



EFFETTI BIOLOGICI DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

L'organizzazione Mondiale per la Sanità ha definito l'inquinamento elettromagnetico una tra le quattro principali problematiche per l'uomo del 2000.

Attualmente infatti viene fatto un enorme uso di macchinari per uso domestico o industriale funzionanti ad energia elettrica, nonché di apparecchi che utilizzano alte frequenze. Per comprendere la vastità del fenomeno, basta pensare ad esempio che in Italia ci sono oltre 60.000 km di linee ad alta tensione, 322.000 km di linee a bassa tensione, oltre 400.000 cabine di derivazione e più di 20 milioni di telefoni portatili. Per questo motivo, si registrano oggi valori di fondo per la radiazione elettromagnetica da un milione a un miliardo di volte più elevati di quelli generati dalla Terra e dai corpi celesti.

Recentemente numerosi studi hanno messo in evidenza i possibili effetti nocivi dei campi elettromagnetici sull'uomo; effetti la cui entità dipende sia dal tempo di esposizione, sia dall'intensità dei campi, sia dalle eventuali sinergie con altri fattori inquinanti.

Gli effetti biologici e gli eventuali danni alla salute prodotti sono fortemente dipendenti dalla frequenza delle onde stesse. Per questo motivo si usa distinguere gli effetti biologici indotti da campi a bassa frequenza da quelli indotti da radiofrequenza e microonde.

Effetti biologici prodotti da campi elettromagnetici a bassa frequenza

Per quanto concerne gli effetti biologici prodotti da campi elettromagnetici a frequenze basse, ivi comprese le frequenze industriali nominali (50 – 60 Hz), essi sono dovuti principalmente ad alterazioni stereochemiche delle molecole, all'influsso sull'orientamento paramagnetico molecolare, all'azione sugli elettroliti e alla rottura di legami secondari. Questi meccanismi possono determinare modificazioni:

- a livello della membrana cellulare, influenzando sullo scambio ionico che regola il metabolismo dei diversi tessuti umani,
- a livello del nucleo e del DNA, con fenomeni di decondensazione della cromatina e formazione di rotture cromosomiche
- sul sistema immunitario, con interferenze nella produzione di anticorpi, nella azione delle cellule Natural Killer (NK), nella regolazione della produzione delle sostanze steroidee e oppioidi endogene,



- sul ritmo circadiano, influenzando sulla produzione di melatonina (ormone che regola, oltre l'umore, il sistema endocrino e riproduttivo) da parte dell'epifisi.

Queste modificazioni a livello biologico possono portare all'insorgenza di svariati disturbi, quali nevralgie, disturbi del ritmo sonno-veglia, perturbazioni psichiche, alterazioni del comportamento, astenia, ecc., a cui si possono associare anche patologie più gravi, quali alterazioni immunologiche, alterazioni nella fisiologia delle funzioni endocrine, effetti sull'apparato riproduttivo e sulla gravidanza (con aumento del rischio di malformazioni fetali), leucemie infantili e nell'adulto, neoplasie (linfomi, tumori al seno, melanomi epiteliali, tumori al cervello), ecc.

Effetti biologici prodotti da campi elettromagnetici a radiofrequenza e microonde

Per i campi ad alta frequenza bisogna distinguere principalmente tra due tipi di effetti: quelli cosiddetti "termici" e quelli "non termici".

Gli **effetti termici** sono dovuti al fatto che i campi elettromagnetici ad alta frequenza inducono un riscaldamento dei tessuti che è causato dall'acqua in essi contenuta, in quanto questa possiede proprietà dielettriche tali per cui l'energia elettromagnetica trasportata dall'onda incidente si trasforma in calore.

