

Elektrobiologisk Selskab

- www.elektrobiologi.dk -

Forskningsorientering #6 - Elektrobiologisk Selskab 2017

Fertilitetsskadende virkninger ved højfrekvente elektromagnetiske felter

Kim Horsevad

2017

Indhold:

Fertilitetsskadende virkninger af mikrobølgestråling.....	3
Referencer.....	10

Citer denne udgivelse som:

*Horsevad, Kim. 2017. Fertilitetsskadende virkninger ved højfrekvente elektromagnetiske felter.
Forskningsorientering #6, Elektrobiologisk Selskab.*

Fertilitetsskadede virkninger af mikrobølgestråling:

I den vestlige verden er ufrivillig barnløshed et tiltagende problem, hvilket umiddelbart kan iagttages i fødselsstatistikkerne.

Således var fertiliteten (antal barn pr kvinde) i 2010 på 1,87. I 2011 var den faldet til 1,75. I 2012 var den faldet yderligere til 1,71. I 2013 var fertiliteten faldet til 1,67. (Danmarks Statistik, 2014)

Faldet svarer til 11 % over en tre-års periode.

Der er selvfølgelig mange forskellige og ofte komplekse årsagssammenhænge inddragende både livsstil, familieplanlægning, forureningseksposering og fertilitetsproblemer hos både mænd og kvinder som baggrund for det drastiske fald; men en del forskningsresultater giver specifik viden om, at del af problemet vedrørende ufrivillig barnløshed kan stamme fra helbredsmæssige effekter fra eksposering for mikrobølgestråler fra trådløs kommunikationsteknologi.

Specifikt har en del studier undersøgt, hvorvidt elektromagnetiske felter fra mobiltelefoner og lignende trådløse kommunikationsapparater kan påvirke sædkvaliteten.

Et nyere studie (Gorpinchenko, et, al., 2014) påviser således ret skræmmende virkninger allerede efter 5 timers nærhed til en mobiltelefon i standby-mode:

The number of spermatozoa with progressive movement in the group, influenced by electromagnetic radiation, is statistically lower than the number of spermatozoa with progressive movement in the group under no effect of the mobile phone. The number of non-progressive movement spermatozoa was significantly higher in the group, which was influenced by cell phone radiation. The DNA fragmentation was also significantly higher in this group. A correlation exists between mobile phone radiation exposure, DNA-fragmentation level and decreased sperm motility.

--- Gorpinchenko, Nikitin, Banyra, Shulyak, 2014, p65

Forskerne er altså i stand til at påvise mindsket bevægelighed og DNA-fragmentering hos sædceller, som har været i nærheden af en tændt mobiltelefon (i standby-mode) i blot 5 timer.

Lignende resultater påvistes af en tidligere forskergruppe (Agarwal, Deepinder, Sharma, Ranga, Li, 2008), hvor der vises en direkte dosis-respons-sammenhæng mellem sædkvaliteten og eksposeringens varighed:

Citer denne udgivelse som:

Horsevad, Kim. 2017. Fertilitetsskadede virkninger ved højfrekvente elektromagnetiske felter. Forskningsorientering #6, Elektrobiologisk Selskab.

"The comparisons of mean sperm count, motility, viability, and normal morphology among four different cell phone user groups were statistically significant. Mean sperm motility, viability, and normal morphology were significantly different in cell phone user groups within two sperm count groups. The laboratory values of the above four sperm parameters decreased in all four cell phone user groups as the duration of daily exposure to cell phones increased.

(...)

Use of cell phones decrease the semen quality in men by decreasing the sperm count, motility, viability, and normal morphology. The decrease in sperm parameters was dependent on the duration of daily exposure to cell phones and independent of the initial semen quality."

--- Agarwal, Deepinder, Sharma, Ranga, Li, 2008, p124

Tilsvarende resultater blev publiceret af et andet forskerhold (Aitken, Bennetts, Sawyer, Wiklendt, King, 2005) allerede i 2005. I deres forsøg bruges mus som forsøgsorganisme. På trods af størrelsesforskellen har mus og mennesker omkring 95% af deres genmateriale til fælles, hvorfor forsøg med mus ofte er ganske væsentlige for at afprøve sammenhænge, der kan være interessante i den menneskelige organisme.

