

NIR in medicina: protezione di operatori e pazienti

Le radiazioni ionizzanti, raggi x, raggi gamma ed isotopi radioattivi in generale, vengono utilizzati da anni a fini diagnostici e per il trattamento di molteplici patologie. Da un punto di vista dosimetrico l'esposizione del paziente e soprattutto del personale medico all'agente radioattivo è abbastanza bassa, da garantire che ... [Leggi tutto l'articolo](#)

L'esposizione dei bambini ai campi GSM a 900 MHz emessi da telefoni cellulari può influire sulla memoria a breve termine?

Al giorno d'oggi, l'utilizzo del telefono cellulare inizia in età molto precoce, determinando una prematura esposizione di bambini e adolescenti ai campi elettromagnetici a radiofrequenza emessi dai terminali mobili. Ciò ha portato ad un aumento della preoccupazione da parte della popolazione e soprattutto dei genitori riguardo ai potenziali effetti sulla salute dei bambini derivanti dalla esposizione precoce ai campi a radiofrequenza.. ...

[Leggi tutto l'articolo](#)



Smart home e campi elettromagnetici

L'utilizzo di tecnologie ICT per smart home consente di collegare dispositivi e apparati..., [Leggi](#)

Media Duemila pubblica uno speciale su "Esposizione personale e uso del cellulare. Le norme e la scienza"

L'utilizzo sempre crescente di smartphone e tablet ha modificato profondamente le modalità di esposizione ai campi elettromagnetici degli utilizzatori di terminali mobili.... [Leggi tutto l'articolo](#)

Campi magnetici statici a bassa intensità su colture primarie neuronali: ipotesi di effetto protettivo

I campi magnetici statici possono interagire con un'elevata varietà di tessuti biologici, incluse le cellule del sistema nervoso centrale, influenzando anche profondamente processi e meccanismi chiave come l'espressione genica ... [Leggi tutto l'articolo](#)



Da gennaio 2013 puoi rimanete in contatto con Elettra tramite i social Network Facebook e Twitter. Ci potete trovare come Consorzio Elettra 2000 su Facebook , su Twitter come @Elettra_2000.

Per informazioni consultare www.elettra2000.it o scrivere a info@elettra2000.it

Se non si desidera più ricevere questo notiziario scrivere a unsubscribe@elettra2000.it

NIR in medicina: protezione di operatori e pazienti

Le radiazioni ionizzanti, raggi x, raggi gamma ed isotopi radioattivi in generale, vengono utilizzati da anni a fini diagnostici e per il trattamento di molteplici patologie, soprattutto in campo oncologico.

Da un punto di vista dosimetrico l'esposizione del paziente e soprattutto del personale medico all'agente radioattivo è abbastanza bassa, da garantire che non si verifichino effetti immediati (o deterministici), ma che in ogni caso, per la natura dell'agente fisico in questione, porta con sé un rischio di gravi effetti a lungo termine (effetti stocastici), soprattutto induzione di patologie neoplastiche.

Oltre a questi mezzi clinici che comportano l'utilizzo di radiazioni ionizzanti, sono state messe a punto altre tecniche diagnostiche come la risonanza magnetica nucleare, o curative come l'elettroporazione, basate su radiazioni non ionizzanti: radiofrequenze, microonde o onde acustiche.

Queste modalità diagnostiche e curative sono considerate meno pericolose dal punto di vista della esposizione di pazienti ed operatori rispetto a quelle che fanno impiego di radioattività, anche se rimane ancora un po' di incertezza.

Il fatto che associato all'utilizzo di tali tecnologie ci possano essere potenziali rischi per la salute di pazienti ed operatori ha portato l'ICNIRP ad organizzare, in collaborazione con l'Organizzazione Mondiale della Sanità, un workshop finalizzato a riunire esperti di bioelettromagnetismo, personale medico operante su vari apparati che utilizzano le NIR, produttori, con l'obiettivo di effettuare una analisi delle conoscenze riguardanti la protezione dalle radiazioni non ionizzanti, comprensivo di uno studio minuzioso delle linee guida e dei quadri normativi legati alla sicurezza.

Questo incontro si è svolto a fine 2013 in Germania e recentemente è stato pubblicato sulla rivista internazionale Medical Physics un report contenente tutte le argomentazioni affrontate e le conclusioni raggiunte.

