

## EFFETTI SUL COMPORTAMENTO

Che il sistema nervoso sia influenzato dalle radiazioni non ionizzanti è stato confermato dal Consiglio federale svizzero nel 2015: "Osservazioni di ricerca di qualità variabile documentano altri effetti biologici che non possono essere attribuiti a effetti termici. Un effetto sulle onde cerebrali è stato sufficientemente dimostrato sulla base di criteri scientifici" (Consiglio federale svizzero 2015). Gli effetti sull'EEG e sul cervello si riflettono nell'apprendimento, nella memoria e nel comportamento. Questi risultati dovrebbero essere altamente rilevanti per il dibattito e il processo decisionale riguardante l'implementazione di reti Wi-Fi in asili nido, scuole e università come parte della cosiddetta iniziativa di apprendimento digitale della Germania. Cammaerts und Johansson (2014) hanno osservato il comportamento delle formiche lungo i loro percorsi quando esposte a varie frequenze. Oltre alle radiazioni dei telefoni cellulari, sono stati utilizzati router Wi-Fi (30 minuti a 0,06 e 0,08  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  media) e notebook (5 minuti, 0,03–0,05  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) con e senza la funzione Wi-Fi attivata (distanza di 20–30 cm dalle colonie). La ripetizione in cieco degli esperimenti con un osservatore diverso ha confermato i risultati. Entro pochi secondi dall'attivazione dei router Wi-Fi, le formiche hanno mostrato un comportamento disturbato; fino a 30 minuti, il modello di comportamento modificato si è intensificato in modo significativo rispetto ai controlli non esposti. Ci sono volute dalle 6 alle 8 ore prima che il normale modello di foraggiamento venisse ristabilito. Quando è stata attivata la funzione Wi-Fi del notebook, gli animali hanno iniziato a comportarsi in modo irregolare, sembravano ammalarsi in pochi secondi; quando la funzione Wi-Fi era disattivata, si comportavano normalmente. Chaturvedi et al. (2011) hanno osservato il comportamento dei topi maschi dopo essere stati esposti (2 ore/giorno per 30 giorni, densità di potenza 0,026  $\text{mW}/\text{cm}^2$ , SAR 0,036  $\text{W}/\text{kg}$ ; parametri aggiuntivi: emocromo, numero e motilità degli spermatozoi, rotture del DNA nelle cellule cerebrali). Dopo 30 minuti di esposizione, il comportamento dei topi nella ruota da corsa e nel labirinto d'acqua era significativamente diverso rispetto agli animali non esposti. La memoria spaziale era compromessa. Deshmukh et al. (2015) hanno utilizzato le frequenze 900, 1800 e 2450 MHz per studiare gli effetti dell'esposizione cronica a radiazioni a microonde di basso livello sulla capacità di apprendimento, sulla memoria, sulle proteine da shock termico (HSP) e sui danni al DNA nei cervelli dei ratti. Per 180 giorni, gli animali maschi sono stati esposti a livelli molto bassi (SAR  $5,953 \times 10^{-4}$ ,  $5,835 \times 10^{-4}$  o  $6,672 \times 10^{-4}$   $\text{W}/\text{kg}$ , 2 ore/giorno, 5 giorni/settimana). L'orientamento spaziale, così come le prestazioni di apprendimento e memoria, sono stati compromessi a tutte e tre le frequenze. Nei cervelli, il livello di HSP70 e il numero di rotture del filamento di DNA sono aumentati in modo significativo. Anche il danno al DNA è aumentato in modo significativo a 1800 e 2450 MHz rispetto a 900 MHz. Deshmukh, Banerjee et al. (2016) hanno esposto i ratti per 90 giorni a 900, 1800 e 2450 MHz (SAR per 2450 MHz  $6,672 \times 10^{-4}$   $\text{W}/\text{kg}$ ) e ne hanno esaminato il comportamento, HSP70 e DNA nel tessuto cerebrale. Gli autori hanno osservato una riduzione delle prestazioni cerebrali come sopra, nonché livelli significativamente più elevati di HSP70 e rotture del filamento di DNA, in particolare a 2450 MHz. Has sanshahi et al. (2017) hanno diviso 80 ratti maschi in due gruppi. Un gruppo è stato esposto in modo fittizio, l'altro è stato esposto a 2,4–2,4835 GHz per

