

# **"Влиянието на електромагнитни полета и радиочестотна радиация върху репродукцията на хора и животни"**

Д-р Стефан Околийски,

Институт по биология и имунология на размножаването,  
Българска академия на науките

## **"The influence of electromagnetic fields and radiofrequency radiation on human and animal reproduction"**

### **1. Резюме.**

Обикновено е прието, че оксидативният стрес и действията на свободните радикали са отговорни за описаните генотоксични ефекти от електромагнитните полета (ЕМП), които могат да доведат до увреждания във фертилността и репродукцията. Действията на свободните радикали и/или хидролитичните ензими, като ДНК-азите, предизвикани от влиянието на ЕМП, могат да индуцират биохимичните действия, водещи до вредни промени в хормоните, основни за мъжката и женската репродукция; увреждане на ДНК, което от своя страна предизвиква увреждане на подвижността, жизнеспособността и морфологията на сперматозоидите. Такива въздействия са обикновено при мъжете, които носят безжични устройства близо до тялото си, или използват лаптопи. Също така те могат да обяснят и увреждания на овариалните клетки.

**Ключови думи:** Електромагнитни полета; репродукция; фертилитет; радиочестотна радиация; сперматозоиди; генотоксични ефекти

### **1. Summary.**

It is generally accepted that oxidative stress and free radical action may be responsible for the recorded genotoxic effects of EMFs which may lead to impairments in fertility and reproduction. Free radical action and/or hydrolytic enzymes like DNAase induced by exposure to EMFs may constitute the biochemical actions leading to adverse changes in hormones essential in males and female reproduction; DNA damage, which in turn causes damage to sperm motility, viability, and sperm morphology. Such exposures are now common in men who use and who wear wireless devices on their body, or use laptop computers. It may also account for damage to ovarian cells.

**Key words:** Electromagnetic fields; radiofrequency radiation; reproduction; fertility; sperm; genotoxic effects

## 2. Въведение.

Електромагнитните полета (ЕМП) и радиочестотната радиация (РЧР) взаимодействат с човешките тъкани и може да се наблюдават нежелани ефекти върху фертилитета и репродуктивността на човека и животните. Това становище представя някои доказателства за нежеланите ефекти от ЕМП и РЧР върху много параметри от функцията на сперматозоидите, което води до въпроса за генотоксичността и канцерогенността на тези ефекти върху репродукцията.

През последните десетилетия е налице нарастваща загриженост от последиците на електромагнитните лъчения върху биологичните системи като цяло. Това е така поради глобалното въвеждане на електронните устройства. Такива устройства за комуникация и пренос на данни са персоналните безжични интернет устройства, системи за наблюдение от въздуха, апаратури за медицински, терапевтични и диагностични цели и др.. Те се явяват, като нови източници на електромагнитни полета и радиочестотна радиация и са още един замърсител в нарастващия списък от замърсители на околната среда във въздуха, водата и почвата.

Източниците на ЕМП са много в околната среда и тези нейонизиращи лъчения взаимодействат с човешкото тяло. Използването на битови електронни устройства и мобилни телефони водят до намаляване на репродуктивния потенциал при мъже, като намалява броя, подвижността и жизнеспособността на сперматозоидите. Индуцират се патологични промени в сперматозоидите и морфологията на тестисите (Erogul et al. 2006). За това докладват и някои автори (Agarwal et al. 2008, 2009; Kumar et al. 2010, 2011a; Kesari et al. 2010, 2011, 2012), които фокусират изследванията си върху модели на мъжката репродукция. Тя е свързана с развитието на недиференцирани диплоидни стволови клетки към силно диференцирани хаплоидни стволови клетки. Сперматогенезата е комплексен процес, който се влияе от много гени и хормони. Тя се осъществява в тестисите, които от своя страна могат да бъдат изложени на различни микровълнови честоти. Сред различните фактори на безплодие, оксидативният стрес се определя, като потенциална причина за мъжкото безплодие (Agarwal and Said 2003; Aitken and Roman, 2008; Kumar et al, 2010, 2011a). Мъжкото безплодие обикновено се свързва с нарушения в ДНК-то на сперматозоидите.