Da parte della Organizzazione Mondiale della Sanità è stato sottolineato che le tecnologie utilizzate a supporto della salute devono essere "disponibili, accessibili, convenienti e appropriate" oltre che sicure ed efficaci. Questo significa l'obbligatorietà di buone installazioni, calibrazione e manutenzione degli apparati, e costante assistenza da parte del produttore al cliente per quanto riguarda funzionalità ed aggiornamenti.

La maggior parte dei problemi nell'utilizzo delle Nir in ambiente sanitario riguardano la mancanza di un adeguato addestramento del personale ad un uso sicuro degli apparati, la scarsità di fondi stanziati per manutenzione e calibrazione e spesso, l'assenza di un reale supporto da parte dei produttori.

Riguardo alle singole applicazioni sono state trattate in particolare l'elettrochemioterapia, la risonanza magnetica nucleare e la diatermia a radiofrequenza.

L'elettrochemioterapia (o elettroporazione) è una tecnica consistente nell'utilizzare un intenso campo elettrico o un treno di impulsi per accrescere la permeabilità della membrana cellulare favorendo la penetrazione di farmaci antitumorali. In questi casi, il picco di campo elettrico utilizzato per la cura, supera i livelli di riferimento raccomandati dall'ICNIRP per il pubblico generico. Dal momento che l'ICNIRP ritiene i livelli di riferimento altamente conservativi ed atti a proteggere da effetti acuti sui nervi periferici, tenendo conto del beneficio che i pazienti possono trarre da questa cura, viene raccomandato l'utilizzo in un ambiente controllato e sotto la supervisione di un medico adeguatamente formato.

Per quello che riguarda la risonanza magnetica nucleare, l'analisi della letteratura scientifica prodotta negli ultimi tre/quattro anni ha messo in evidenza che gli eventuali effetti biologici prodotti da campo magnetico statico, campo a radiofrequenza e gradienti di campo magnetico presenti in prossimità dei tomografi siano di natura transitoria e non sfocino in patologie di nessun genere.

Il problema più grave per gli operatori è l'insorgenza di vertigini dovute al movimento all'interno del forte campo magnetico statico; questo fastidio, che può compromettere il corretto svolgimento della attività lavorativa, può essere comunque tenuto sotto controllo applicando particolari accorgimenti, quali ad esempio evitare di muoversi troppo velocemente. Riguardo ai futuri sviluppi di questa tecnologia, ICNIRP e OMS concordano nell'affermare che, mentre elevati livelli di campo statico possono essere fondamentali nel campo della ricerca tecnico-scientifica, per le applicazioni mediche la tendenza è quella di non superare i 3 T di intensità di campo magnetico statico, intensità alla quale effetti come vertigini, nausea, presenza di magnetofosfeni, non si presentano se si lavora in condizioni standard.

Per quanto riguarda l'ablazione a RF e microonde, ampiamente utilizzata nella cura di tumori o in cardiologia per la cura delle aritmie, in genere le esposizioni di medici e operatori sanitari sono estremamente basse.

Nel corso del workshop sono state prese in considerazione anche le tecniche di diatermia a radiofrequenza, utilizzate per stimolare la circolazione sanguigna e ridurre le infiammazioni e per trattare le osteoartriti applicando un campo a radiofrequenza (tipicamente 27 Mhz oppure 433 Mhz) o a microonde (2450 Mhz). L'intento consiste nel causare una ipertermia locale tramite l'applicazione del campo elettromagnetico, ma ci sono preoccupazioni riguardo al superamento dei limiti per la popolazione e, in taluni casi anche di quelli relativi ai professionalmente esposti (soprattutto per le applicazioni ad onda corta)

In ogni caso l'OMS promuove ed approva l'utilizzo da parte di tutti i paesi delle Linee Guida dell'ICNIRP come base per i propri quadri normativi.

Per quanto riguarda l'esposizione del paziente, sia da parte dell'ICNIRP che dell'OMS è stata ribadita l'importanza di linee guida ad hoc differenziate, per gli staff medici sul corretto utilizzo e per i produttori sulle procedure per massimizzare la sicurezza.

Gli esperti convenuti hanno concordato che i tre principi di protezione utilizzati nell'ambito delle radiazioni ionizzanti, giustificazione della pratica, ottimizzazione della protezione ed applicazione della dose limite, possono essere riferiti anche alle NIR e la raccomandazione più stringente consiste nel mantenere l'esposizione sempre al disotto dei limiti per la comparsa dei primi effetti critici.

Infine è stata ribadita l'importanza di una comunicazione corretta e trasparente mirata alla gestione ottimale della percezione del rischio. Tale comunicazione deve essere fatta in modo mirato, trovando messaggi adatti ad ogni singola categoria: pazienti, pubblico generale, operatori sanitari, produttori.

