per 3 giorni (cronica). I ricercatori hanno potuto dimostrare che nei ratti neonati le differenze nella crescita cellulare tra i controlli e gli animali esposti erano significative, ma non negli animali di 24 mesi. Il cambiamento nei tassi di divisione cellulare è dipendente dalla dose e dall'età. Nei giorni dal 7 al 10, l'attività è molto elevata; quindi, scende ai livelli dei controlli e aumenta di nuovo dal 14 al 21° giorno, solo per scendere di nuovo ai livelli dei controlli il 35° giorno. Nella prima settimana dopo la nascita, i tassi di divisione cellulare o lo sviluppo e la maturazione dei neuroni sono particolarmente elevati. Durante questo periodo, c'è il rischio di effetti dannosi sulla neurogenesi, come è stato dimostrato negli animali neonati. Nel secondo studio, Orendác<sup>~</sup>ová et al. (2011) hanno esaminato nuovamente due gruppi di età. I ratti di entrambi i sessi sono stati esposti una volta il 7° giorno (neonati) o il 28° giorno (giovani adulti) dopo la nascita (2 ore con una densità di potenza di 2,8 mW/cm<sup>2</sup>, 10 animali ciascuno). Dopo questa breve esposizione, è stata determinata la proteina fos del prodotto genico precoce immediato, che aumenta nei neuroni allo stress precoce, così come le cellule che producono NO, che regolano la neurogenesi dopo il 7° giorno. Rispetto ai controlli, gli animali esposti hanno mostrato differenze significative nell'espressione dei geni precoci immediati. Numerose cellule che producono NO sono state trovate il 7° giorno nei ratti esposti il 7° giorno; nei controlli, solo il 10° giorno. Nei ratti giovani adulti (P28), anche il numero di cellule che producono NO era diverso rispetto ai controlli. Papageorgiou et al. (2011) hanno testato le risposte di 15 uomini e 15 donne (età media circa 24 anni), utilizzando l'EEG per registrare le onde P300. La componente P300 è attiva durante i processi di pensiero e memoria. I soggetti hanno ascoltato frasi incomplete tramite cuffie e sono stati istruiti a completare le frasi con una risposta sensata. C'erano differenze significative nelle risposte tra persone esposte e non esposte, ma anche tra donne e uomini. Mentre non c'erano differenze tra i sessi nei soggetti non esposti, l'ampiezza P300 è aumentata significativamente negli uomini e diminuita significativamente nelle donne quando i segnali Wi-Fi sono stati attivati (0,49 V/m).

Paulraj e Behari (2006a) hanno studiato la proteina chinasi C (PKC) calcio-dipendente nelle cellule cerebrali in via di sviluppo di giovani ratti maschi, esponendo gli animali a radiazioni da 2,45 GHz (2 ore/giorno, 35 giorni, 0,344 mW/cm<sup>2</sup>, SAR 0,11 W/kg). La PKC è coinvolta in moltissimi processi patologici, tra cui la carcinogenesi in molti tipi di cellule. Nel tessuto nervoso, questo enzima regola il rilascio di neurotrasmettitori e la formazione di memoria a lungo termine. Il tessuto cerebrale (intero cervello, ippocampo e cervello senza ippocampo) è stato esaminato per l'attività della PKC; è stato osservato un calo significativo dell'attività nell'intero cervello e nell'ippocampo rispetto ai controlli. Nel tessuto cerebrale senza ippocampo, non sono state riscontrate differenze significative rispetto ai controlli esposti in modo fittizio. La microscopia elettronica ha rivelato un numero aumentato

