

PROF. DOTT. ANGELO GINO LEVISGIÀ PROFESSORE ORDINARIO DI
CITOLOGIA, CITOGENETICA E MUTAGENESI AMBIENTALE

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

APPENDICE II
ALLA RELAZIONE

**"EFFETTI BIOLOGICI E SANITARI A BREVE E
A LUNGO TERMINE DELLE RADIOFREQUENZE
E DELLE MICROONDE"**

AGGIORNAMENTO BIBLIOGRAFICO

Settembre 2004

SECONDA APPENDICE – SETTEMBRE 2004

La presente ulteriore Appendice viene presentata ad integrazione e conferma di quanto sostenuto e documentato nella mia Relazione e nella PRIMA APPENDICE – MAGGIO 2004, già licenziati. La presente ulteriore Appendice, datata settembre 2004, illustra alcuni articoli di notevole interesse, comparsi di recente su riviste internazionali qualificate opure ivi citati come importanti, anche se apparsi in precedenza.

È ovviamente disponibile copia completa di tutti i riferimenti dati qui di seguito.

[1] R. Santini, P. Santini, J.M. Danze, P. Le Ruz, M. Seigne : *Symptoms experienced by people in the vicinity of base stations : II/ Incidences of age, duration of exposure, location of subjects in relation to the antennas and other electromagnetic factors*, Pathologie Biologie, **51**, pagg 412-415, 2003

Si tratta del seguito dell'indagine dello stesso Autore, già illustrata nella mia Relazione (pag 80). Qui viene presa in esame la comparsa di sedici sintomatologie tipiche della "sindrome da elettrosensibilità" in 530 soggetti che vivono in prossimità di stazioni radiobase per la telefonia mobile. Gli Autori trovano un aumento statisticamente significativo ($p < 0.05$) della frequenza di tali sintomatologie con l'età dei soggetti (suddivisi in quattro coorti: ≤ 20 anni, da 21 a 40 anni, da 41 a 60 anni, ≥ 60 anni) e con la posizione delle persone esposte rispetto alla direzione di propagazione delle emissioni e.m.: fino a 100 metri di distanza la posizione più nociva è quella "di fronte all'antenna", rispetto a quelle "sotto al livello dell'antenna" o "di lato all'antenna", mentre fino a 300 metri di distanza la posizione più nociva è quella "sotto al livello dell'antenna". Tutto ciò conferma indirettamente la relazione causale tra le sintomatologie esaminate e la radiazione e.m..

Una volta che la sintomatologia è comparsa (in genere entro un anno dall'inizio dell'esposizione) la durata dell'irradiazione successiva non sembra influire sulla intensità o sulla frequenza del disturbo, tranne per l'irritabilità. Interessante è il fatto che la presenza di altre sorgenti e.m. (utilizzo di telefoni cellulari, presenza di trasformatori elettrici o di apparecchi radio -TV) influenza significativamente alcune sintomatologie della elettrosensibilità.

[2] Michael Kundi, Kjell Hansson Mild, Lennard Hardell, Mats-Olof Mattson : *Mobile Telephones and Cancer – a review of epidemiological evidence*, Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B, **7**, pagg 351.-384, 2004.

Si tratta di una accurata e fondamentale revisione critica di tutti gli articoli riguardanti le indagini epidemiologiche sulla relazione tra l'uso del telefono cellulare (analogico e/o digitale) e induzione di cancro. Vengono illustrati e commentati i risultati di nove indagini, pubblicate a tutto il 2002, e già incluse nella mia Relazione (pagg 62-67), con conclusioni sostanzialmente coincidenti. Infatti secondo gli Autori, nonostante alcuni limiti metodologici, tutti gli studi citati, che hanno preso in esame soggetti esposti all'uso del cellulare per un periodo ragionevole (tale cioè da superare il periodo di latenza tra induzione e comparsa del tumore), mettono in evidenza un aumento statisticamente significativo del rischio di cancro con l'uso del telefono cellulare. I rischi più elevati (fino a 3-4 volte superiori alle incidenze nella popolazione non esposta) riguardano i tumori al nervo acustico (neurinomi) ed all'occhio (melanomi uveali). Significativi sono anche gli aumenti di rischio per i tumori cerebrali ipsilaterali, al lobo temporale dello stesso lato della testa, al quale viene appoggiato il cellulare.