Някои проучвания върху магнитното поле с честота от 50-60 Hz, установяват влияние върху човешкото здраве. Акцентира се върху различни клинични състояния, като: детска левкемия, мозъчни тумори, генотоксичност и невродегенеративни заболявания, безплодие, вродени аномалии, повишен риск от спонтанни аборти и нови мутации (Hardell and Sage 2008; Gharagozloo and Aitken 2011; Garcia et al. 2008; Huss et al. 2008; O'Carroll and Henshaw 2008; International Agency for Research on Cancer (IARC) Monographs of the Evaluation of Carcinogenic Risks to Human 2002; California Health Department Services (CHDS) Report 2002). Увреждането на спермалната ДНК се

разглежда, като потенциален рисков фактор за развитието на нормални човешки ембриони, поради увреждане в ембрионалното развитие.

### **3. Биофизика на нискочестотните полета.**

Когато биологичното тяло, като орган имащ ограничена проводимост, е под влияние на електромагнитни полета (ЕМП) се индуцират електрични полета и движения на ел. ток. Тези ел. движения се конкурират с ендогенните такива и това води до нарушения в нормалния физиологичен баланс. Дълбочината на проникване в организма зависи от честотата и ел. свойства на откритата част от тялото. Ако плътността на тъканта надвишава определена прагова стойност е възможно да се предизвика възбудимост на мускулите и нервите, поради деполяризация на мембраните. Начинът на взаимодействие на нейонизиращите лъчения с биологичните системи могат да бъдат широко разделени в две групи: нискочестотни и радиочестотни/микровълни. Всеки път, когато електрическото поле взаимодейства с биологичното тяло, областта на контакт ще бъде засегната, така че външното поле ще бъде почти перпендикулярно на контактната повърхност.

При 60 Hz :  $E_{\text{internal}} / E_{\text{external}} \approx 4(10^{-8})$

По този начин външно поле от 60 Hz на 100 kV/m ще произвежда средно вътрешно E поле от 4mV/m.

Що се отнася до магнитните компоненти на нискочестотните полета се заключава, че магнитната проницаемост ( $\mu$ ) на повечето биологични материали е практически равна на тази на свободното пространство ( $4\pi \cdot 10^{-7}$ ) Н/м. Това означава, че „вътрешното“ електромагнитно поле е равно на „външното“ електромагнитно поле. Изключение биха могли да бъдат само тези биологични материали, които имат магнитни частици в себе си. Променливото магнитно поле (също и електрическо поле), може да индуцира електрически ток в стационарни електропроводими обекти. Според закона на Фарадей за електромагнитната индукция, променливия магнитен поток ще предизвика ел. полета с потенциални електрически разлики. Чрез механизма на магнитната индукция, източници генериращи нискочестотни електро и магнитни полета, са по-възможни да продуцират физиологично значими „вътрешни“ ел. полета. Ако изправен човек е подложен на вертикално насочено електрическо поле, то ще бъде значително „засилено“ в горната част на главата и рамената на човека, и следователно полето в тъканта също ще бъде увеличено (Deon, 1982).

### **4. Биофизика на радиочестотни и микровълнови полета.**

Биологичните органи са нехомогенни и имат тъканно-специфични диелектрични свойства, което прави трудно изчислението на индуцираното поле. Индуцираните полета вътре в тялото зависят от честотата и особено от ( $L / \lambda$ ), (където L е дължината

на биологично тяло а  $\lambda$  дължина на вълната в полето на въздействие), но не се ограничават до следните параметри:

- Местоположение на полето по отношение на околната среда. Например, ако има метални обекти наоколо, човека е зазимен или друг начин.
- Поляризация на вълната спрямо ориентацията на човешкото тяло.
- Размер на човешкото тяло ( $L$ ) спрямо дължината на вълната ( $\lambda$ ) на лъчението ( $L / \lambda$ ).
- Областта от тялото.
- Електрическите свойства на тъканта.