30 giorni, 12 ore/giorno con 23,6 dBm. L'attività degli animali esposti non differiva dagli animali di controllo esposti in modo fittizio, ma gli animali esposti erano significativamente peggiori nel distinguere tra oggetti noti e sconosciuti. L'espressione del recettore muscarinico 1 (per l'acetilcolina) nell'ippocampo è raddoppiata dopo l'esposizione alle radiazioni Wi-Fi; il trasportatore GABA 1 (GAT1) non differiva tra gli animali esposti e i controlli. Insieme ai risultati precedenti, possiamo concludere che le radiazioni Wi-Fi hanno un effetto dannoso sulle funzioni del sistema nervoso, sia a livello molecolare che comportamentale. Il flusso di calcio nei neuroni potrebbe essere modificato a causa delle radiazioni Wi-Fi. Una delle funzioni più importanti del cervello è il consolidamento delle informazioni sensoriali, che viaggiano lungo diversi canali sensoriali. Questo processo è importante per le esperienze e l'interazione con il mondo esterno. Diverse regioni del cervello, come parti del lobo temporale, che ricevono/accettano molti input sensoriali, sono coinvolte nei processi di consolidamento. Si suppone che l'acetilcolina sia coinvolta nei processi di integrazione delle numerose percezioni tramite il recettore muscarinico. In questo contesto viene discusso anche il coinvolgimento del neurotrasmettitore GABA (acido gamma-amminobutirrico).

Negli anni '80 e '90, così come nel 2000, 2004 e 2005, Henry Lai e i suoi collaboratori hanno condotto molti esperimenti sui campi elettromagnetici, tra cui alcuni studi sui 2,45 GHz. Tra le altre cose, hanno studiato il comportamento degli animali (topi e ratti), i cambiamenti fisiologici nel cervello (in particolare nell'ippocampo, l'area in cui vengono elaborati apprendimento e memoria) e i danni al DNA dopo 45 minuti di esposizione (1 mW/cm<sup>2</sup>, SAR 0,6 W/kg o 2 mW/cm<sup>2</sup>, 2 ore, SAR 1,2 W/kg). Nel 1996, hanno trovato rotture del DNA a singolo e doppio filamento nelle cellule cerebrali dei ratti dovute a radiazioni a 2,45 GHz (2 mW/cm<sup>2</sup>, 2 ore, SAR 1,2 W/kg). Alcuni esperimenti hanno rivelato che il sistema colinergico è coinvolto non dopo 20 minuti, ma dopo 45 minuti di esposizione a radiazioni a 2,45 GHz, 1 mW/cm<sup>2</sup>, SAR 0,6 W/kg. Nel complesso, i risultati degli esperimenti hanno mostrato che si sono verificati cambiamenti fisiologici nel sistema neurotrasmettitore (catecolamina, serotonina e acetilcolina) e hanno quindi influenzato il comportamento. Lai e Singh fanno riferimento agli esperimenti di Thomas et al. (1979, 1979, 1980) e Wangemann/Cleary (1976), che avevano già osservato cambiamenti nei ratti e nei conigli negli anni '70 e '80. Wang/Lai (2000) hanno studiato il comportamento dei ratti nel labirinto acquatico dopo un'esposizione acuta a radiazioni pulsate a 2,45 GHz. L'esposizione acuta alle microonde a 2,45 GHz ha avuto un impatto significativo sul comportamento dei ratti. Gli scienziati hanno attribuito il comportamento modificato alla diminuzione dell'attività colinergica nel cervello degli animali (nella corteccia frontale e nell'ippocampo), causata dalla radiazione a 2,45 GHz. Lai (2004) ha osservato che l'apprendimento spaziale dei ratti (onde continue a 2,45 GHz, 2 mW/cm<sup>2</sup>, SAR corpo intero 1,2 W/kg) cambiava solo quando l'esposizione alla radiazione a 2,45 GHz veniva combinata con un campo magnetico di fondo aggiuntivo di 60 mG (6 µT). Li et al. (2008) hanno studiato l'effetto della radiazione pulsata a 2,45 GHz a 1 mW/cm<sup>2</sup> per 3 ore al giorno per 30 giorni (esposizione cronica) e hanno riscontrato in tutti i ratti deficit significativamente crescenti nell'apprendimento spaziale e nella memoria. La funzione dei recettori dei glucocorticoidi (GR) nell'ippocampo era compromessa perché la distribuzione

intracellulare (il tasso relativo di GR nel citoplasma e nel nucleoplasma) per la trasmissione attiva dei segnali nel nucleo si era spostata (5 esperimenti indipendenti). Nei gruppi di controllo, il livello di GR era più alto nel citoplasma, mentre dopo l'esposizione, il livello di GR era più alto nel nucleoplasma. Gli scienziati hanno determinato i livelli di glucocorticoidi e hanno dimostrato che 24 ore dopo la cessazione dell'esposizione l'aumento dei corticosteroni nel sangue era altamente significativo rispetto ai controlli. Dopo l'esposizione, i tassi di apoptosi nell'ippocampo sono aumentati in modo altamente significativo in tutte le regioni studiate (CA1, CA3 e giro dentato), con un effetto particolarmente evidente nella regione CA1.