Interessante e molto ben documentata anche la rassegna degli studi epidemiologici sulle relazioni tra cancro ed esposizioni professionali o residenziali a campi e.m. ad alta frequenza (radiofrequenze), anche qui con conclusioni coincidenti con quelle esposte nella mia Relazione (pagg 59-62). In sostanza, i dati disponibili non permettono di escludere l'esistenza di un rischio elevato di incidenza di cancro nelle esposizioni a radiofrequenze e microonde. Anzi, i dati epidemiologici basati su tempi di latenza compatibili con lo sviluppo dei tumori mettono sistematicamente in evidenza rischi elevati per lo sviluppo di patologie neoplastiche.

[3] Lennard Hardell, Kjell Hansson Mild and Michael Carlberg : *Further aspects on cellular and cordless telephones and brain tumours*, International Journal of Oncology, **22**, pagg 399-407, 2003

Si tratta di una estensione dei lavori dello stesso Autore già citati nella mia Relazione (pagg 64-65). La presente ricerca riguarda la relazione tra l'uso di telefoni cellulari e cordless e induzione di tumori cerebrali in una popolazione di 1617 pazienti affetti da questa patologia. I risultati confermano un aumento statisticamente significativo del rischio di tumori (astrocitomi cerebrali e neurinomi al nervo acustico) localizzati nell'area temporale ipsilaterale, cioè nello stesso lato della testa che viene usato durante l'uso del cellulare. Interessante l'osservazione di un aumento del rischio con l'aumento della durata dell'uso del cellulare.

[4] Lennard Hardell, Kjell Hansson Mild, Monica Sandström, Michael Carlberg, Arne Hallquist, Anneli Pålsson: *Vestibular Schwannoma, Tinnitus and Cellular Telephones*, *Neuroepidemiology*, **22**, pagg 124-129, 2003.

In questo lavoro gli autori analizzano l'incidenza di neurinomi al nervo acustico nella popolazione svedese nel periodo 1960-1979 (durante il quale si diffusero soprattutto i cellulari analogici E-TACS) e nel periodo 1980-1998 (prevalenza dei cellulari digitali GSM), e mettono in evidenza un aumento di rischio per questi tumori ipsilaterali legato all'uso di entrambi i tipi di telefoni cellulari.

[5] A.G. Johnson Liakouris: *Radiofrequency (RF) Sickness in the Lilienfeld Study: An effect of Modulated Microwaves?*, *Archives for Environmental Health*, **53**, pagg 236-238, 1998

Si tratta di una interessante, anche se non recente, ma spesso citata, revisione della letteratura scientifica americana relativa alla "sindrome da elettrosensibilità", con particolare riferimento allo studio di Lilienfeld *et al.* sugli addetti all'Ambasciata americana a Mosca durante il periodo della guerra fredda (cfr pag 59 della mia Relazione). Secondo l'Autore, l'analisi statistica dei dati citati in tale studio fornisce una chiara evidenza circa il fatto che i casi di elettrosensibilità osservati sono correlati con l'esposizione cronica degli addetti all'Ambasciata ad attrezzature che emettevano radiazioni a microonde modulate, anche se di intensità molto bassa. Secondo l'Autore tale correlazione era ben nota e documentata nella letteratura medica sovietica fin dagli anni cinquanta del secolo appena concluso.

[6] Kemal Balikci, I. Cem Ozcam, Dilek Turgut-Balik, Hasan H. Balik: *A survey study on some neurological symptoms and sensations experienced by long term users of mobile phones*, *Pathologie Biologie*, **52**, pagg 1-5, 2004

Si tratta di una indagine epidemiologica pubblicata da poco e condotta in Turchia (Università di Firat, Elazig) su 695 soggetti, 502 dei quali maschi, utilizzatori abituali e da lungo tempo di telefoni cellulari. L'indagine ha messo in evidenza un aumento statisticamente significativo della frequenza di alcune sintomatologie tipiche della elettrosensibilità (male di testa, irritabilità, trascuratezza, perdita della memoria, aumento del tempo di reazione, disturbi auditivi, ecc.).

[7] M. Sandström, J. Wilén, G. Oftedal, K. Hansson Mild : *Mobile phone use and subjective symptoms. Comparison of symptoms experienced by users of analogue and digital mobile phones*, *Occup Med*, **51**, pagg 25-35, 2001

Gli Autori hanno esaminato l'incidenza di alcuni sintomi della elettrosensibilità su un campione di 6379 utilizzatori di cellulari digitali (GSM) e 5613 analogici E-TACS in Svezia e su un campione di 2500 utilizzatori per ciascun gruppo in Norvegia. Essi trovano un aumento del rischio di tali sintomatologie (in particolare per la sensazione di calore vicino all'orecchio e per i mali di testa e l'affaticamento) maggiore per gli utilizzatori di E-TACS che per gli utilizzatori di GSM. Inoltre lo studio rivela una associazione statisticamente rilevante tra l'intensità e la prevalenza di queste sintomatologie e la durata o il numero delle telefonate effettuate (sia per E-TACS che per GSM).