Forskerholdet benytter en meget lille eksponering (90mW/kg, hvor grænseværdien for mennesker i dag er 2W/kg) og måler således ikke samme grad af DNA-beskadigelse som de foregående forsøg (hvor der er benyttet eksponeringsværdier, som er sammenlignelige med normal anvendelse af en mobiltelefon), men finder til trods for den ekstremt lave eksponeringsværdi dog væsentlige skader på genmaterialet i mitokondrierne:

"(...) a detailed analysis of DNA integrity using QPCR revealed statistically significant damage to both the mitochondrial genome ($p < 0.05$) and the nuclear beta-globin locus ($p < 0.01$). This study suggests that while RFEMR does not have a dramatic impact on male germ cell development, a significant genotoxic effect on epididymal spermatozoa is evident and deserves further investigation. "

--- Aitken, Bennetts, Sawyer, Wiklendt, King, 2005, p171

I et resultat fra 2008 understreges det yderligere, at dannelsen af frie radikaler har afgørende betydning for en del af skadevirkningerne efter eksponering for mikrobølgestråling. Forskerholdet benyttede rotter som modelorganisme, og eksponeringsmønsteret var 2 timer pr dag i 35 dage ved SAR=0,9W/kg. Resultaterne viste ændringer i antioxidative enzymer og sperm mængde.

"Our results coveys that the regular use of mobile phone at domestic level can have negative impact on human health."

--- Kesari & Behari, 2008, p564

Resultaterne replikeres og udvides i et senere eksperiment, stadig med rotter som modelorganisme, men med ændret eksponeringsmønster. I stedet for mobiltelefon benyttes en 10GHz mikrobølgestrålingskilde ved SAR=0,014W/kg i 2 timer pr dag i 45

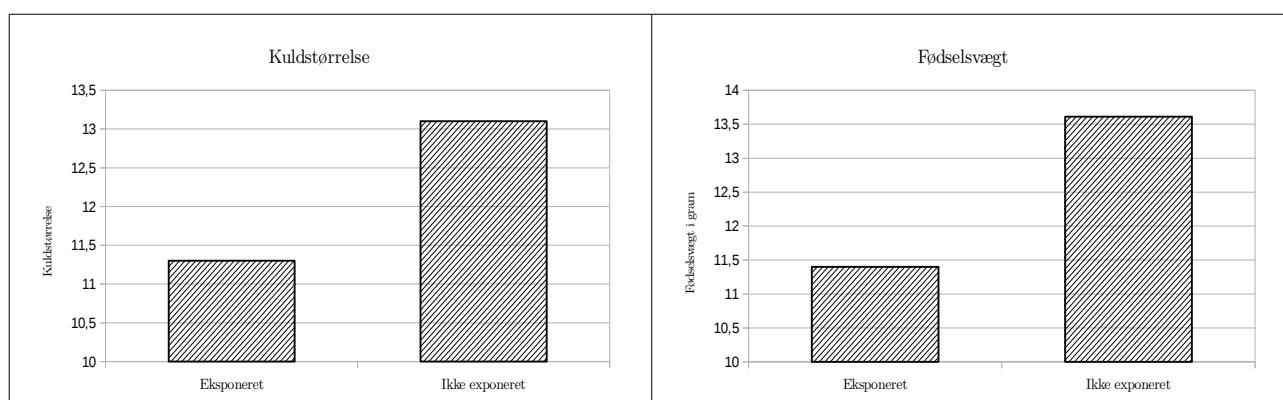
dage, hvorefter der kan måles signifikante ændringer i blandt andet mængden af frie iltradikaler og mængden af døde celler:

Results show a significant change in the level of reactive oxygen species, histone kinase, apoptotic cells, and percentage of G(2)/M transition phase of cell cycle in the exposed group compared with the sham-exposed group. The study concludes that there is a significant effect of microwave radiations on the reproductive pattern in male rats, which is a causative factor of male infertility."

--- Kumar S, Kesari KK, Behari J. 2011, p1500

Et andet nyere forskningsresultat fra samme indiske forskergruppe Indien (Kumar, Kesari & Behari, Jitendra, 2012), påviser lignende virkninger af mikrobølgestråler på både fertilitet og afkom hos rotter. Eksperimentet udmærker sig ved at anvende ganske almindelige mobiltelefoner som strålingskilde. Den udstrålede effekt i den pågældende testopstilling var 2mW og SAR opgives til 0,9W/kg for den anvendte telefontype. Rotterne blev eksponeret i to timer dagligt. Forsøgssetuppet er således i fuld overensstemmelse med et normalt benyttelsesmønster.

