

1. I meccanismi d'azione

I risultati ottenuti dalle ricerche individuano almeno uno dei seguenti **meccanismi d'azione**:

- Il **meccanismo primario** è rappresentato dal vero e proprio avvio del processo.
- Il **meccanismo secondario** è rappresentato dalla fase in cui le conseguenze delle radiazioni iniziano ad essere visibili a livello di fisiologia cellulare, con mutamenti nella composizione molecolare e alterazioni funzionali.
- Il **meccanismo terziario** è rappresentato dalla mutazione fisiologica e patologica, conseguente al meccanismo primario e a quello secondario.

Per far sì che si inneschi il meccanismo primario, secondo gli “esperti ufficiali”, le onde elettromagnetiche emanate da un cellulare o da un ripetitore dovrebbero superare i valori limite e, quindi, provocare un innalzamento termico. In ambito sperimentale si è potuto notare come i campi elettromagnetici sia a bassa, sia ad alta frequenza, con livelli di emissione molto al di sotto della soglia di energia, provochino la formazione di radicali liberi; mentre al di sotto della soglia termica determinino una serie di danni riguardanti le funzioni vitali e riproduttive dell'organismo. Tali ricerche indipendenti (non finanziate dall'industria) affermano che l'energia elettromagnetica influisca sull'organismo, sebbene questa non superi i valori limite e la soglia termica.

L'esposizione a questo tipo di energia provoca lo spostamento dell'equilibrio di una determinata molecola dalla situazione di “singoletto” a quella di “tripletto”: ciò significa che se delle molecole attivate nel trasporto di energia vengono sottoposte a deboli campi magnetici e alle frequenze di tali campi, il loro status si modifica e acquista la forma di “tripletto”, la quale favorisce in alcuni casi la produzione di radicali liberi e di sostanze tossiche. La produzione di esse danneggia il sistema immunitario, la vitalità della



Figura 4 Riscaldamento termico provocato dal cellulare

cellula e il patrimonio genetico. Nel caso in cui questo danneggiamento si prolunghi nel tempo si può sviluppare una degenerazione maligna delle cellule, ovvero il tumore.

Dalle ricerche in tale campo emerge come le radiazioni elettromagnetiche ad alta frequenza, impiegate dalla telefonia mobile, possano dare origine ai radicali liberi. Questo processo riguarda spesso la molecola biradicalica ossigeno (O_2) e la molecola radicale azoto (NO). Se l'organismo non è in grado di neutralizzare o di difendersi dai radicali liberi, permettendo a

questi di attaccare le strutture funzionali, ci si trova in una condizione di stress ossidativo e di stress nitrosativo. Un enzima particolarmente importante nel processo di produzione dei radicali ROS e RNS è la NADH- perossidasi, la quale agisce spingendo gli elettroni al di fuori della membrana cellulare, creando così una quantità consistente di radicali liberi. Questo processo ossidativo risulta direttamente attivato dall'azione delle frequenze della telefonia mobile.¹²

2. Le proteine HSP (Heat Shock Proteins)

Le proteine HSP sono proteine causate da shock termico che si attivano nel momento in cui le cellule sono costrette ad affrontare situazioni di stress. Per questo motivo le proteine possono essere considerate un indicatore della presenza di stress, ma rappresentano allo stesso tempo un fattore fondamentale per individuare l'insorgenza di cellule tumorali, in quanto riescono a rallentare la morte delle cellule difettose e a renderle resistenti alla reazione del sistema immunitario. È stato verificato che le onde elettromagnetiche ad alta frequenza possono stimolare la produzione di proteine da shock termico¹³.

3. Danni alla membrana cellulare

Le cellule che si trovano a contatto con i radicali ROS dell'ossigeno e RNS dell'azoto subiscono gli effetti generati dai campi elettromagnetici. Le strutture maggiormente danneggiate sono la membrana cellulare, gli spermatozoi, la barriera emato-encefalica, quella emato-aerea e quella intestinale.¹⁴

Nel momento in cui le barriere subiscono l'attacco dei radicali liberi, si verifica una perdita di elettroni dal tessuto molecolare di cui esse sono costituite; ne consegue che hanno libero accesso per un certo intervallo di tempo delle sostanze che per natura ne sarebbero escluse, come ad esempio le proteine. Il sistema immunitario reagisce ed attacca le sostanze intruse, innescando infiammazioni e reazioni allergiche. Quando però nelle aree cerebrali accedono le proteine e le amine ed avviano il loro processo di espansione, la reazione dell'organismo a questo attacco può condurre a disturbi funzionali e del comportamento.