[8] James C. Lin: *Human EEG and Microwave radiation from cell phones*, *IEEE microwave magazine*, pagg 34-38, June 2004

Interessante e recente articolo che sottolinea l'alta vulnerabilità del sistema nervoso centrale, ed in particolare della corteccia cerebrale, agli stimoli e.m. esogeni e che illustra le principali caratteristiche del tracciato elettroencefalografico, in particolare durante il sonno. Riassume poi brevemente una serie di studi sperimentali su volontari esposti alle emissioni della telefonia cellulare digitale pulsata (specificando per ogni studio la frequenza "portante", per es. 900 MHz, e le frequenze estremamente basse usate per la ripetizione degli impulsi, ad es. 2.8 Hz, 8 Hz, 217 Hz). Fra le conclusioni, da notare l'affermazione – rilevante ai fini del presente dibattito – che la radiazione a microonde pulsata, usata per la telefonia mobile digitale, è in grado di modificare alcune attività elettriche del cervello umano, sia durante il sonno che nella fase di veglia. A questo proposito si veda anche quanto già riportato nella mia Relazione (pagg 81 e 89-90) e nella Prima Appendice – maggio 2004 (rif [1]).

[9] Gabriele Freude, Peter Ullsperger, Siegfried Eggert and Ingeburg Ruppe: *Effects of Microwaves emitted by Cellular Phones on Human Slow Brain Potentials*, *Bioelectromagnetics*, **19**, pagg 384 – 387, 1998

Articolo non recente, ma che conferma, mediante un esperimento di esposizione su volontari alle emissioni della telefonia cellulare digitale, l'influenza che queste hanno su alcuni potenziali elettrici in varie regioni del cervello, anche ad intensità prive di effetti termici.

[10] D.L. Hamblin and A.W. Wood : *Effects of mobile phone emissions on human brain activity and sleep variables*, *Int. J. Radiat. Biol.*, **78**, pagg 659-669, 2002

Articolo importante, nel quale vengono passati in rassegna 14 studi sulle modificazioni dell'attività elettrica cerebrale in volontari sottoposti ad una emissione e.m. di un telefono mobile digitale. Nonostante alcune discrepanze tra uno studio e l'altro, nella maggior parte dei casi viene messa in evidenza una stimolazione della banda alfa dell'EEG, come già osservato negli esperimenti su animali. Il fenomeno viene attribuito alle frequenze estremamente basse emesse dalle batterie dei telefoni cellulari. Diversi effetti sulle attività cerebrali sono comuni alle emissioni modulate e non modulate. Infine gli effetti di tali emissioni sull'attività cerebrale permangono fino ad un'ora dopo la fine dell'irradiazione.

[11] C.M. Cook, A.W. Thomas and F.S. Prato : *Human Electrophysiological and Cognitive Effects of Exposure to ELF Magnetic and ELF Modulated RF and Microwave Fields : A Review of Recent Studies*, *Bioelectromagnetics*, **23**, pagg 144-157, 2002

Si tratta di una rassegna recente sugli studi riguardanti gli effetti sulla elettrofisiologia del cervello umano e sulle capacità cognitive e percettive in volontari esposti alle emissioni modulate della telefonia cellulare (quindi emissioni con componenti a frequenze estremamente basse). Gli autori sottolineano la variabilità dei risultati ottenuti e – con lo scopo di chiarirne la portata – suggeriscono alcuni approcci sperimentali al fine di valutare le relazioni esistenti tra la cascata di eventi, che uniscono i meccanismi biofisici iniziali (per mezzo dei quali il tessuto cerebrale identifica i segnali e.m.) ai cambiamenti neuronali e cognitivi che ne conseguono.

[12] A.W. Preece, G. Iwi, A. Davies-Smith, K. Wesnes, S. Butler, E. Lim and A. Varey: *Effect of a 915-MHz simulated mobile phone signal on Cognitive function in man*, *Int. J. Radiat. Biol.*, **75**, pagg 447-456, 1999.