Forskerne kunne måle, at både kuld størrelsen og fødselsvægten hos eksponerede individer var signifikant lavere end hos ikke-eksponerede:



Figur 29: Sammenhæng mellem mikrobølgeeksponering og kuld størrelse: Der påvistes en statistisk signifikant ($P < 0,0006$) sammenhæng mellem kuld størrelse (number of offspring) og hvorvidt forælderrotterne har været eksponeret eller ej. Gennemsnitlig kuld størrelse hos de eksponerede individer var 11,3, hvorimod kuld størrelsen hos ikke-eksponerede var 13,1. Eksperimentet viste samtidigt statistisk signifikant ($P < 0,003$) sammenhæng mellem fødselsvægten (Weight of offspring) og hvorvidt forælderrotterne har været eksponeret eller ej. Den gennemsnitlige fødselsvægt for nyfødte unger hos de eksponerede individer var 11,4g, hvorimod gennemsnitlig fødselsvægt hos ikke-eksponerede var 13,61g. Skematisk illustration af data fra: Kumar & Behari, 2012, p219.

Samtidigt målttes endvidere forskel i caspase og testosteron mellem de eksponerede og ikke-eksponerede individer:

"A statistically significant increase in activation of caspase-3 was observed in mobile phone radiation-

exposed animals (...). Sperm caspase activity showed a significant increase ($P < 0.001$) in the RF-exposed group ($32,42 \pm 3,06$) as compared to the sham-exposed group ($14,17 \pm 1,30$).

(...)

Serum testosterone level was decreased significantly ($P < 0.003$) in mobile phone-exposed animals ($1,76 \pm 0,73$), when compared to sham-exposed group ($5,05 \pm 0,86$)"

--- Kumar & Behari, 2012, p217

Caspase er et signalstof, cellerne blandt andet bruger til at styre en selvdestruktionsproces kaldet programmeret celledød. Cellerne har forskellige mekanismer for at sikre, at en celle ikke "løber løbsk", hvis der sker skade på cellen. Een af disse mekanismer er den programmerede celledød, apoptose, hvor en beskadiget celle destruerer sig selv. Frigivelse af caspase-3 betyder således, at de berørte celler har fået så store skader efter eksponeringen, at de må udføre selvdestruktion. Det bemærkes, at disse processer er forbløffende ens hos forsøgsdyrene (rotter) og mennesker.

Testosteron er det mandlige kønshormon og har som sådan meget stor indflydelse i forhold til udvikling af mandlige kønsceller (sperm).

Begge sammenhænge påpeger således væsentlige helbredsmæssige implikationer i forbindelse med eksponering for RF-EMF fra mobiltelefoner:

"A reduction in testosterone, an increase in caspase-3, and distortion in spermatozoa could be caused by overproduction of reactive oxygen species (ROS) in animals under mobile phone radiation exposure. Our findings on these biomarkers are clear indications of possible health implications of repeated exposure to mobile phone radiation."

--- Kumar & Behari, 2012, p213

Reactive Oxygen Species (ROS), som forskerne omtaler som kilde til de skadelige virkninger ved eksponering for RF-EMF fra mobiltelefoner, er på dansk kendt som "frie iltradikaler". Ilt er livsvigtigt for mennesker (og mange andre organismer); men på grund af iltens store reaktionsvillighed, er det samtidigt nødvendigt for organismene at forhindre iltens i at reagere med stoffer, der ikke er beregnet til at blive iltet. For at forhindre dette søger organismene at begrænse mængden af frie iltradikaler.

Sammenhængen mellem frie iltradikaler og RF-EMF er i øvrigt ganske veletableret. Allerede i 1992 viste de første forskningsresultater (Grundler et al., 1992) denne sammenhæng. Senere resultater (eksempelvis Kesari, Kumar, & Behari, 2011a og Kesari, Kumar & Behari, 2011b) påviser fremkomsten af sådanne frie iltradikaler hos rotter, der eksponeres fra stråling fra almindelige mobiltelefoner. Forfatterne konkluderer således:

"The study concludes that a reduction or an increase in antioxidative enzyme activities, protein kinase C,

melatonin, caspase 3, and creatine kinase are related to overproduction of reactive oxygen species (ROS) in animals under mobile phone radiation exposure. Our findings on these biomarkers are clear indications of possible health implications."