Questi tre cambiamenti possono spiegare i deficit di apprendimento. Potrebbero essere il risultato dell'esposizione alle microonde, che causa stress nelle cellule. I dati mostrano che il corticosterone è un importante regolatore per quanto riguarda i deficit di apprendimento dovuti all'esposizione alle microonde, poiché è noto da tempo che livelli di concentrazione elevati di glucocorticoidi compromettono l'apprendimento, sia negli animali che negli esseri umani. I cambiamenti nei livelli di concentrazione di corticosterone da soli non possono spiegare i deficit di apprendimento e memoria, affermano i ricercatori; quindi, devono esserci ulteriori molecole biologiche che sono influenzate dalla radiazione a 2,45 GHz. I ricercatori sottolineano che i risultati contraddicono i risultati di Cassel et al. (2004) e Cobb et al. (2004) (dipendenti del laboratorio dell'aeronautica militare statunitense), che avevano utilizzato le stesse condizioni di esposizione di Li e anche di Lai e collaboratori, ma non avevano osservato alcun cambiamento comportamentale nel labirinto acquatico. Cosquer/Cassel (2004, 2005) fanno riferimento a Lai et al. e non hanno riscontrato alcun cambiamento comportamentale nei ratti dopo l'esposizione a radiazioni di basso livello (45 minuti, 1 mW/cm<sup>2</sup>, SAR 0,6 W/kg). Al contrario, gli esperimenti di Banaceur et al. (2013) hanno dimostrato che dopo l'esposizione a lungo termine alle radiazioni di un dispositivo Wi-Fi attivato (2,4 GHz, 2 ore/giorno, 30 giorni, SAR corpo intero 1,6 W/kg), le prestazioni della memoria sono cambiate nei topi in cui erano stati inseriti tre geni correlati all'Alzheimer (beta amiloide, presenilina e proteina tau). Per fare un confronto, i topi normali sono stati trattati allo stesso modo (esposti ed esposti in modo fittizio). Dopo la fine dell'esposizione, è stato osservato il comportamento per quanto riguarda l'apprendimento spaziale e la memoria, l'ansia e l'attività motoria. Dopo l'esposizione, non sono state riscontrate differenze significative nel peso, nella temperatura corporea e nell'attività motoria dei quattro gruppi, ma il livello di ansia dei topi Alzheimer esposti era inferiore. Gli autori hanno interpretato questa scoperta come un miglioramento delle prestazioni cerebrali. Shahin et al. (2015) hanno esposto i topi a radiazioni a onde continue a 2,45 GHz (15, 30 e 60 giorni di esposizione e 60 giorni di esposizione fittizia con 0,0248 mW/cm<sup>2</sup>, SAR corpo intero 0,0146 W/kg 2 ore/giorno). L'apprendimento spaziale e la memoria sono stati osservati nel labirinto d'acqua. Il tessuto dell'ippocampo è stato analizzato per cambiamenti nello stress ossidativo/nitrosativo (ossidazione del DNA, lipidi, proteine, nonché concentrazione di nitriti e nitrati), enzimi antiossidanti (SOD, CAT, GSH-Px), morfologia dei neuroni al microscopio, apoptosi e proteine di riparazione del DNA (PARP 1) nelle regioni dell'ippocampo. Il livello di creatina chinasi è stato determinato come misura dello stato energetico delle cellule. Gli

esperimenti sono stati ripetuti una volta. Con l'aumento dell'esposizione, i danni significativi si sono intensificati rispetto ai controlli esposti in modo fittizio. Neuroni degenerati, enzimi antiossidanti (SOD, CAT, GSH-Px) e creatina chinasi sono diminuiti in modo significativo e i livelli di concentrazione di specie reattive dell'ossigeno (ROS) e specie reattive dell'azoto (RNS), perossidazione dei lipidi, danno ossidativo del DNA e delle proteine, nonché apoptosi sono aumentati in modo significativo. L'apprendimento e la memoria sono diminuiti a causa del danno cellulare. Oltre al comportamento alterato e all'EEG nei ratti dovuto alla radiazione a 2,45 GHz, Sinha (2008) ha anche riscontrato alterazioni nei livelli di ormoni tiroidei (vedere Capitolo 9 "Effetti sulla tiroide"). Il comportamento degli animali esposti differiva significativamente da quello delle controparti non esposte: gli animali esposti si sono rivelati iperattivi

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

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Giani Maurizio".

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