L'esposizione dei bambini ai campi GSM a 900 MHz emessi da telefoni cellulari può influire sulla memoria a breve termine? Studio epidemiologico su un gruppo di alunni di scuola elementare

Al giorno d'oggi, l'utilizzo del telefono cellulare inizia in età molto precoce, determinando una prematura esposizione di bambini e adolescenti ai campi elettromagnetici a radiofrequenza emessi dai terminali mobili.

Ciò ha portato ad un aumento della preoccupazione da parte della popolazione e soprattutto dei genitori riguardo ai potenziali effetti sulla salute dei bambini derivanti dalla esposizione precoce ai campi a radiofrequenza.

Numerosi studi hanno dimostrato che i bambini sono maggiormente sensibili ai campi a radiofrequenza rispetto agli adulti, e ciò è determinato da una moltitudine di fattori perlopiù noti: in primo luogo il sistema nervoso dei bambini, essendo costantemente in via di sviluppo, presenta una elevata suscettibilità all'esposizione ai campi a radiofrequenza; in secondo luogo, le ridotte dimensioni della testa dei bambini, unite al limitato spessore della scatola cranica, favoriscono una maggiore penetrazione del campo elettromagnetico ed un maggiore assorbimento da parte dei tessuti del cervello; infine, il fatto che i bambini abbiano

un'aspettativa di vita più lunga rispetto agli adulti si riflette a livello dosimetrico in una esposizione più elevata dal punto di vista della durata (Kheifets et al, 2005).

Inoltre, altri studi hanno riportato che, a parità di frequenza incidente, anche il tasso di assorbimento specifico (SAR) relativo al cervello dei bambini è superiore rispetto a quello degli adulti. Le differenze di dimensione e forma del cranio, il contenuto d'acqua e la distribuzione dei tessuti cerebrali potrebbero essere tra le cause principali di questo picco di SAR nei bambini e della loro maggior vulnerabilità rispetto agli adulti.

Allo scopo di verificare l'ipotesi che nei bambini l'esposizione a campi a radiofrequenza possa influire sulla memoria a breve termine e sui tempi di reazione, due parametri neurologici strettamente correlati, Movvahedi e collaboratori hanno condotto uno studio intitolato "Does exposure to GSM 900 MHz mobile phone radiation affect short-term memory of elementary school students?" e pubblicato a maggio 2014 sulla rivista internazionale Journal of Pediatric Neurosciences.

Il tempo di reazione svolge un ruolo fondamentale per la realizzazione di alcune attività necessarie ad esempio ad evitare pericoli. Il tempo di reazione varia ampiamente da un individuo all'altro, ed un suo esagerato aumento può essere alla base di incidenti a volte anche mortali. Lo stesso gruppo di ricercatori aveva precedentemente studiato gli effetti della esposizione ai campi elettromagnetici sui tempi di reazione in un campione di studenti universitari giungendo alla conclusione che una esposizione della durata di 10 minuti ai campi a radiofrequenza emessi dai telefoni cellulari può influenzare in maniera significativa il tempo di reazione agli stimoli visivi. L'esposizione al campo a RF sembrerebbe infatti diminuire i tempi di reazione, migliorando la risposta agli stimoli; questo effetto era già stato evidenziato nel personale operante in prossimità di apparati radar.

Lo studio presentato ha la finalità di investigare gli effetti a breve termine della esposizione di bambini a campi a radiofrequenza, per quanto riguarda memoria e tempi di reazione.

A tal fine, un gruppo di 60 alunni maschi frequentanti la stessa scuola elementare, con un'età compresa tra 7 e 10 anni, sono stati esposti in successione per 10 minuti ad un campo a 900 MHz (simile a quello emesso da telefoni cellulari e stazioni radiobase GSM) e per i seguenti 10 minuti ad uno stato di assenza di campo (sham exposure). Al fine di aumentare la potenza statistica e ridurre il margine di errore, le due esposizioni, reale e fittizia, sono state ripetute per 10 volte con un intervallo di 30 minuti tra un ciclo espositivo ed il successivo. Ai bambini veniva chiesto di svolgere determinate azioni in risposta ad un segnale visivo che compariva sullo schermo del computer; i parametri neurologici (memoria a breve termine e tempo di reazione) sono stati valutati tramite un software appositamente progettato e modificato per l'utilizzo su bambini.