---Kesari, Kumar & Behari, 2011a, p219

Det er muligt at lave et estimat over, hvor højt et niveau af frie iltradikaler, der produceres ved udsættelse for mobiltelefoni ved at analysere niveauet af forskellige former for antioxidant, som er molekyler, cellerne forsøger at neutralisere de frie iltradikaler ved:

Indikatorer for iltradikaler ved mikrobølgeeksponering:						
	GPx		SOD		CAT	
	Ikke eksponeret	Eksponeret	Ikke eksponeret	Eksponeret	Ikke eksponeret	Eksponeret
Gennemsnit	15,82	11,66	275,56	225,48	8,37	12,12
Signifikans	P=0,0003		P=0,0008		P=0,0002	

Figur 30: Iltradikaler ved mikrobølgeeksponering. GPx (glutathione peroxidase), SOD (superoxide dismutase) og CAT (catalase) er alle antioxidant-enzym, som cellerne iværksætter for at bekæmpe frie iltradikaler. Som det fremgår af ovenstående tabel er der bemærkelsesværdigt stærke forskelle mellem værdierne hos de eksponerede individer og de ikke-eksponerede individer. Niveaet for GPx og SOD er signifikant mindre, mens niveauet for CAT er signifikant forhøjet. Skematisk opstilling af data fra: Kesari, Kumar & Behari, 2011a, p226.

Overproduktion af frie iltradikaler kan ultimativt lede til celledød eller svulstdannelse - forskerne konkluderer således følgende:

"Our findings support the results of Hardell et al. (2009) that mobile phones are not safe for long-term exposure. Our study also suggests that overproduction of reactive oxygen species could be a key factor in all these events. These data clearly have important implications for the safety of mobile phone use and highlights the potential importance of RF-EMR in the etiology of brain physiology, while also suggesting need to review the concept of SAR."

---Kesari, Kumar & Behari, 2011a, p231

Virksomheden genfindes også ved anvendelse af WiFi som eksponeringskilde. Rotter udsat for 900MHz, 1800MHz mobilstråling og 2.4GHz WiFi med maksimal SAR-værdi på 1.2-W/kg viste forhøjede niveauer af frie iltradikaler i nyrer og testikler

The present study demonstrated that Wi-Fi- and mobile phone-induced EMR may cause precocious puberty and kidney oxidative injury in growing rats.

--- Özorak, et al., 2013, p228

Meget af forskningen er baseret på rotteforsøg; men virkningerne kan også påvises hos sperm fra mennesker (Özorak, Alper., Nazıroğlu, Mustafa., Çelik, Ömer., Yüksel,

Murat., Özçelik, Derviş., Özkaya, Mehmet Okan., Çetin, Hasan., Kahya, Mehmet Cemal & Kose, Seyit Ali. 2013). I et eksperiment fra 2009 blev sædprøver fra menneskelige donorer exponeret for mikrobølgestrålingen fra en mobiltelefon i 1 time, hvorefter der kunne måles signifikant mindskelse af sædcellernes mobilitet og levedygtighed:

Radiofrequency electromagnetic waves emitted from cell phones may lead to oxidative stress in human semen. We speculate that keeping the cell phone in a trouser pocket in talk mode may negatively affect spermatozoa and impair male fertility.

--- Agrawal, A., et al., 2009, p1318

Et polsk forskerteam finder ligeledes sammenhæng mellem anvendelse af mobiltelefon og mandlig infertilitet:

In the analysis of the effect of GSM equipment on the semen it was noted that an increase in the percentage of sperm cells of abnormal morphology is associated with the duration of exposure to the waves emitted by the GSM phone. It was also confirmed that a decrease in the percentage of sperm cells in vital progressing motility in the semen is correlated with the frequency of using mobile phones.

--- Wdowiak, et al., 2007, p169

Niveauet af mandligt kønshormon, testosteron, kan også påvirkes af mikrobølgestrålingen - i hvert fald ved anvendelse af rotter som modelorganisme. Rotterne blev udsat for mikrobølgestrålingen fra en mobiltelefon i 60 minutter hver dag i en periode på tre måneder, hvorefter der kunne måles signifikant ($p=0.028$) formindsket niveau af testosteron.

Long-term exposure to mobile phone radiation leads to reduction in serum testosterone levels. Testosterone is a primary male gender hormone and any change in the normal levels may be devastating for reproductive and general health.

--- Meo, et al., 2010, p869

Det kan samtidigt påvises, at de fertilitetsskadende virkninger kan forårsages ved anvendelse af en almindelig kommercielt tilgængelig mobiltelefon. I et eksperiment fra 2007 blev et hold rotter eksponeret 2x3 timer i 18 uger med en standard mobiltelefon (Nokia 3588i) med SAR på maksimal 1.80 W/kg som strålingskilde. Forsøget var opstillet isothermisk, således at de fundne effekter er non-termiske. Efterfølgende kunne der måles forhøjet niveau mængde død sperm og patologisk klumpning af spermceller hos de eksponerede rotter.

Men should be aware that carrying cell phones in their pants pockets places them at risk of exposure to harmful microwaves, which could later hinder their ability to produce children.

--- Yan, et al., 2007, p964

Citer denne udgivelse som:

Horsevad, Kim. 2017. Fertilitetsskadende virkninger ved højfrekvente elektromagnetiske felter. Forskningsorientering #6, Elektrobiologisk Selskab.