В зависимост от дължината на надлъжната ос, всеки орган има характерна резонансна честота. Погълнатата радиочестотна енергия може да се превърне в друга форма на енергия, предизвиквайки смущения във функционирането на биологичните системи. Значителна част от тази енергия се превръща в топлина (абсорбция). Биологичните ефекти са зависими от честотата. Под 100 KHz индуцираните полета дори могат да стимулират нервната тъкан.

## **5. Ефекти върху репродукцията и фертилитета: Електромагнитни полета (ЕМП) и радиочестотна радиация (РЧР)**

Amara et Al (2006), изследват възрастни мъжки плъхове изложени на полета (128 mT, 1 час/ден в продължение на 30 дни) и показват намаляване на нивата на тестостерон, както и индуциране на ДНК окисляване. В подобно изследване Hong et al (2005) стигат до заключението, че 50 Hz електромагнитно поле (0.2 mT или 6.4 mT, изложени за период от 4 седмици) може да има потенциала да предизвика разкъсване на ДНК в клетките на тестисите и кондензация на хроматина в сперматозоидите и зиготите при мишки.

Al-Akhras et al (2006), третират плъхове с до 50 Hz синусоидално магнитно поле (25 $\mu$ T или 250 mg) в продължение на 18 последователни седмици. Те не съобщават за промени в телесното тегло и теглото на тестисите. Въпреки това теглото на семенните мехурчета и допълнителните полови жлези е повишено. Не се наблюдава определен ефект върху серумните нива на фоликуло-стимулиращ хормон (FSH) по време на 18-те седмици от експеримента. От друга страна е налице значително увеличение на серумните нива на лутеинизиращия хормон (LH) ( $p < 0.005$ ), докато нивата на тестостерона са значително намалели. Тези резултати предполагат, че дълготрайното излагане на електромагнитно поле може да има нежелани ефекти върху фертилитета и репродукцията на бозайниците.

Влиянието на ултразвук (с честота 2,4 и 8 MHz) и постоянно магнитно поле (7T) върху гаметите, зиготи и ембриони на морски таралежи е проучено от Drozdov et al (2008). Магнитното поле прекъсва процеса на синтез в гаметите, но не повлиява на гаметите, ембрионите или ембрионалното развитие. Ултразвукът може да повиши

температурата на водата, ако е с достатъчна мощност. Това става, чрез увеличение на температурата на кавитация, което може да наруши клетъчната структура. Ефектът от магнитното поле е свързан с отговор на кортикалния цитоскелет, който се състои от актинови микрофиламенти. Прегрупирането на кортикалния цитоскелет се осъществява през първите 20 минути след контакта на сперматозоидите с яйцеклетката.

Сао et al (2009) съобщават, че магнитни полета от 1000 Hz или 2000 Hz могат да предизвикат увреждане на тестисите, наранявайки семенните каналчета и Лайдиговите клетки, чрез удебеляване на базалната мембрана, ексфолиация, масивна апоптоза и некроза на клетките от сперматогенезата. Уврежданията са в лумена на епидидимиса и водят до липса на сперматозоиди.

Кръвно-тестикуларната бариера е чувствителна към влияние от околната среда. Това може да повлияе на нейната пропускливост, водейки до образуване на антиспермални антители (AsAb), които са с ключова роля в имунната фертилност при мъжките индивиди.

Avendano et al 2012, изследват човешки сперматозоиди на 29 здрави донора, които са свързани в интернет, безжично чрез Wi-Fi. Използват се лаптоп-и, като източници на електромагнитните полета (ЕМП) и радиочестотната радиация (РЧР). Всяка суспензия сперматозоиди се разделя на две порции. По една (експериментална) от всеки пациент е изложена на влияние от свързания към интернет (чрез Wi-Fi) лаптоп за 4 часа. Втората, която не е изложена на влияние се използва като контрола. Инкубират се при еднакви условия, като се оценява подвижността, жизнеспособността и ДНК-то на сперматозоидите. Изложените *ex vivo*, под влиянието на свързания към интернет (чрез Wi-Fi) лаптоп, показват значително намаляване на подвижността на сперматозоидите и прогресивно увеличаване на ДНК – фрагментацията. Нивото на смъртност на сперматозоиди при двете групи не показва значителни разлики. Авторите стигат до заключението, че ефекта (който не е термичен) е намалена подвижност и индуцирана ДНК – фрагментация. Поради това те спекулират, че държенето на лаптоп в скута може да доведе до намаляване на мъжката фертилност.

