



Elektrobiologisk Selskab

- www.elektrobiologi.dk -

Forskningsorientering #5 - Elektrobiologisk Selskab 2017

Højfrekvente elektromagnetiske felters virkning på blod-hjerne-barrieren

Kim Horsevad

2017

Indhold:

Virkninger på blod-hjerne-membranen.....	3
Referencer.....	7

Citer denne udgivelse som:

Horsevad, Kim. 2017. Højfrekvente elektromagnetiske felters virkning på blod-hjerne-barrieren. Forskningsorientering #1, Elektrobiologisk Selskab.

Virksomheder på blod-hjerne-membranen:

Blod-hjerne-membranen er en af de forsvarsmekanismer, kroppen er udstyret med for at beskytte sig selv mod infektioner og fremmedlegemer.

I de blodårer, der passerer gennem hjernen (og den øvrige del af centralnervesystemet), er de celler, der udgør væggene i blodårerne (endoteliale celler), koblet så tæt sammen, at de udgør en membran, der beskytter hjernen og centralnervesystemet mod uønskede stoffer og fremmedlegemer.

Blod-hjerne-membranen er således af ganske væsentlig vigtighed, derved at hjernens funktion er styrende for resten af kroppen. En forholdsvis lille skadevirkning i blod-hjerne-membranen har således vidtrækkende helbredsskadende potentiale.

Nogle af de tidlige undersøgelser i forbindelse med, hvorvidt RF-EMF kan skabe utilsigtede åbninger i blod-hjerne-membranen, stammer fra et svensk forskerteam (Salford, Leif., Brun, Arne., Eberhardt, Jacob., Persson, Bertil., 1993), som har undersøgt problemet i flere forskellige omgange. Undersøgelserne er hovedsageligt baseret på dyreforsøg, hvor eksempelvis rotter udsættes for en given eksponering og derefter aflives, således at deres hjerner kan undersøges. Mikrobølgeeksponeringen er væsentligt under de gældende grænseværdier, hvilket - med udgangspunkt i de mange identiske genetiske strukturer, der findes mellem rotter og mennesker - bekræfter væsentligheden af resultaterne i forhold til nødvendigheden af eksponeringsreducerende tiltag for befolkningen i almenhed.

Forskergruppen konkluderer i 2003 følgende standpunkt på baggrund af deres undersøgelser, at mikrobølgestrålingen fra mobiltelefoni kan beskadige blod-hjerne-membranen:

"In series of more than 1,600 animals, we have proven that subthermal power densities from both pulse-modulated and continuous RF EMFs—including those from GSM (Global System for Mobile Communications) mobile phones—have the potency to significantly open the blood-brain barrier such that the animals' own albumin (but not fibrinogen) passes out of the bloodstream into the brain tissue and accumulates in the neurons and glial cells surrounding the capillaries."

--- Salford, et al, 2003, p 881

Albumin er en betegnelse for det frie proteinstof, som findes i blodet. Idet proteinmolekyler ofte er ganske komplekse og forholdsvis store, giver resultatet baggrund for at frygte, at andre - mere skadelige - stoffer samtidigt kan gennemtrænge blod-hjerne-membranen, når denne svækkes ved eksponering for RF-EMF (Oscar & Hawkins,

Citer denne udgivelse som:

Horsevad, Kim. 2017. Højfrekvente elektromagnetiske felters virkning på blod-hjerne-barrieren. Forskningsorientering #1, Elektrobiologisk Selskab.

1977; Persson et al. 1997). Samtidigt antyder et ældre resultat (Hassel et al., 1994), at albuminen alene kan fremkalde skadevirkninger på hjernevævet.