Due gruppi di volontari, ciascuno composto da 36 soggetti, sono stati irradiati con un segnale e.m. a 915 MHz, analogo a quello emesso da un cellulare GSM, continuo o modulato a frequenza estremamente bassa (217 Hz). L'irradiazione corrisponde – per posizione, dimensioni dell'area interessata, durata e intensità – alle condizioni che si verificano durante l'uso di un cellulare, e anche i valori di assorbimento specifico (SAR) sono quelli tipici di molte situazioni reali. In un gruppo vengono analizzati gli effetti su diverse funzioni cognitive, nell'altro gli effetti sul sonno, sul consumo di alcol o di qualsiasi altra sostanza che possa alterare la risposta al test. In entrambi i gruppi l'unica risposta significativamente alterata dall'irradiazione è – tra le funzioni cognitive – il tempo di reazione. La risposta è dipendente dall'età e dal sesso del soggetto, il che rafforza la significatività del test. Infine l'effetto è consistente con le attività neurofisiologiche, che sono coordinate dall'area del cervello che viene irradiata nel test.

[13] Joanna Wilén, Monica Sandström, Kjell Hansson Mild : *Subjective symptoms Among Mobile Phone Users – A consequence of Absorption of Radiofrequency fields ?*, *Bioelectromagnetics* **24**, pagg 152-159, 2003.

In uno studio epidemiologico precedente, vedi referenza [7] sopra, questo gruppo di Autori aveva riscontrato la prevalenza di sintomatologie tipiche della elettrosensibilità tra gli utilizzatori di cellulari digitali (GSM), con un aumento delle sintomatologie proporzionale alla durata ed al numero delle telefonate giornaliere. In questo articolo si riportano i dati relativi a 2402 soggetti, utilizzatori abituali di uno tra quattro diversi modelli di telefoni GSM. I dati riguardano informazioni circa la prevalenza dell'una o dell'altra sintomatologia (tra circa dieci sintomatologie proprie della elettrosensibilità), la durata e il numero delle telefonate giornaliere ed i valori SAR di assorbimento specifico. Dall'analisi di questi dati emerge che valori di SAR superiori a 0.5 W/Kg rappresentano un fattore importante per la prevalenza significativa di diverse sintomatologie (in particolare vertigini, senso di sconcerto, vampate di calore), specialmente in presenza di telefonate di lunga durata.

[14] Darius Leszczynski, Sakari Joenväärä, Jukka Reivinen and Reetta Kuokka: *Non thermal activation of the hsp27/p38MAPK stress pathway by mobile phone radiation in human endothelial cells : Molecular mechanism for cancer – and blood-brain barrier-related effects*, *Differentiation*, **70**, pagg 120-129, 2002

Si tratta di una estensione degli studi dello stesso Autore principale (Leszczynski) già citati nella mia Relazione (pagg 80-81, referenza 149). Qui gli Autori esaminano l'effetto di una esposizione a livelli "non termici" di irradiazione con un telefono GSM a 900 MHz su una linea di cellule di origine umana coltivate *in vitro*, in particolare per quanto riguarda l'attivazione di "proteine da stress" (dette anche *heat shock proteins*). Si tratta di proteine la cui sintesi aumenta quando le cellule sono sottoposte a vari tipi di stress, non solo di natura termica, ed il cui ruolo è di riparare gli effetti dello stress a livello molecolare (in particolare la denaturazione delle proteine strutturali o enzimatiche, essenziali per la funzionalità cellulare). La messa in evidenza dell'attivazione della sintesi delle "proteine da stress" da parte dei campi e.m. indica perciò la produzione di danni molecolari da parte dell'esposizione e.m., mentre la riduzione della loro sintesi dopo esposizioni e.m. prolungate mette in evidenza la diminuita capacità di riparare tali danni.

In questo importante lavoro gli Autori dimostrano che l'esposizione per 1 (una) ora a livelli "non termici" di irradiazione GSM provoca cambiamenti significativi dello stato di fosforilazione (quindi di attività) di numerose "proteine da stress", il che può essere prevenuto usando uno specifico inibitore di un enzima (proteino-chinasi) attivato da stimolatori della moltiplicazione cellulare. Il quadro degli effetti osservati, che si verificano in condizioni di stabilità termica (37 ± 3 °C, controllati con apposite sonde o "probes"), induce gli Autori ad ipotizzare che l'attivazione (via fosforilazione) delle "proteine da stress" ad opera della radiazione e.m. GSM possa:

- 1) facilitare lo sviluppo di tumori cerebrali mediante inibizione della "morte cellulare programmata" (apoptosi);
- 2) provocare un aumento della permeabilità della barriera emato-encefalica mediante stabilizzazione delle cellule endoteliali.