Gli alunni sono stati informati che durante l'esperimento sarebbero stati esposti a campi elettromagnetici emessi dal telefono cellulare, ma non erano a conoscenza dell'ordine delle esposizioni (reali o fittizie), che è stato scelto in maniera casuale per ciascun partecipante.

L'esposizione al campo a radiofrequenza è stata ottenuta tramite un telefono cellulare operante in talk mode ma con gli autoparlanti disconnessi in modo da non produrre alcun suono. Il SAR relativo al terminale mobile utilizzato, era pari a 1.45 W/kg.

I risultati ottenuti hanno dimostrato che una esposizione ai campi a 900 MHz della durata di 10 minuti non altera il tempo di reazione agli stimoli visivi negli studenti delle scuole elementari, mentre se l'esposizione viene prolungata per un periodo di tempo maggiore, si ha un effetto consistente in un miglioramento della memoria a breve termine.

Dal punto di vista delle conoscenze scientifiche, questo è il primo studio a dimostrare che l'esposizione di studenti delle scuole elementari a campi a radiofrequenza può portare ad un aumento nella performance della loro memoria a breve termine.

Questo risultato è in linea con alcuni studi condotti in precedenza da altri gruppi di ricercatori, che hanno dimostrato effetti positivi dell'esposizione a campi a radiofrequenza sulle capacità cognitive (Arns et al, 2007), ma è in contrasto con altri studi, come l'indagine condotta da un gruppo di scienziati australiani che avevano riscontrato un aumento del tempo di reazione

dopo l'esposizione ai campi a radiofrequenza ed anche con i risultati delle indagini condotte nel 2006 dalle quali è emerso che i campi prodotti dai telefoni cellulari non producono nessun effetto a livello di risposte agli stimoli visivi e nessuna variazione nelle capacità di movimento e nei tempi di reazione, anche per esposizioni dell'ordine dei 30 minuti.

Gli autori hanno posto l'attenzione sul fatto che l'incremento della memoria a breve termine potenzialmente associato all'esposizione ai campi a radiofrequenza potrebbe aprire nuovi orizzonti nel trattamento di alcune patologie di deficit cognitivo. Ulteriori studi si rendono comunque necessari al fine di confermare il risultato ottenuto.

Glossario:

tempo di reazione: intervallo di tempo tra lo stimolo e la risposta

Bibliografia :

Arns M, Van Luitelaar G, Sumich A, Hamilton R, Gordon E. Electroencephalographic, personality, and executive function measures associated with frequent mobile phone use. *Int J Neurosci.* 2007;117:1341–60.

Kheifets L, Repacholi M, Saunders R, van Deventer E. The sensitivity of children to electromagnetic fields. *Pediatrics.* 2005;116:e303–13.

Kleinlogel H, Dierks T, Koenig T, Lehmann H, Minder A, Berz R. Effects of weak mobile phone – Electromagnetic fields (GSM, UMTS) on event related potentials and cognitive functions. *Bioelectromagnetics.* 2008;29:488–97.

Leung S, Croft RJ, McKenzie RJ, Iskra S, Silber B, Cooper NR, et al. Effects of 2G and 3G mobile phones on performance and electrophysiology in adolescents, young adults and older adults. *Clin Neurophysiol.* 2011;122:2203–16.

Mortazavi SM, Rouintan MS, Taeb S, Dehghan N, Ghaffarpanah AA, Sadeghi Z, et al. Human short-term exposure to electromagnetic fields emitted by mobile phones decreases computer-assisted visual reaction time. *Acta Neurol Belg.* 2012;112:171–5.

Valentini E, Ferrara M, Presaghi F, De Gennaro L, Curcio G. Systematic review and meta-analysis of psychomotor effects of mobile phone electromagnetic fields. *Occup Environ Med.* 2010;67:708–16.

Vecchio F, Buffo P, Sergio S, Iacoviello D, Rossini PM, Babiloni C. Mobile phone emission modulates event-related desynchronization of α rhythms and cognitive-motor performance in healthy humans. *Clin Neurophysiol.* 2012;123:121–8.

Al SAIE 2014 si parlerà di tecnologie connesse per smart home e campi elettromagnetici.

L'utilizzo di tecnologie ICT per smart home consente di collegare dispositivi e apparati ad uso domestico per diverse finalità, inclusi il controllo remoto e il monitoraggio dei consumi. La

progressiva affermazione delle tecnologie di *Internet of Things* (IoT), attraverso comunicazioni radio (etichette RFID, sensori, attuatori, WiFi, telefoni cellulari) e l'interazione e la cooperazione di diversi apparati per la gestione intelligente ed efficiente dell'ambiente domestico (sistemi di allarme, luci, teleriscaldamento, ecc.), permetterà all'utente di fruire con una maggiore consapevolezza dei servizi a propria disposizione e di sperimentare un ambiente domestico altamente interconnesso e confortevole.