Referencer

- Agarwal A, Deepinder F, Sharma RK, Ranga G, Li J. 2008. Effect of cell phone usage on semen analysis in men attending infertility clinic: an observational study. *Fertil Steril*. 2008 Jan;89(1):124-8.
- Agarwal A, Desai NR, Makker K, Varghese A, Mouradi R, Sabanegh E, Sharma R (2009) Effects of radiofrequency electromagnetic waves (RF-EMW) from cellular phones on human ejaculated semen: an in vitro pilot study. *Fertil Steril* 92(4):1318–1325
- Aitken RJ, Bennetts LE, Sawyer D, Wiklendt AM, King BV. 2005. Impact of radio frequency electromagnetic radiation on DNA integrity in the male germline. *Int J Androl*. 2005 Jun;28(3):171-9.
- Danmarks Statistik, 2014. www.dst.dk/nytudg/18866
- Dasdag S, Ketani MA, Akdag Z, Ersay AR, Sari I, Demirtas OC, Celik MS. 1999. Whole-body microwave exposure emitted by cellular phones and testicular function of rats. *Urol Res*. 1999 Jun;27(3):219-23.
- Fejes I, Závaczki Z, Szölloosi J, Koloszar S, Daru J, Kovács L, Pál A. 2005. Is there a relationship between cell phone use and semen quality?. *Arch Androl*. 2005 Sep-Oct;51(5):385-93.
- Forgács Z, Kubinyi G, Sinay G, Bakos J, Hudák A, Surján A, Révész C, Thuróczy G. 2005. Effects of 1800 MHz GSM-like exposure on the gonadal function and hematological parameters of male mice. *Magy Onkol*. 2005;49(2):149-51.
- Gorpinchenko, Igor; Nikitin, Oleg; Banyra, Oleg; Shulyak, Alexander. 2014. The influence of direct mobile phone radiation on sperm quality. *Central European journal of urology*, 67,1, p65 -
- Grundler, W., Kaiser, F., Keilmann, F., Walleczek, J. (1992). Mechanisms of electromagnetic interaction with cellular systems. *Naturwissenschaften* 79(12):551 –559.
- Kesari, K. K., Kumar, S., Behari, J. (2011a). 900-MHz microwave radiation promotes oxidation in rat brain. *Electromagn. Biol. Med.* 30(4):219– 234.
- Kesari, K. K., Kumar, S., Behari, J. (2011a). 900-MHz microwave radiation promotes oxidation in rat brain. *Electromagn. Biol. Med.* 30(4):219– 234.
- Kesari, K. K., Kumar, S., Behari, J. (2011b). Effects of radiofrequency electromagnetic waves exposure from cellular phone on reproductive pattern in male Wistar rats. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 164:546– 559.
- Kesari, K.K.; Behari, J. 2008. Effect of mobile phone radiation exposure on reproductive system of male rats, *IEEE2008*, 564 – 567.
- Kumar S, Kesari KK, Behari J. 2011. Influence of microwave exposure on fertility of male rats. *Fertil Steril*. 2011 Mar 15;95(4):1500-2
- Kumar, Kesari & Behari, Jitendra, 2012. Evidence for mobile phone radiation exposure effects on reproductive

pattern of male rats: Role of ROS. *Electromagnetic biology and medicine* (1536-8378), 31 (3), p. 213.

Meo SA, Al-Drees AM, Husain S, Khan MM, Imran MB (2010) Effects of mobile phone radiation on serum testosterone in Wistar albino rats. *Saudi Med J* 30(8):869–873

Wdowiak A, Wdowiak L, Wiktor H (2007) Evaluation of the effect of using mobile phones on male fertility. *Ann Agric Environ Med* 14(1):169–172

Yan JG, Agresti M, Bruce T, Yan YH, Granlund A, Matloub HS. 2007. Effects of cellular phone emissions on sperm motility in rats. *Fertil Steril*. 2007 Oct;88(4):957-64.

Özorak, Alper., Nazıroğlu, Mustafa., Çelik, Ömer., Yüksel, Murat., Özçelik, Derviş., Özkaya, Mehmet Okan., Çetin, Hasan., Kahya, Mehmet Cemal & Kose, Seyit Ali. 2013. Wi-Fi (2.45 GHz)- and Mobile Phone (900 and 1800 MHz)-Induced Risks on Oxidative Stress and Elements in Kidney and Testis of Rats During Pregnancy and the Development of Offspring. *Biol Trace Elem Res* (2013) 156:221–229