Bellieni et al (2012), широко изследват проблема, свързан с разтежа на плода под влиянието на ЕМП и РЧР, излъчвани от лаптопите, както и ефекта им. Те могат да имат неблагоприятни ефекти върху поколението. Авторите измерват магнитното поле излъчвано от лаптопите в диапазона 1 Hz – 400 kHz. Това поле има предимството да бъде квазистатично и може да проникне във вътрешността на тялото, предизвиквайки напрежение и образуване на токове. Доминиращите честоти на магнитното поле са в диапазона от 1.6 - 8  $\mu$ T (18-60 mG), където хранването варира между 0.7 – 29.5  $\mu$ T (7 – 295 mG). Хранването продуцира силен вътрешен ток във фетуса и майката, който е по-голям от препоръчителното основно ограничение на ICNIRP (1998) за превенция от неблагоприятни ефекти върху здравето. Емисиите от полето на видео терминалите трябва да бъдат по ниски от 0.1  $\mu$ T или 1 mG.

Изключително-нискочестотните електромагнитни полета могат да нанесат щети на организма поради няколко причини. Едната е, че тези честоти са близки до тези на физиологичните граници и следователно всяко застъпване може да смущава

нормалните биологични процеси. При близък контакт с тялото се генерират вихрови токове и покачането на температурата има неблагоприятен ефект върху сперматозоидите.

## **6. Ефекти върху репродукцията и фертилитета: радиочестотни и микровълнови полета.**

Nakamura et al. (2000) откриват, че излагането при бременни плъхове на 2.5 GHz с непрекъснатата микро вълна (CW) с мощност 2mW/ cm<sup>2</sup> за 90 мин., ще намали утероплацентарния приток на кръв и ще повиши нивата на прогестерон и PGF2 $\alpha$ .

Dasdag et al. (2003), съобщават за намаляване на диаметъра на семенните каналчета при мъжки плъхове, след излагане на лъчение от широко използвания сигнал при GSM-ите от 890–915 MHz.

Aitken et al. (2005) наблюдават значителни увреждания на митохондриалния и нуклеарния геном при сперматозоиди на мишки, които са били изложени на радиочестота от 900 MHz, 12ч./ден, в продължение на 7 дни.

Няколко автора (Fejes et al. 2005; Kesari and Behari, 2008), също отбелязват, че носенето на мобилни телефони в близост на репродуктивните органи продължително време, може да има негативен ефект върху подвижността на сперматозоидите и като цяло върху репродукцията на мъжа.

Gutschl et al (2011) правят анализ на човешка семенна течност, получена от 2110 пациенти в периода от 1993 г. – 2007 г. В кръвни проби на всички пациенти са определени свободен серумен тестостерон, фоликуло-стимулиращ хормон (FSH), лутеинизиращ хормон (LH) и пролактин. Събира се и информацията относно използването на мобилен телефон (MT) и спрямо това пациентите се разделят в две групи. Група А: използват MT (991); Група Б: не използват MT (1119). Пациентите използващи MT, показват завишени нива на свободния серумен тестостерон и намалени нива на LH, спрямо неизползващите MT. Не се наблюдава съществена разлика по отношение на нивата на FSH и пролактина. Заключение на авторите е, че използването на MT оказва негативно влияние върху качеството на семенната течност.

Yan et al (2007), изучават ефектите от емисиите на MT върху подвижността на сперматозоидите при плъхове. Плъховете са изложени на емисии за два периода от по 3 часа на ден за 18 седмици. Те показват по-висока смъртност и аглутинация на сперматозоидите спрямо контролната група плъхове.