Di questo si parlerà nel Seminario al quale sono stati invitati in veste di oratori, Fondazione Ugo Bordoni e Consorzio Elettra 2000. Il seminario si svolgerà il giorno 23 ottobre dalle 14 alle 15:30 nella sala Meucci nell'ambito della manifestazione fieristica SAIE 2014 e tratterà aspetti tecnici e architetture legati all'implementazione di sistemi avanzati e intelligenti per la gestione dei consumi EMS (Energy Management System) attraverso l'impiego delle tecnologie IoT.

Si affronteranno inoltre aspetti di impatto elettromagnetico ambientale legati all'uso di tecnologie connesse in ambiente domestico, inclusi i sistemi di comunicazione radio (reti cellulari, WiFi) e i dispositivi a corto raggio.

Oltre al seminario in oggetto, Fondazione Ugo Bordoni, Consorzio Elettra 2000, Fondazione Marconi e Marconi Institute for Creativity saranno presenti con uno stand all'interno del quale verranno presentate le attività dei quattro gruppi aventi sede a Villa Griffone.

Media Duemila pubblica uno speciale su “Esposizione personale e uso del cellulare. Le norme e la scienza”

L'utilizzo sempre crescente di smartphone e tablet ha modificato profondamente le modalità di esposizione ai campi elettromagnetici degli utilizzatori di terminali mobili.

I progressi della ricerca scientifica riguardo agli effetti dell'esposizione ed alle interazioni tra campi elettromagnetici e materia vivente sono continui ed i risultati notevoli.

L'aumento continuo delle capacità di calcolo ha reso possibile esplorare l'effetto della radiazione elettromagnetica alle varie frequenze, dai campi statici alle microonde, arrivando a risposte quasi definitive, per quanto riguarda le interazioni elementari, e quindi costruire, a partire da questi mattoni di base, una conoscenza degli effetti a livelli più elevati, senza la necessità di sperimentazioni, ma con la facilità e ripetibilità delle simulazioni al computer.

Nel [numero 301 di Media Duemila](#), curato dalla Fondazione Ugo Bordoni, si parla di esposizione personale ed uso del cellulare con studi di ARPA Piemonte e del Consorzio Elettra 2000 che si concentrano sull'analisi dell'esposizione umana in funzione delle condizioni di utilizzo dei terminali, anche in dipendenza delle scelte progettuali delle reti radiomobili.

Nell'introdurre gli studi, Gabriele Falciasecca, Presidente della Fondazione Marconi e del Comitato Scientifico di Elettra 2000, ricorda che la normativa italiana abbraccia un'impostazione riferita solo a grandezze ambientali che esclude i terminali mobili e sottolinea: “Nel nostro Paese la normativa ha i suoi fondamenti in un decreto, il 381, del 1998. A distanza di più di quindici anni, con l'uso dei terminali wireless molto orientato ai dati, come con gli smartphone e i tablet, che ha modificato profondamente le modalità di esposizione assieme alla richiesta di capacità, con una integrazione europea più avanzata, che imporrebbe ugual trattamento in tutti i Paesi della UE per cittadini e imprese, la politica potrebbe riprendere in considerazione l'argomento, avviando rapidamente una operazione di assessment scientifico a seguito della quale inizialmente si potrebbe riportare la legge all'interno della scienza e poi, con i tempi debiti, revisionare limiti, modalità di misura ecc.”.

Il lavoro svolto da ARPA Piemonte, commissionato dal CORECOM della stessa Regione, riguarda i fattori che possono influenzare l'esposizione di una persona ai campi a radiofrequenza emessi dai telefoni cellulari (livello di ricezione del segnale, tipo di rete, utilizzo o meno di auricolari). La conoscenza di questi fattori può consentire un utilizzo più

consapevole del cellulare per controllare e, ove possibile minimizzare, l'esposizione ai campi a radiofrequenza. Come frutto dello studio svolto, ARPA Piemonte ha sviluppato e reso disponibile al pubblico un'applicazione per smartphone, chiamata SARPAPER operativa in ambiente Android. La app permette di monitorare i parametri che concorrono alla esposizione, in dettaglio: durata di ogni singola chiamata vocale, tipo di rete in cui avviene il traffico, livello del segnale ricevuto, dispositivo utilizzato (nessuno, viva voce, auricolare). Il codice sorgente dell'applicazione, sviluppata in ambiente open source e distribuita a titolo gratuito è accessibile a tutti al seguente indirizzo: <https://github.com/sarpaper/android>