¹²Studio Friedman et al. (Department of Biological Regulation, The Weizmann Institute of Science, Rehovot 76100, Israel) in *"The Biochemical Journal"* 01.08.2007, pp. 559-568

¹³Studio Kwee et al. in *Chemico-Biological Interactions* 06.11.1998, pp. 61-77; French et al. *"Electromagnetic hypersensitivity (EHS) and subjective health complaints associated with electromagnetic fields of mobile phone communication—a literature review published between 2000 and 2004."* *Science of the total environment*, (2005), pp. 45-55; Laurence et al., in *Bioelectromagnetics* 25.04.2004, pp. 296-307

¹⁴Studio Leszczynski, *Cytogenetic alterations in human lymphocyte culture following exposure to radiofrequency field of mobile phone;* *"Journal of Applied Pharmaceutical Science"*, 02.02.2012, p.16

Il Prof. Dr. med. Zimmer Guido¹⁵ collaborò con Ulrich Warnke alla stesura della relazione al fine di illustrare, sotto l'aspetto biologico, i mutamenti in ambito molecolare, subiti dalla struttura a seguito di stress elettromagnetico. Nella sua relazione furono trattati anche gli argomenti che seguono.

4. Permeabilità della barriera emato - encefalica

La barriera emato – encefalica protegge il cervello dalle sostanze tossiche, trasportate dalla circolazione sanguigna. L'istituto svedese di radioprotezione *Independent Expert Group*, nella relazione annuale SSI IEG del 2003, ha segnalato come tale barriera sotto l'influsso di campi elettromagnetici, anche deboli, divenga permeabile. I primi risultati in tale ambito furono raggiunti dal gruppo di lavoro guidato da Salford, che mostrò attraverso esperimenti condotti sui ratti un aumento di albumina nelle cellule cerebrali, causato da un'apertura nella barriera emato – encefalica provocato da un cellulare a basso livello di SAR (tasso di assorbimento specifico), persino a distanza di 150 giorni dall'esposizione. I livelli massimi di permeabilità della barriera sono stati raggiunti dalle potenze di trasmissione meno intense, valori che si raggiungono a circa un metro di distanza da un cellulare ed a 150-200 metri di distanza da un'antenna¹⁶.

5. Calo della fertilità

I radicali liberi attaccano i compartimenti intercellulari favorendo la formazione delle sostanze (lisozimi), che, a loro volta, stimolano la produzione di vari enzimi; questo processo danneggia gravemente la cellula. Quelle maggiormente e più fortemente danneggiate sono gli spermatozoi. La conseguenza di ciò è una diminuzione della fertilità. Tale affermazione viene confermata da diversi studi, come ad esempio quello condotto nel 2008 tra le reclute della Marina norvegese, che utilizzano strumentazioni con emissione di radiazioni elettromagnetiche.¹⁷ Prendendo in analisi diversi utilizzatori di cellulari e compiendo una distinzione tra le diverse durate di esposizione quotidiana, è emerso che la qualità del seme, espressa dal numero di spermatozoi, dalla loro motilità e dalla loro durata in vita, risultava strettamente correlata all'utilizzo del telefono cellulare.¹⁸ Altre ricerche provano come il fatto di

¹⁵Professore di biochimica presso l'Università di Francoforte sul Meno, esperto in biomembrane.