Gul et al (2009), изследват токсичността на микровълните излъчвани от MT върху яйчници при плъхове. При това проучване са използвани 82 женски плъха на възраст 21 дни (43 в изследваната група и 39 в контролна). Бременните плъхове са изложени на микровълни от MT, които са държани под клетките по време на цялата бременност. MT, които са сложени на режим standby за 11 часа и 45 мин. се поставят в режим разговор за 15 мин. на всеки 12 часа, като батерията са зарежда непрекъснато. Накрая яйчниците са извадени, измерен е обема им и са установен броя на фоликулите.

Открива се, че при изложените на микровълни плъхове има вътрематочно влияние, което има токсичен ефект.

Като цяло, доказателствата от различните лаборатории, изследващи фертилността и репродуктивните ефекти през последните 10-15 години са достатъчно важни, за да се повдигнат въпроси относно последиците за общественото здраве от продължителното въздействие на мобилните телефони, пренасяни в близост до репродуктивните органи. Оценка на биологичните последици от радиочестотите на мобилните телефони, при полеви експерименти, не може да се осъществи. Ето защо е важно експериментите да се осъществят на лабораторни модели животни, за да може да се симулират различни ситуации (напр. различни разстояния и ъгли между мобилния телефон и главата).

### **Не-генотоксични ефекти от радиочестотната радиация (РЧР).**

Няколко проучвания установяват, че няма ефект от полетата на радиочестотната радиация върху кинетиката на клетъчния цикъл (Vijayalaxmi et al 2001, Higashikubo et al 2001; Zeni et al, 2003; Miyakoshi et al, 2005; Lantow et al, 2006c). Промяна в клетъчната пролиферация е описана само в няколко статии (Pacini et al, 2002, Capri et al, 2004b).

Апоптозата е важен защитен механизъм срещу болестта рак. Няколко изследвания показват ефект на полетата на РЧР върху човешки моноклеарни кръвни клетки (Capri et al, 2004a), лимфобласти (Marinelli et al, 2004) и епидермални ракови клетки (Caraglia et al 2005). Не е установена разлика в индуцирането на апоптоза между симулативно повлияните и повлияните от РЧР клетки. От друга страна, Marinelli et al (2004) съобщават за по-добра преживяемост на клетките на Т-клетъчната лимфобластна левкемия, изложени на 900 MHz немодулирани РЧР полета. Caraglia et al (2005) наблюдават индуциране на апоптоза в човешки епидермални ракови клетки след влияние на полета от 1.95 GHz. Според Nikolova et al, (2005), няма ефекти от РЧР върху клетъчния цикъл, клетъчната пролиферация, клетъчната диференциация, апоптозата, ДНК синтеза и имунната функция на клетките. Голям брой изследвания с облъчване до 50 GHz (Kesari and Behari 2009), предполагат, че взаимодействието на ДНК с електромагнитните полета е подобно по характер с природния честотен диапазон.

## **7. Насоки за ограничаване вредното влияние от електромагнитни полета и радиочестотна радиация, и мерки за безопасност.**

Електромагнитните полета имат неблагоприятни биологични ефекти върху фертилността и възпроизводството. Акцентът е по-скоро върху „Да се използва внимателно”, отколкото „Да не се използва”. Децата до 12 годишна възраст са по-предразположени към увреждане, поради развитието на нервната им система. Възрастните хора и болните следва също да бъдат внимателни и да използват безжични устройства само при необходимост. Мобилните телефони трябва да бъдат изключени, когато са пренасяни близо до тялото. Това е така, защото в режим „standby” мобилният телефон предава сигнал на всеки няколко минути, за по няколко секунди, за да поддържа

връзка с най-близката антена. Тези периодични сигнали са мощни, колкото сигналите по време на разговор. Потребителят трябва да използва “speaker” режима и да държи МТ на най-малко 40 см. от главата, сърцето и репродуктивните органи. Не трябва да се разполагат антени в близост до гъсто населени райони. Ако антените са разположени в жилищни зони, те трябва да работят със значително понижена сила. Мощните безжични антени трябва да бъдат поставени на високо (хълм, връх) и далеч от населени места.