Questi eventi, quando si verificano ripetutamente nell'arco di un lungo intervallo di tempo, possono rappresentare un rischio sanitario molto serio a causa dell'accumulo di danni cerebrali. Gli Autori ipotizzano anche che altri fattori di danno cerebrale possano concorrere nella induzione degli effetti provocati dalla radiazione e.m. sopra descritti.

[15] Thomas Linde and Kjell Hansson Mild : *Measurement of Low Frequency Magnetic Fields from Digital Cellular Telephones*, *Bioelectromagnetics* **18**, pagg 184-186, 1997.

Questo articolo, per quanto datato, è importante perchè spiega il meccanismo attraverso il quale viene realizzata la pulsazione delle microonde nella telefonia cellulare digitale, indica le principali frequenze (estremamente basse) presenti in questo sistema, e da un'idea dei valori di campo magnetico indotto che queste possono produrre (fino ad 1.8 microTesla, cioè quasi dieci volte il valore al di sopra del quale si riscontra un aumento statisticamente significativo di leucemie infantili nelle esposizioni residenziali alle bassissime frequenze proprie delle linee elettriche ad alta tensione!)

[16] C.M. Krause, L. Sillanmäki, M. Koivisto, A. Häggqvist, C. Saarela, A. Revonsuo, M. Laine and H. Hämäläinen: *Effects of electromagnetic field emitted by cellular phones on EEG during a memory task*, *NeuroReport*, **11**, pagg 761-764, 2000, Lippincot Williams & Wilkins

Lavoro sperimentale. Nell'esperimento sedici volontari vengono sottoposti ad un'emissione tipica di un cellulare digitale (902 MHz, con frequenze di pulsazione di 4-6 Hz, 6-8 Hz, 8-10 Hz, 10-12 Hz), verificando i tracciati EEG e l'influenza dell'esposizione e.m. sulla capacità di memoria dei soggetti in esame. Si trova che la frequenza di 8-10 Hz è la più efficace nel modificare il tracciato EEG e concludono affermando che l'emissione del cellulare modifica significativamente le funzioni cerebrali collegate con la capacità di memorizzazione. Si noti che questo lavoro sperimentale è stato fatto con parziale finanziamento Nokia. Si vedano ulteriori commenti alle referenze [17], [18], [19].

I seguenti tre articoli verranno commentati assieme:

[17] Mika Koivisto, Christina M. Krause, Antti Revonsuo, Matti Laine and Heikki Hämäläinen: *The Effects of electromagnetic field emitted by GSM phones on working memory*, *NeuroReport*, **11**, pagg 1641-1643, 2000, Lippincot Williams & Wilkins

[18] Christian Haarala, Linda Björnberg, Maria Ek, Matti Laine, Antti Revonsuo, Mika Koivisto, and Heikki Hämäläinen: *Effect of a 902 MHz Electromagnetic Field Emitted by cellular telephones on response time in Humans*, *Bioelectromagnetics* **24**, pagg 283-288, 2003.

[19] Mika Koivisto, Antti Revonsuo, Christina Krause, Christian Haarala, Laura Sillanmäki, Matti Laine, and Heikki Hämäläinen: *Effects of 902 MHz Electromagnetic field emitted by Mobile Phones on Human Cognitive Function: A Replication Study*, *NeuroReport*, **11**, pagg 413-415, 2000, Lippincot Williams & Wilkins.

Questi tre articoli, prodotti dallo stesso gruppo di ricercatori, suggeriscono, al contrario di quanto riportato dai lavori precedentemente citati nella mia Relazione e nei due Aggiornamenti Bibliografici ad essa riferiti, che l'esposizione di volontari a una radiazione e.m. GSM migliora (e non peggiora) le funzioni cognitive (in particolare i tempi di risposta e la memoria). In sostanza, secondo gli Autori, l'uso del cellulare favorirebbe le prestazioni nell'uomo, agendo in maniera benefica sulle funzioni cerebrali. Da segnalare però il fatto che, come altri lavori del tutto tranquillizzanti per quanto riguarda i possibili effetti sanitari delle emissioni della telefonia cellulare citati nella mia Relazione (per es. pag 51 e pag. 62), anche questi tre lavori, come indicato nelle note a piè pagina o prima del "summary", sono stati finanziati da uno dei principali produttori di telefoni cellulari (Nokia Corporation)!