Dette resultat understreges i det svenske forskerteams næste resultat, hvor de undersøger de skadevirkninger, der er fremkommet ved den øgede permeabilitet af blod-hjerne-barrieren:

"We found highly significant ($p < 0.002$) evidence for neuronal damage in the cortex, hippocampus, and basal ganglia in the brains of exposed rats." --- Salford, et al, 2003, p 881

I et af deres forsøg kunne virkningen i hjernen dokumenteres 50 dage efter en enkelt to-timers eksponering. (SAR-værdier mellem 2 mW/kg og 200mW/kg)

Det kan være hensigtsmæssigt i denne sammenhæng at bemærke, at både blod-hjerne-barriere og proteinstrukturer i rottehjerner og menneskehjerner i høj grad er sammenlignelige. Man har således væsentlig baggrund for at frygte en tilsvarende reaktion i den menneskelige hjerne, når den udsættes for RF-EMF. De angivne SAR-niveauer er mindre end de niveauer, de fleste mobiltelefoner og tablets udsætter deres brugere for.

I en nyere undersøgelse (Salford, et al, 2008) benyttede forskerne en almindelig GSM mobiltelefon som strålingskilde (for at vise, at strålingen i foregående undersøgelser er identisk med strålingsniveauet fra en egentlig mobiltelefon) og opnåede samme resultater. Forekomsten af albumingennemtrængning af blod-hjerne-membranen kunne fastslås med en stor statistisk sikkerhed ($p=0.02$), og optag af albuminen i hjernecellerne dokumenteres med endnu større sikkerhed ($p=0.002$).

Ikke alle undersøgelser kan påvise effekten, idet der, på baggrund af den komplekse interaktion, eksisterer en høj grad af non-linearitet mellem den elektromagnetiske påvirkning og den biologiske virkning:

"In many cases, the weak and precisely tuned EMFs have the most important biological function; two examples of this are cellular communication and protein folding. It seems quite likely that in different experimental set-ups, and in different living organisms, the signal has to be tuned to different properties in order to cause any effect. This could perhaps in some part explain why, in some cases, there are quite obvious effects of RF exposure, whereas in others, no such effects can be seen."

-- Nittby, et al, 2008, p120

Samtidigt er der visse eksponeringsniveauer, der giver større virkning end andre, men bemærkelsesværdigt er større intensitet ikke ensbetydende med større virkning. Dette ikke-lineære forhold tilføjer en væsentlig kompleksitet i udforskningen af bioreaktive

egenskaber ved mikrobølgestråler:

"Studies on EMF induced BBB disruption have shown contradictory results from different laboratories. Some groups demonstrate increased BBB permeability with their experimental conditions, whereas others do not. Many factors may contribute to this. One remarkable observation, which we have made in our studies throughout the years, is that exposure with whole-body average power densities below 10mW/kg gives rise to a more pronounced albumin leakage than higher power densities, all at non thermal levels. "

--- Nittby, et al, 2008, p122

En af de mulige forklaringer på non-lineariteten begrundes i cellernes forsvarsmekanismer, hvorved et højere niveau af eksponering igangsætter forskellige forsvarsmekanismer, hvorimod et lavere niveau fortsat forvolder skade, men uden at igangsætte forsvarsmekanismerne. En finsk forskergruppe (Leszczynski et al, 2002) undersøgte netop sådanne cellulære forsvarsmekanismer i menneskelige endotelceller efter en GSM 900MHz eksponering ved SAR=2W/kg og kunne efterfølgende konstatere ændringer i fosforylering af mange proteiner i cellerne.

På cellulært niveau er fosforylering en meget udbredt metode til at regulere forskellige proteins funktion, hvorfor resultatet er ganske interessant, derved at der demonstreres en direkte forbindelse mellem eksponering for GSM 900 MHz i non-termisk niveau og molekylære ændringer i cellerne. Specifikt konstateredes fosforylering af hsp-27, hvilket er et Heat Shock Protein. Som tidligere gennemgået kan HSP'ere opfattes som cellens indre forsvarsværker, derved at disse proteiner i nogen grad er i stand til at mitigere skader på cellen. På grundlag af opdagelsen fremsætter forfatterne en hypotese, hvor den GSM 900 Mhz-inducerede fosforylering af hsp-27 giver anledning til stabilisering af cellulære stressfibre (actin-strukturer, der har til opgave at binde proteiner og øvrige strukturer sammen på cellulært niveau), hvilket igen forårsager øgning af permeabiliteten for blod-hjerne-membranen. Det må opfattes som bemærkelsesværdigt, at så omfattende ændringer kan påvises allerede efter en times eksponering.