Bellieni et al (2012), посочват, че нивата на излъчване от лаптопите са по-високи от нивата в близост до високоволтови електропроводи и трансформатори. Препоръчва се използването на лаптопи да не е по-ниско от нивото на маса, защото може да доведе до увеличение на гениталната температура. Също така се препоръчва, да се избягва използването на лаптоп в непосредствена близост до тялото.

Влиянието от използването на МТ е локализирано и е доброволно контролирано от потребителя, докато влиянието от антените е принудително и е по 24 часа на ден. Двете радиационни лъчения имат една и съща основна честота, но са принципно различни по вид и продължителност. Симптомите от тях са най-често главоболие, тремор, безпокойство и нарушение на съня.

Въпросът с определянето на критериите за безопасно излагане на радиочестоти е проблем, тъй като дозата трябва да се оцени не само като външно честотно поле, спектър и интензитет, но и като общо излагане на радиочестоти за цялото тяло и специфични анатомични части. Всякакви епидемиологични проучвания за дълъг период от време (десет и повече години) са трудни и скъпи за извършване.

### **Литература:**

Agarwal A, Tamer M. Said TM. Role of sperm chromatin abnormalities and DNA damage in male infertility Human Reproduction Update 2003;9:331-345.

Agarwal A, Deepinder F, Sharma RK, Ranga G, Li J. Effect of cell phone usage on semen analysis in men attending infertility clinic: an observational study. Fertil Steril. 2008;89(1):124-8.

Agarwal A, Desai NR, Makker K, Varghese A, Mouradi R, Sabanegh E, et al. Effect of radiofrequency electromagnetic waves (RF-EMF) from cellular phones on human ejaculated semen: an in vitro study. Fertility Sterility 2009;92(4):1318-1325.

Aitken RJ, Bennetts LE, Sawyer D, Wiklendt AM, King BV. Impact of radio frequency electromagnetic radiation on DNA integrity in the male germline. Int J Androl. 2005 Jun;28(3):171-9.

Aitken RJ, Roman SD. Antioxidant systems and oxidant stress in the testes. Review. Oxidative Med. Cell Longevity. 2008;1:15-24

Al-Akhras MA, Darmani H, Elbetieha A. Influence of 50 Hz magnetic field on sex hormones and other fertility parameters of adult male rats. *Bioelectromagnetics* 2006; 27(2):127-131.

Amara S, Abdelmelek H, Garrel C, Guiraud P, Douki Travant JL, et al. Effects of subchronic exposure to static magnetic field on testicular function in rats. *Arch Med Res*. 2006;37(8):947-52.

Avendano C, Mata A, Sanchez Sarmiento CA, Doncel GF. Use of laptop computers connected to internet through Wi-Fi decreases human sperm motility and increases sperm DNA fragmentation. *Fertility Sterility* 2012;97(1):39-45.

Bellieni CV, Pinto I, Bogi A, Zoppetti N, Andreuccetti D, Buonocore G. Exposure to electromagnetic fields from laptop use of “laptop” computers, *Arch Environ Occup Health*, 2012;67:1:31-36

Cao XW, Zhao TD, Wang CH, Zhou Q, Li LQ, Yao HG, Zhang SQ, Tang, JT, Wei W. Alternating magnetic field damages the reproductive function of murine testes. *Zhonghua Nan Ke Xue*. 2009;15(6):530-533.

Capri M, Scarcella E, Fumelli C, Bianchi E, Salvioli S, Mesirca P. et al. In vitro exposure of human lymphocytes to 900 MHz CW and GSM modulated radiofrequency: studies of proliferation, apoptosis and mitochondrial membrane potential. *Radiat Res*. 2004a;162, 211-218.