¹⁶Studio Salford, Leif G., et al. *Nerve cell damage in mammalian brain after exposure to microwaves from GSM mobile phones; "Environmental health perspectives"*, 11.07.2003, p. 881

¹⁷Studio Moen, Bente E., et al. *Accidental exposure to electromagnetic fields from the radar of a naval ship: a descriptive study*; *International maritime health*, 2013, pp.177-182

¹⁸Studio Agarwal, Ashok, et al. *Effects of radiofrequency electromagnetic waves (RF-EMW) from cellular phones on human ejaculated semen*, (2009), pp. 1318-1325

tenere il telefonino acceso nelle tasche dei pantaloni comprometta seriamente la qualità del seme e faccia aumentare la crescita di spermatozoi caratterizzati come “privi di motilità”.¹⁹ Una ricerca che produsse dati particolarmente interessanti fu lo studio polacco Wdowiak et al. del 2007.

L'esperimento durò due anni e prese in esame lo sperma di 304 uomini. I soggetti esaminati furono divisi in tre gruppi a seconda dell'utilizzo del cellulare: il gruppo A era composto da soggetti senza cellulare, il gruppo B comprendeva soggetti che utilizzavano il cellulare in maniera sporadica, durante i due anni di osservazioni, e il gruppo C composto da utilizzatori



Figura 5

regolari del cellulare. La ricerca tenne in considerazione dati relativi al luogo di residenza, età, abitudini relative al fumo e professione. Al termine dello studio fu rilevata, nei gruppi B e C rispetto al gruppo A, una motilità degli spermatozoi sensibilmente inferiore.

6. Effetti genotossici

I radicali liberi RNS e ROS agiscono anche sul patrimonio ereditario contenuto nel nucleo delle cellule e dei mitocondri²⁰. Sia il DNA contenuto nel nucleo della cellula, sia quello mitocondriale subiscono l'azione dei radicali liberi, ma il primo è dieci volte più sensibile allo stress ossidativo/nitrosativo rispetto al secondo. La presenza media di cellule con nuclei degradati risulta complessivamente maggiore nel gruppo esposto alle radiazioni della telefonia mobile. Nei primi quattro anni di studio emerge anche una stretta correlazione tra la durata dell'esposizione e la presenza di cellule con micronuclei.²¹ La sperimentazione eseguita sui ratti, esposti per 30 giorni, due ore al giorno ad una frequenza della telefonia mobile di 910 MHz (valore SAR pari a 0,42 W/kg) ha evidenziato, in seguito all'esame del

¹⁹Studio Kilgallon, Sarah J., and Leigh W. Simmons. *Image content influences men's semen quality*, (2005), pp.253-255. Studio Erogul, Osman, et al. *Effects of electromagnetic radiation from a cellular phone on human sperm motility: an in vitro study*; (2006), pp. 840-843

²⁰“centrali energetiche” delle cellule

²¹Studio Yadav, Abhay Singh, and Manoj Kumar Sharma, *Increased frequency of micronucleated exfoliated cells among humans exposed in vivo to mobile telephone radiations; Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, (2008), pp. 175-180

midollo osseo, eseguito dopo tale esposizione, formazioni di micronuclei analoghe a quelle che conducono alla leucemia.²² Il DNA del nucleo cellulare viene riparato dall'organismo nel corso della notte, ovviamente questa azione è possibile solamente se durante queste ore non continuano ad influire sull'organismo le cause della formazione di radicali liberi, in questo caso le onde elettromagnetiche emanate dalla telefonia cellulare. Inoltre, i meccanismi di riparazione del DNA contenuto nella cellula non riguardano il DNA mitocondriale, il quale possiede alcune decine di migliaia di coppie, che, dopo essere state danneggiate, non potranno mai più essere ripristinate. In conseguenza di ciò il 40% della produzione energetica della cellula viene a mancare e l'organo che se ne serve risulta compromesso. Il DNA mitocondriale danneggiato può essere trasmesso dalla madre al figlio. Le radiazioni della telefonia mobile sono in grado di accelerare questo processo, ma anche di rallentarlo e, persino, di arrestarlo. Le generazioni future sono destinate a trasmettere per via ereditaria un maggiore numero di errori, che a loro volta furono trasmessi a queste. Si è registrato un numero crescente di affezioni sistematiche, provocate dalla trasmissione per via ereditaria dalla madre o come conseguenze dei danni al DNA mitocondriale.