Elettra 2000 presenta invece un lavoro di analisi di misure sperimentali che ha confermato che le potenze trasmesse dai terminali sono tanto maggiori quanto minore è il livello del segnale ricevuto (situazione di copertura sub ottima); dal confronto tra valori misurati e valori ottenuti tramite simulazione numerica sono emerse importanti indicazioni su come evidenziare l'effetto che la pianificazione sub ottima di una rete può avere in termini di aumento dei livelli di campo elettrico nell'ambiente e di esposizione personale.

Elettra 2000 presenta invece un lavoro di analisi dei valori di potenza trasmessa dai terminali mobili per diversi layout della rete cellulare, così da ottenere anche una caratterizzazione della variabilità della potenza trasmessa in diversi ambienti (es. urbano, suburbano o area aperta).

Le analisi di misure sperimentali hanno confermato che le potenze trasmesse dai terminali sono tanto maggiori quanto minore è il livello di segnale ricevuto e il confronto tra valori di misura e stime simulative ha fornito le prime indicazioni su come evidenziare l'effetto che la pianificazione sub-ottima di una rete può avere in termini di aumento dell'esposizione personale. Ciò sottolinea l'importanza di adottare nuovi criteri di ottimizzazione per la pianificazione cellulare che perseguano sia la minimizzazione dell'esposizione ambientale che quella personale dovuta ai terminali.

Campi magnetici statici a bassa intensità su colture primarie neuronali: ipotesi di effetto protettivo

I campi magnetici statici possono interagire con un'elevata varietà di tessuti biologici, incluse le cellule del sistema nervoso centrale, influenzando anche profondamente processi e meccanismi chiave come l'espressione genica (Hirai and Yoneda, 2004; Tenuzzo et al., 2009), la proliferazione e la differenziazione cellulare (Nakamichi et al., 2009).

Moltissimi studi fin qui condotti sembrano attribuire ai campi magnetici statici un effetto di induzione dell'apoptosi in diverse linee cellulari non neuronali, in particolare in alcune linee cellulari di origine monocitica (Fanelli et al., 1999; Chionna et al., 2003; Cerella et al., 2011), nelle linee cellulari caratteristiche del linfoma, nei linfociti T, nei timociti (Flipo et al., 1998; Tenuzzo et al., 2006) e nelle cellule caratterizzanti il glioblastoma (Teodori et al. 2002), sottolineando come un meccanismo del genere, operante sui neuroni possa costituire una spiegazione all'insorgenza di patologie neurovegetative come ad esempio il morbo di Alzheimer.

Tale meccanismo però non è mai stato osservato sulle cellule del sistema nervoso primario (neuroni corticali e dell'ippocampo) e non è stato nemmeno possibile, a tutt'oggi, ipotizzare un modello.

I pochi modelli teorici e numerici ipotizzano una interazione fisica primaria tra il campo magnetico statico ed un target molecolare che da luogo ad una cascata di eventi, sempre a livello fisico, che in ultima istanza agiscono modificando il flusso degli ioni Ca^{2+} (Bawin and Adey, 1976; Bian et al., 1997; Gobba et al., 2003; Liboff et al., 2003; Grassi et al., 2004; Tenuzzo et al., 2006; Piacentini et al., 2008; Wang et al., 2010).

L'evidenza di un'eventuale modulazione da parte dei campi magnetici statici sulla progressione dell'apoptosi in cellule neuronali potrebbe rappresentare un sistema sperimentale idoneo per lo studio in vitro di alcune patologie neurodegenerative come l'Alzheimer, dove il meccanismo di apoptosi potrebbe rivestire un ruolo chiave nella progressione della malattia (Hartmann et al., 2000; Tatton, 2000; Mattson, 2006).

Nello studio, "Neuroprotective effect of weak static magnetic fields in primary neuronal cultures" condotto da Yakir-Blumkin e pubblicato a settembre 2014 sulla rivista internazionale *Neuroscience*, gli autori hanno valutato l'effetto dei campi magnetici statici a bassa intensità sulla sopravvivenza cellulare (e di riflesso sull'apoptosi) in neuroni dell'ippocampo e della corteccia primaria.