Capri M, Scarcella E, Bianchi E, Fumelli C, Mesirca P, Agostini C, et al. 1800 MHz radiofrequency (mobile phones, different Global System for Mobile communication modulations) does not affect apoptosis and heat shock protein 70 level in peripheral blood mononuclear cells from young and old donors. *Int J Radiat Biol*. 2004b;80:389-397.

Caraglia M, Marra M, Mancinelli F, D'Ambrosio G, Massa R, Giordano A. et al. Electromagnetic fields at mobile phone frequency induce apoptosis and inactivation of the multi-chaperone complex in human epidermoid cancer cells. *J Cell Physiol*. 2005; 204:539-548.

Dasdag S, Akdag MZ, Aksen F, Yilmaz F, Bashan M, Dasdag M, Salih Celik M. Whole body exposure of rats to microwaves emitted from a cell phone does not affect the testes, *Bioelectromagnetics* 2003;24(3):182-188.

Deno DW, Zaffanella LE. Field effects of overhead transmission lines and stations, In *Transmission Line Reference Book*. 345 kV and above, 2nd edition , J J Ed. Project UHV, Technical Resource Operations. Large Transformer Division. General Electric Company, Painsfield Mass. 1982;329/625.

Drozdov KA, Khlistun OA, Drozdov AL. The influence of ultrasound and constant magnetic field on gametes, zygotes, and embryos of the sea urchin. *Biofizika*. 2008; 53(3):513-518.

Erogul O, Oztas E, Yildirim I, Kir T, Aydur E, Komesli G, Irkilata HC, IrmakMK, Peker AF. Effects of electromagnetic radiation from a cellular phone on human sperm motility:an vitro study. *Arch Med Res* 2006;37(7):840-3.

Fejes I, Zavacki Z, Szollosi J, Koloszar Daru J, Kovacs L, Pal A. Is there a relationship between cell phone use and semen quality ? Arch Androl. 2005;51, 385-393.

García AM, Sisternas A, Hoyos SP. Occupational exposure to extremely low frequency electric and magnetic fields and Alzheimer disease: a meta-analysis. Int J Epidemiol. 2008;37(2):329-40

Gharagozloo P, Aitken RJ. The role of sperm oxidative stress in male infertility and the significance of oral antioxidant therapy. Hum Reprod 2011 Jul;26(7):1628-40. Epub 2011 May 5.

Gul A, Celebi H, Ugras S. The effects of microwaves emitted by cellular phones on ovarian follicles in rats. Archives of Gynecology and Obstetrics 2009;280(5): 729-33.

Gutschi T, Al-Ali BM, Shamloul R, Pummer K, Trummer H. Impact of cell phone use on men's semen parameters. Andrologia. 2011;43, 5, 312–316.

Hardell L, Sage C. Biological effects from electromagnetic field exposure and public exposure standards. Biomed Pharmacother. 2008;62(2):104-9.

Higashikubo R, Ragouzis M, Moros EG, Straube WL, Roti Roti JL. Radiofrequency electromagnetic fields do not alter the cell cycle progression of C3H 10T and U87MG cells. Radiat Res. 2001; 786–795.

Hong R, Zhang V, Liu Y, Weng EQ. Effects of extremely low frequency electromagnetic fields on DNA of testicular cells and sperm chromatin structure in mice. Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi. 2005;23(6):414-417.

ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (upto 300 GHZ) 1998. Health Phys. 1998;74:494-522.

Yan JG, Agresti M, Bruce T, Yan YH, Granlund A, Matloub HS. Effects of cellular phone emissions on sperm motility in rats. Fertility Sterility, 2007;88(4):957-964.

Kesari KK, Behari J. Comparative study of 900MHz and 2. 45 GHz radiation effect on reproductive system of male rats. In: Recent Advances and Challenges in Reproductive Health Research. (RS Sharma, A Rajanna, M Rajalakshmi. Proceedings of the conference on "Recent Advances and Challenges in Reproductive Health Research (Feb 19-21, 2007 New Delhi) ICMR Publication, 2008.