7. Danni ai bambini conseguenti all'esposizione elettromagnetica dei genitori

Nello studio Divan, Hozefa et al. è stato preso in considerazione il campione composto da 13.169 bambini. La finalità della ricerca era di individuare dei collegamenti tra l'utilizzo del telefono cellulare durante la gravidanza e nei primi anni di vita del bambino ed i problemi comportamentali sviluppati dai bambini negli anni a venire. Lo studio ha rilevato una probabilità del 54% di rischio di iperattività e disturbi del comportamento nei bambini nati da madri che utilizzavano regolarmente il cellulare durante la gravidanza. La probabilità saliva all'80% se i bambini stessi iniziavano da utilizzare il cellulare prima del settimo anno di età. Le difficoltà individuate sono al 25% problemi affettivi, al 34% difficoltà nel rapporto con i coetanei, al 35% iperattività ed al 49% comportamenti non idonei e di disturbo.²³ Lo studio dell'esposizione per motivi professionali ai campi elettromagnetici di bassa frequenza indica per questi soggetti un aumento del rischio di contrarre forme acute di

²²Studio Demsia, George, Dimitris Vlastos, and Demetrios P. Matthopoulos *Effect of 910-MHz electromagnetic field on rat bone marrow*; "The Scientific World Journal" (2004), pp. 48-54

²³Studio Divan, Hozefa A., et al. *Prenatal and postnatal exposure to cell phone use and behavioral problems in children*; (2008), pp.94-95

leucemia linfatica, non solo per i diretti interessati, ma anche per i figli di madri esposte durante la gravidanza a campi elettromagnetici.²⁴ Il rischio di contrarre tumori da parte dei figli di padri esposti ad onde elettromagnetiche e a radiazioni radar è notevolmente più alto rispetto alla norma. Un alto rischio di contrarre tumori riguarda i bambini le cui madri abbiano subito durante la gravidanza l'influsso di campi elettromagnetici.²⁵

Lo studio Cordier, Sylvaine et al., che coinvolse sette Paesi (USA, Gran Bretagna, Israele, Francia, Italia, Spagna e Australia) confermò il rapporto tra l'esposizione lavorativa a campi elettromagnetici dei genitori prima del concepimento e la manifestazione di tumori al cervello nei loro figli. Le madri e i padri che lavoravano in attività riguardanti la distribuzione dell'energia generavano bambini che fino ai cinque anni di età risultavano più soggetti ad affezioni tumorali rispetto ai loro coetanei.²⁶



Figura 6

²⁴Studio Infante-Rivard, Claire, and Jan Erik Deadman *Maternal occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields during pregnancy and childhood leukemia*, (2003), pp. 437-441

²⁵Studio Smulevich, Vladimir B., Liya G. Solionova, and Svetlana V. Belyakova. *Parental occupation and other factors and cancer risk in children, Study methodology and non-occupational factors*, "International Journal of Cancer" ,1999, pp.712-717

²⁶Studio Cordier, Sylvaine, et al. *Parental occupations and childhood brain tumors: results of an international case-control study*, "Cancer causes & control",12.09.2001, pp. 865-874

8. Effects of the exposure to mobile phones

With the incorporation of electronic products into daily life people have now a longer exposure to the mobile phones. People use mobile phones regularly without considering the possible consequences that this use has on our physical and mental health. In 2014 the *BMC Public Health* published a Chinese research about the association between mobile phone use and inattention. One of the most popular MP markets was developed by the Chinese industry. In 2014 in Shanghai more than 60% of adolescents owned a MP²⁷. According to this percentage, also the concerns about the negative health effects of mobile phones have raised in many countries. The *World Health Organization* (WHO) has given the priority to the research to identify the potential health effects of MP on children and adolescents. It seems clear that children absorb more electromagnetic energy from mobile phones' fields than adults. Inattention²⁸, one of the most prevalent mental health disorders in adolescents and children, has been associated with electromagnetic radiation produced by MP. One explanation could be that head is more exposed to these radiations than other parts of the body. Also disorders like insomnia and headache are intensified by the mobile phone use. The data obtained led to the decision to invest in a new research.