Colture cellulari contenenti neuroni corticali e dell'ippocampo e cellule gliari primarie precedentemente trattate con una sostanza (etoposide fosfato) induttrice dell'apoptosi sono state esposte a campi magnetici statici a bassissima intensità (massimo 50 G) per un periodo di 7 giorni.

Per vedere il procedere del fenomeno apoptotico è stato utilizzato un microscopio a fluorescenza collegato ad una fotocamera. Condensazione di cromatina e presenza di nuclei frammentati sono stati considerati come indicativi di una apoptosi in atto.

Il conteggio del rapporto tra neuroni in apoptosi e neuroni non in apoptosi è stato fatto per zone scelte con criterio random, le elaborazioni statistiche sono state fatte tramite un software appositamente predisposto.

Terminati i sette giorni di esposizione, le colture sono state trattate con una tintura calcio sensibile (Indo-1 acetomethyl ester); dalla analisi delle lunghezze d'onda emesse dalle colture trattate è stato possibile risalire alle concentrazioni di calcio ionico

Analizzando i risultati, gli autori hanno evidenziato che l'esposizione ai campi magnetici statici a bassa intensità (fino a 50 G) di neuroni corticali rallenta la percentuale di cellule che incorrono nell'apoptosi in seguito a somministrazione di una sostanza pro apoptotica, ciò si accompagna ad una diminuzione dell'espressione dei markers pro apoptotici; tale effetto sembra essere dipendente dalla intensità del campo magnetico somministrato alle colture e dalla durata della esposizione. Il meccanismo risulta essere mediato dall'influsso dello ione Ca^{2+} , prova di questo è il fatto che l'analisi dei neuroni corticali esposti al campo magnetico statico hanno messo in evidenza alterazioni nel flusso del calcio attraverso gli appositi canali in risposta a differenti stimoli.

Secondo gli autori, inoltre, l'esposizione al campo magnetico statico per un periodo della durata di 7 giorni contrasterebbe fortemente l'apoptosi nelle cellule neuronali primarie corticali e dell'ippocampo e fornirebbe una protezione contro l'induzione dell'apoptosi; tale protezione durerebbe fino a 6 ore dopo il termine della esposizione al campo statico, per esaurirsi completamente entro le 24 ore.

Il fatto che l'effetto di protezione sia rimasto attivo per molte ore dopo la rimozione del campo statico fa pensare all'induzione di effetti a lungo termine sulla espressione di alcune specifiche proteine.

Questi risultati hanno messo in evidenza e confermato una potenziale suscettibilità delle cellule del sistema nervoso primario ai campi magnetici statici a bassa intensità e ciò potrebbe avere importanti implicazioni nella progettazione di nuove metodologie per la cura e/o la prevenzione di alcune patologie neurodegenerative.

Ulteriori indagini si rendono comunque necessarie al fine di confermare i risultati ottenuti dal presente studio.

Glossario:

Apoptosi: morte cellulare geneticamente programmata che si verifica diffusamente durante lo sviluppo embrionale e che nell'organismo adulto permette di mantenere sotto controllo il numero delle cellule in tessuti, organi ed apparati.

Etoposide fosfato: antineoplastico di origine vegetale. Risulta essere in grado di indurre apoptosi nelle cellule, soprattutto di natura neoplastica.

G – Gauss: unità di misura del campo magnetico statico. La relazione tra il gauss ed il tesla, la corrispondente unità di misura nel sistema SI è $1 \text{ G} = 100 \mu\text{T}$.

Glioblastoma: tumore altamente maligno da proliferazione di cellule gliali, spesso localizzato nel lobo temporale o occipitale.

Linfociti T: sono i principali responsabili dell'immunità adattativa cellulo-mediata.

Linfoma: patologia neoplastica del tessuto linfoide (linfociti T e B e loro precursori).

Timociti: precursori di linfociti T presenti nel timo, dove vanno incontro a un processo di maturazione, prima di raggiungere il circolo sanguigno.

Bibliografia

Bawin SM, Adey WR (1976) Sensitivity of calcium binding in cerebral tissue to weak environmental electric fields oscillating at low frequency. *Proc Natl Acad Sci USA* 73:1999–2003.

Bian X, Hughes Jr FM, Huang Y, Cidlowski JA, Putney JW (1997) Roles of cytoplasmic Ca^{2+} and intracellular Ca^{2+} stores in induction and suppression of apoptosis in S49 cells. *Am J Physiol* 272:C1241–C1249.