Kesari KK, Behari J. Fifty gigahertz microwave exposure effect of radiation on rat brain. Appl Biochem Biotechnol 2009;158:126-139.

Kesari KK, Behari J. Microwave exposure affecting reproductive system in male rats. Appl Biochem Biotechnol. 2010;31(6):495-498.

Kesari KK, Behari J. Evidence for mobile phone radiation exposure effects on reproductive pattern of male rats: Role of ROS. Electromagnetics Biology Medicine. 2012;31(3):213-222.

Kesari KK, Kumar S, Nirala J, Siddiqui MH, Behari J. Biophysical evaluation of radiofrequency electromagnetic field effects on male reproductive pattern. *Cell Biochem Biophys* 2012;Aug 29;DOI 10. 1007/s12013-012-9414-6

Kesari KK, Kumar S, Behari J. Effects of radiofrequency electromagnetic wave exposure from cellular phones on the reproductive pattern in male Wistar rats. *Appl Biochem Biotechnol* 2011;164(4):546-59.

Kumar S, Kesari KK, Behari J. Evaluation of genotoxic effect in male wistar rats following microwave exposure. *Ind J. Exp Biology* 2010;48, 586-592.

Kumar S, Kesari KK, Behari J. The therapeutic effect of a pulsed electromagnetic field on the reproductive pattern of male wistar rats exposed to a 2. 45 GHz microwave field. *Clinics* 2011;66(7)1237-1245.

Kumar S, Kesari KK, Behari J. The influence of microwave exposure on male fertility, fertility and sterility. 2011a;95 (4); 1500-1502.

Lantow M, Viergutz T, Weiss DG, Simkó M. Comparative study of cell cycle kinetics and induction of apoptosis or necrosis after exposure to radiofrequency radiation in human Mono Mac 6 cells. *Radiat Res.* 2006c;166, 539-543.

Marinelli F, La Sala D, Ciccio G, Cattini L, Trimarchi C, Putti S, et al. Exposure to 900 MHz electromagnetic field induces an unbalance between pro-apoptotic and pro-survival signals in T-lymphoblastoid leukaemia CCRF-CEM cells. *J Cell Physiol.* 2004;198, 324-332.

Miyakoshi J, Takemasa K, Takashima Y, Ding GR, Hirose H, Koyama S. Effects of exposure to a 1950 MHz radio frequency field on expression of Hsp70 and Hsp27 in human glioma cells. *Bioelectromagnetics* 2005;26:251-257.

Nakamura H, Nagase H, Ogino K, Hatta K, Matsuzaki I. Uteroplacental circulatory disturbance mediated by prostaglandin f2alpha in rats exposed to microwaves. *Reprod Toxicol.* 2000;14(3):235-40.

Nikolova T, Czyz J, Rolletschek A, Blyszczuk P, Fuchs J, Jovtchev G, et al. Electromagnetic fields affect transcript levels of apoptosis-related genes in embryonic stem cell-derived neural progenitor cells. *FASEB J.* 2005;19:1686-1688.

O'Carroll MJ, Henshaw DL. Aggregating disparate epidemiological evidence: comparing two seminal EMF reviews. *Risk Anal.* 2008;28(1):225-34.

Pacini S, RuggieroM, Sardi I, Aterini S, Gulisano F, Gulisano M. Exposure to global system for mobile communication (GSM) cellular phone radiofrequency alters gene expression, proliferation, and morphology of human skin fibroblasts. *Oncol Res.* 2002; 1, 19–24.

Vijayalaxmi, Bisht KS, Pickard WF, Meltz ML, Roti JL, Moros EG. Chromosome damage and micronucleus formation in human blood lymphocytes exposed in vitro to radiofrequency radiation at a cellular telephone frequency 1847-74 MHz CDMA. *radiation Research.* 2001;156:430-432.

Zeni O, Chiavoni AS, Sannino A, Antolini A, Forigo D, Bersani F, et al. Lack of genotoxic effects (micronucleus induction) in human lymphocytes exposed in vitro to 900 electromagnetic fields. *Radiat Res.* 2003;160:152-158.