di cellule gliali. L'esposizione cronica alle radiazioni a 2,45 GHz può compromettere la crescita e lo sviluppo del cervello a livelli non termici. Questa potrebbe essere una spiegazione per i cambiamenti frequentemente osservati nell'apprendimento e nella memoria dovuti alle radiazioni a radiofrequenza. Testy lier et al. (2002) hanno testato su ratti maschi gli effetti che le esposizioni alle radiazioni a 800 MHz e 2,45 GHz hanno sul comportamento e sui livelli di concentrazione di acetilcolina (ACh) nell'ippocampo. Nel caso di 2,45 GHz, l'esposizione è durata 1 ora a 2 mW/cm<sup>2</sup> o 4 mW/cm<sup>2</sup> (SAR corpo intero 3,26 o 6,52 W/kg), rispettivamente. Sette ore dopo l'esposizione, la diminuzione del livello di concentrazione media di ACh non è stata significativa a 2 mW/cm<sup>2</sup> e significativa (40%) a 4 mW/cm<sup>2</sup>. Il rilascio di ACh ha iniziato a calare non appena è iniziata l'esposizione, raggiungendo il livello più basso rispetto ai controlli esposti in modo fittizio 5 ore dopo l'esposizione. In quest'ultimo gruppo, i livelli hanno continuato ad aumentare leggermente. Questo non è un effetto termico perché la diminuzione è stata più ripida diverse ore dopo la fine dell'esposizione. Una videocamera ha registrato il comportamento degli animali dall'ora 4 alla fine dell'esperimento. Non sono state osservate differenze. Yang et al. (2010) hanno cercato di rispondere alla domanda su come la radiazione pulsata a 2,45 GHz (20 minuti, SAR 6 W/kg) influenzi la microglia nel cervello dei topi (linea cellulare della microglia N9). La microglia è una cellula immunitaria nel sistema nervoso, che viene attivata da lesioni e infezioni del tessuto nervoso. Un certo percorso del segnale, il percorso del segnale JAK-STAT, controlla i meccanismi immunitari, che vengono attivati anche quando esposti alle radiazioni. Quando la regolazione è compromessa, possono svilupparsi immunodeficienza e cancro. L'esposizione alle radiazioni ha causato cambiamenti nell'espressione genica di vari geni; tra gli altri, l'espressione genica per il fattore di necrosi tumorale (TNF- $\alpha$ ) e l'ossido nitrico sintasi inducibile (iNOS), che sono coinvolti nella risposta infiammatoria del tessuto nervoso. L'attivazione eccessiva della microglia può portare a malattie degenerative (SLA, Alzheimer, Parkinson). I risultati hanno mostrato che la microglia è stata attivata dall'esposizione a radiazioni a 2,45 GHz che coinvolgono TNF- $\alpha$ , NO e ROS; a ciò è seguita una risposta pro-infiammatoria e contemporaneamente è stata attivata la via del segnale JAK-STAT. L'esposizione alle radiazioni rappresenta un fattore fisico esterno che può portare a processi infiammatori e danni al tessuto nervoso attraverso l'attivazione della microglia. Yang et al. (2012) hanno esposto ratti maschi adulti a radiazioni da 2,45 GHz (pulsate per 20 minuti, 65 mW/cm<sup>2</sup>, SAR 6 W/kg) e hanno scelto geni correlati allo stress per ulteriori analisi. Tre ore dopo l'esposizione, 41 geni rilevanti su 2.048 in totale sono stati modificati in modo significativo nell'ippocampo: 23 sovraregolati e 18 sottoregolati (proteine da shock termico (HSP), metabolismo, trasduzione del segnale, citoscheletro, apoptosi, attaccamento cellulare, riparazione del DNA e altri). Sette geni riguardano proteine da shock termico o proteine chaperone correlate allo stress, tra cui in particolare il gene per HSP27 e HSP70, la cui espressione era significativamente più elevata nell'ippocampo, in particolare nelle cellule piramidali del corno di Ammone (regione CA3) e nelle cellule granulari del giro dentato. Entrambe le proteine da shock termico erano al loro livello più alto in momenti diversi; svolgono funzioni diverse. I dati forniscono una prova diretta che la radiazione a 2,45 GHz innesca risposte di stress nell'ippocampo dei ratti.

### **Significato dell'impulso a 10 Hz**

La radiazione Wi-Fi contiene un impulso a 10 Hz, motivo per cui i risultati degli esperimenti del bunker di Andechs del dott. Rütger Wever (Max Planck Institute for Behavioral Physiology, vedi wiesen e Erling-Andechs) del 1968 sono così importanti. Wever ha studiato l'effetto della frequenza di 10 Hz (nell'intervallo delle onde alfa di 8–13 Hz, 5–100 µV) sul ritmo circadiano negli esseri umani. Nel 1968, il quotidiano DIE ZEIT scrisse di questo esperimento: "Dopo che i geofisici avevano scoperto che questo campo elettromagnetico, una radiazione di onde elettromagnetiche di 10 Hertz, attraversa un massimo e un minimo nel corso di un giorno terrestre, seguendo un "ciclo diurno", i ricercatori di cronobiologia si interessarono a studiare se potesse avere un effetto sull'"orologio interno" degli esseri umani. Furono costruiti due bunker sotterranei speculari, uno dei quali era schermato dal campo di 10 Hz da diversi strati di ferro. I soggetti dello studio si trasferirono e vissero nella loro stanza da veglia in condizioni costanti, ma soprattutto senza un orologio, abbandonandosi completamente al proprio ritmo interiore". L'isolamento dal campo ambientale di 10 Hz ha influenzato i soggetti dello studio: "Non solo c'è uno spostamento... nell'alternanza tra attività e riposo, ma anche le funzioni autonome sincronizzate cambiano, come il funzionamento dei reni e il massimo e il minimo della temperatura corporea. ...Dieci di questi esperimenti forniscono un risultato certo: il corpo umano risponde a un campo elettrico alternato di 10 Hz" (<http://www.zeit.de/1968/08/im-bunker-sind-die-tage-laenger>). Sul suo esperimento, Wever scrive: "La prova degli effetti del campo di 10 Hz sul ritmo circadiano umano risponde anche alla domanda se tali campi influenzino gli esseri umani in generale. Per questa domanda, anche la frequenza di circa 10 Hz è interessante: La componente particolarmente stabile dell'onda alfa dell'elettroencefalogramma ha una frequenza di 10 Hz; inoltre, l'intera superficie corporea degli animali a sangue caldo vibra meccanicamente con una frequenza di circa 10 Hz (Hecht 2017)." Il fisico medico Lebrecht von Klitzing (1995, 2006) ha già presentato risultati sperimentali verificabili riguardanti gli effetti dell'impulso a 10 Hz della radiazione Wi-Fi, dimostrando effetti sull'EEG e sulla variabilità della frequenza cardiaca. Questi risultati devono ancora essere replicati da altri gruppi di ricerca. La ricerca bibliografica ha rivelato che la ricerca disponibile sugli effetti dell'impulso a 10 Hz della radiazione Wi-Fi è piuttosto insoddisfacente e che gli sforzi di ricerca dovrebbero essere urgentemente aumentati. L'esperimento di Andechs conferma che gli esseri umani sono esseri elettromagnetici e che l'impulso a 10 Hz potrebbe svolgere un ruolo più importante nel cervello di quanto precedentemente ipotizzato.

**Maurizio GIANI**  
**Presidente Associazione C.C.E.**  
**Comuni Contro Elettrosmog**



**San Diego (CALIFORNIA)**  
**13-febbraio-2025**