Cerella C, Cordisco S, Albertini MC, Accorsi A, Diederich M, Ghibelli L (2011) Magnetic fields promote a pro-survival non-capacitative Ca^{2+} entry via phospholipase C signaling. *Int J Biochem Cell Biol* 43:393–400.

Chionna A, Dwikat M, Panzarini E, Tenuzzo B, Carla EC, Verri T, Pagliara P, Abbro L, Dini L (2003) Cell shape and plasma membrane alterations after static magnetic fields exposure. *Eur J Histochem* 47:299–308.

Fanelli C, Coppola S, Barone R, Colussi C, Gualandi G, Volpe P, Ghibelli L (1999) Magnetic fields increase cell survival by inhibiting apoptosis via modulation of Ca^{2+} influx. *FASEB J* 13:95–102.

Flipo D, Fournier M, Benquet C, Roux P, Le Boulaire C, Pinsky C, LaBella FS, Krzystyniak K (1998) Increased apoptosis, changes in intracellular Ca^{2+} , and functional alterations in lymphocytes and macrophages after in vitro exposure to static magnetic field. *J Toxicol Environ Health A* 54:63–76.

Gobba F, Malagoli D, Ottaviani E (2003) Effects of 50 Hz magnetic fields on FMLP-induced shape changes in invertebrate 862 immunocytes: the role of calcium ion channels. *Bioelectromagnetics* 24:277–282.

Grassi C, D'Ascenzo M, Torsello A, Martinotti G, Wolf F, Cittadini A, Azzena GB (2004) Effects of 50 Hz electromagnetic fields on voltage-gated Ca^{2+} channels and their role in modulation of neuroendocrine cell proliferation and death. *Cell Calcium* 35:307–315.

Hartmann A, Hunot S, Michel PP, Muriel MP, Vyas S, Faucheux BA, Mouatt-Prigent A, Turmel H, Srinivasan A, Ruberg M, Evan GI, Agid Y, Hirsch EC (2000) Caspase-3: a vulnerability factor and final effector in apoptotic death of dopaminergic neurons in Parkinson's disease. *Proc Natl Acad Sci USA* 97:2875–2880.

Hirai T, Yoneda Y (2004) Functional alterations in immature cultured rat hippocampal neurons after sustained exposure to static magnetic fields. *J Neurosci Res* 75:230–240.

Liboff AR, Cherng S, Jenrow KA, Bull A (2003) Calmodulin-dependent cyclic nucleotide phosphodiesterase activity is altered by 20 microT magnetostatic fields. *Bioelectromagnetics* 24:32–38.

Mattson MP (2006) Neuronal life-and-death signaling, apoptosis, and neurodegenerative disorders. *Antioxid Redox Signal* 8:1997–2006.

Nakamichi N, Ishioka Y, Hirai T, Ozawa S, Tachibana M, Nakamura N, Takarada T, Yoneda Y (2009) Possible promotion of neuronal differentiation in fetal rat brain neural progenitor cells after sustained exposure to static magnetism. *J Neurosci Res* 87:2406–2417.

Piacentini R, Ripoli C, Mezzogori D, Azzena GB, Grassi C (2008) Extremely low-frequency electromagnetic fields promote in vitro neurogenesis via upregulation of Ca(v)1-channel activity. *J Cell Physiol* 215:129–139.

Tatton NA (2000) Increased caspase-3 and Bax immunoreactivity accompany nuclear GAPDH translocation and neuronal apoptosis in Parkinson's disease. *Exp Neurol* 166:29–43.

Tenuzzo B, Chionna A, Panzarini E, Lanubile R, Tarantino P, Di Jeso B, Dwikat M, Dini L (2006) Biological effects of 6 mT static magnetic fields: a comparative study in different cell types. *Bioelectromagnetics* 27:560–577.

Tenuzzo B, Vergallo C, Dini L (2009) Effect of 6 mT static magnetic field on the bcl-2, bax, p53 and hsp70 expression in freshly isolated and in vitro aged human lymphocytes. *Tissue Cell* 41:169–179.

Teodori L, Gohde W, Valente MG, Tagliaferri F, Coletti D, Perniconi B, Bergamaschi A, Cerella C, Ghibelli L (2002) Static magnetic fields affect calcium fluxes and inhibit stress-induced apoptosis in human glioblastoma cells. *Cytometry* 49:143–149.

Wang Z, Che PL, Du J, Ha B, Yarema KJ (2010) Static magnetic field exposure reproduces cellular effects of the Parkinson's disease drug candidate ZM241385. *PLoS One* 5:e13883. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0013883>.