Association between mobile phone use and inattention in 7102 Chinese adolescents: a population-based cross-sectional study

Methods: the researchers sent questionnaires to 7720 students from 4 middle schools in southwestern China. The questionnaires were administrated during school hours by the research staff. The 91,99% of them was valid: the incomplete questionnaires were excluded and only the valid ones were analyzed. The students were asked to answer questions like "Do you own a MP?", "How much time do you spend making phone call per day?" and "Where do you put your MP during the day?" in order to obtain information about the time spent using a MP.

Results: in total 7102 (91,99%) questionnaires were correctly completed and were used in the analysis. In synthesis the prevalence of inattention was associated with MP ownership and the time spent on entertainment on them. It also appeared that those students who powered off their MP at night showed less inattention than those who left them on at night. This study was also repeated in Iran and it indicated that people in Iran were usually less familiar with the health effects of exposure to electromagnetic energy. Our results (Chinese study) showed that the prevalence of inattention was higher in the students who owned a

²⁷Mobile phone

²⁸Inattention is a lack of attention or a reduced attention span

mobile phone. In other studies there was also statistically a significant relationship between the use of cell phones and a lack of attention.

Particularly in our study the strongest association between inattention and time spent on using mobile phone was found in students who spent more than 60 minutes per day on their MP. Conclusions: the study certificated an association between MP use and inattention in Chinese adolescents. The research suggested not to use a mobile phone more than 60 minutes per day and to turn it off during the night, while sleeping.

Table: descriptive data of socio-demographic characteristics and MP usage (N=7102)²⁹

Characteristic	Prevalence n (%)
Sex	
Male	3613 (50.87)
Female	3489 (49.13)
Age	
12	248 (3.49)
13	968 (13.63)
14	1340 (18.87)
15	1355 (19.08)
16	1119 (15.76)
17	906 (12.76)
18	669 (9.42)
19	194 (2.73)
20	19 (0.27)
Urban/Rural	
Rural	2069 (29.13)
Urban	5033 (70.87)
MP Ownership	
Own MP	5668 (79.13)
Don't own MP	1434 (20.19)
Whether close to mobile base stations	
Close to mobile base station	3920 (55.20)
Far away from mobile base station	3182 (44.80)
Characteristic	
Age	15.26 ± 1.77
MP use years	3.50 ± 2.48
Minutes on call (min/day)	8.64 ± 15.48
Time of entertainment	57.36 ± 71.96

²⁹<http://www.biomedcentral.com> (data di consultazione 11.02.2016)

Hardell studies

During the last two decades there has been a rapid increase in the use of both mobile and cordless phones. Worldwide, an estimate of 6.9 billion mobile phone subscriptions were reported at the end of 2014 by the International Telecommunication Union.

The Nordic countries were among the first in the world that adopted wireless telecommunications technology. The radiofrequency emissions, in the frequency range 30 kHz -300 GHz were evaluated by the IARC³⁰, to be Group 2B, “possibly” carcinogenic to humans. The aim of this study was to explain the relationship between especially long-term (>10 years) use of wireless phones and mobile phones and the development of malignant brain tumours.

The Hardell-group conducted during 1997-2003 two control studies on brain tumours including assessment of use of mobile phones and cordless phones. The questionnaire was answered by 905 (90%) cases with malignant brain tumours, 1,254 (88%) cases with benign tumours and 2,162 (89%) population for a base control. The highest risk regarding brain tumours was found for a long-term use of the mobile phone (>10 years). This study confirmed previous results of an association between mobile and cordless phone use and malignant brain tumours. In the last Hardell studies, the cases of cancer in users of mobile phones are 2735; the latency times are 2243 cases with more than 5 years and 492 cases with more than 10 years (some more than 15 years); running times are 769 cases with more than 500 hours and 192 cases with more than 2000 hours; therefore more than 15 minutes a little less than 1 hour per day for 10 years.³¹

³⁰ International Agency for Research on Cancer

³¹ Environ J., *Increasing Rates of Brain Tumours in the Swedish National Inpatient Register and the Causes of Death Register*, “*International Journal of Environmental Research and Public Health*”, 03.04.2015