In base alle caratteristiche peculiari del tessuto (tra le quali forma, orientamento, composizione, dimensioni, ecc.) ed alla frequenza dell'onda elettromagnetica incidente, si possono formare dei fenomeni parziali di risonanza tissutale con formazione di "punti caldi", ovvero zone in cui la formazione di calore è particolarmente accentuata. A questo meccanismo si può poi associare anche un'accentuata sensibilità da parte degli organi del corpo umano interessati dall'esposizione. Occhi, testicoli (prove su animali hanno per esempio dimostrato che anche esposizioni brevi, con intensità di $100\div 200$ mW/cm², possono provocare l'insorgere della cataratta e di una temporanea sterilità), nonché alcune zone del cervello e, più in generale gli organi con scarsa circolazione sanguigna (che favorisce la dispersione del calore) e bassa conducibilità termica sono risultate essere le zone più sensibili.

Quando l'aumento della temperatura in corrispondenza di queste zone è molto accentuato, ovvero il campo elettromagnetico associato raggiunge valori elevati (condizione che si può realizzare solo in situazioni particolari, quali quelle riscontrabili in alcuni ambienti lavorativi), si può avere morte cellulare e necrosi tissutale, con segni fisici evidenti.



Altri effetti termici indiretti dei campi elettromagnetici ad alta frequenza si possono avere per il surriscaldamento di oggetti metallici posti in tali campi, quali attrezzi da lavoro o oggetti personali (essendo l'oro un ottimo conduttore), che possono provocare ustioni anche molto gravi, anche se solitamente localizzate, alle persone che ne vengono a contatto.

Gli **effetti non termici** dei campi elettromagnetici ad alta frequenza sono tutto sommato simili a quelli descritti per i campi elettromagnetici a bassa frequenza per quanto concerne gli effetti a lunga scadenza, mentre per quanto riguarda gli effetti a breve termine vanno sottolineate le interferenze che tali campi possono generare su pacemakers cardiaci (in particolare a frequenze tipiche della telefonia cellulare). Sono infatti state segnalate alterazioni del sistema atriale e secondariamente inibizione del segnale ventricolare. Tale inibizione, se si protrae per più di alcuni secondi, può essere clinicamente molto rilevante.

Altri effetti secondari possono essere dati da una manifesta ipersensibilità ai campi elettromagnetici di cui numerose persone soffrono, con sintomatologia assai variabile che può consistere in astenia di grado più o meno marcato, nervosismo, sapori metallici, insonnia, dermatiti rosacea-lieve di maggiore o minore intensità, ecc.

Valori limite consigliati

Gli effetti biologici dei campi elettromagnetici sono legati alla quantità di energia depositata all'interno di un sistema biologico durante l'esposizione.

Le grandezze fisiche correlate all'effetto biologico sono dunque il SAR (Specific Absorption Rate o Tasso di Assorbimento Specifico), che corrisponde alla potenza elettromagnetica assorbita nell'unità di massa, e la densità di corrente indotta all'interno dell'organismo. La prima delle due grandezze (il SAR) viene utilizzata in genere per frequenze superiori a 10 MHz, mentre per valori di frequenza inferiori viene utilizzata la densità di corrente. Queste grandezze vengono valutate mediante misure dosimetriche, che però presentano, a livello operativo, notevoli difficoltà tecniche. Pertanto normalmente si ricorre a misure di esposizione, che sono misure indirette, nelle quali viene misurato il campo elettromagnetico a cui l'organismo è esposto. Le grandezze che si misurano sono dunque il campo elettrico (V/m), il campo magnetico (o l'induzione magnetica (T)) e la densità di potenza (W/m^2).



Da vari studi emerge che vi possono essere effetti negativi sull'uomo già a basse intensità di campo e sono stati riportati valori che arrivano, rispettivamente, a 0,5 kV e 0,2 μ T per il campo elettrico e per l'induzione magnetica a bassa frequenza, e a 6 V/m, 0,016 A/m e 0,1 W/m² per il campo elettrico, per il campo magnetico e la densità di potenza ad alta frequenza.

Questi sono dunque i valori da tenere presente per la protezione delle persone esposte a campi elettromagnetici. Bisogna comunque tenere presente che gli effetti biologici di tali campi non sono stati ancora bene approfonditi e che pertanto i valori di cui sopra sono ancora oggetto di studio e di discussione.

Nella bibliografia viene fornito un elenco di studi cui si può fare riferimento per ulteriori approfondimenti.