Allerede i 1981 forsøgte et forskerteam (Albert & Kerns, 1981) at afklare mekanismerne bag ændringerne i blod-hjerne-membranen ved RF-EMF-eksponering. I deres forsøgsopstilling kunne de fastslå, at der i en trediedel af de eksponerede hamstre var 2-3 gange så mange pinocytiske vesikler med HRP (horseradish peroxidase, et sporstof), som ved de u-eksponerede hamstre.

Samtidigt påviste et andet forskerhold (Oscar K.J. & Hawkins T.D., 1977), at ændringerne i blod-hjerne-barrieren afhænger både af effekttæthed/feltintensitet og modulationsform, idet forskerne kunne måle forskel mellem de virkninger, der skabtes ved kontinuerlige signaler, og de virkninger, der skabtes ved pulserende signaler. (Det

Citer denne udgivelse som:

Horsevad, Kim. 2017. Højfrekvente elektromagnetiske felters virkning på blod-hjerne-barrieren. Forskningsorientering #1, Elektrobiologisk Selskab.

bemærkes i den forbindelse, at vores moderne trådløse digitale kommunikationsmidler, såsom mobiltelefoni, DECT-telefoner, WiFi, etc alle benytter pulserede mikrobølgestråler).

En anden tidlig undersøgelse gav endnu en brik til puslespillet, idet en forskergruppe (Prato et al., 1990) påviste, at et magnetfelt (2 MRI eksponeringer af 23min ved 0.15T) ændrede blod-hjerne-membranens permeabilitet for DTPA (diethylenetriaminepentaacetic acid, et sporstof). Resultaterne indikerede, at magnetfeltet kunne ændre cellens endocytose (hvorved en celle optager væske og makromolekyler ved at afsnøre en fordybning i cellemembranen) og samtidigt øge niveauet af Ca²⁺-ioner i endotelial-cellerne.

Andre forskerhold (Schirmacher et al, 2000) har replikeret resultaterne ved anvendelse af eksponeringskilder svarende til GSM-1800-telefoni:

"Samples were exposed to EMF conforming to the GSM1800-standard used in mobile telephones (1.8 GHz). The permeability of the samples was monitored over four days and compared with results of samples that were cultured identically but not exposed to EMF. Exposure to EMF increased permeability for ¹⁴C-sucrose significantly compared to unexposed samples."

--- Schirmacher et al, 2000, p338

Ændringer i blod-hjerne-barrieren kan være udslagsgivende for dannelse af en vid række af andre sygdomme af eksempelvis neurodegenerativ art, hvorfor sammenhængen mellem mikrobølgestråling i non-termiske intensiteter og ændringer i blod-hjerne-barrierens permeabilitet indebærer væsentlig bekymring .

Referencer

- Albert, E. N., Kerns, J. M. (1981). Reversible microwave effects on the BBB. *Brain Res.* 230:153–164.
- Hassel B, Iversen E, Fonnum F. 1994. Neurotoxicity of albumin in-vivo. *Neuroscience Letters* 167:29–32.
- Leszczynski, D., Joenväärä, S., Reivinen, J., Kuokka, R. 2002. Non-thermal activation of the hsp27/p38MAPK stress pathway by mobile phone radiation in human endothelial cells: molecular mechanisms for cancer- and BBB-related effects. *Differentiation* 70:120–129
- Nittby H, Grafström G, Salford LG. 2008. Radiofrequency and extremely low-frequency electromagnetic field effects on the blood-brain barrier, *Electromagn Biol Med*, 2008;27:103-26
- Oscar K, Hawkins T. 1977. Microwave alteration of the blood-brain barrier system of rats. *Brain Res* 126:281–293.
- Oscar KJ, Hawkins TD. 1977. Microwave alteration of the blood-brain barrier system of rats. *Brain Res.* 1977 May 6;126(2):281-93.
- Persson B, Salford L, Brun A. 1997. Blood-brain barrier permeability in rats exposed to electromagnetic fields used in wireless communication. *Wireless Networks* 3:455–461.
- Prato, F. S., Frappier, R. H., et al. (1990). Magnetic resonance imaging increases the BBB permeability to 153-gadolinium diethylenetriaminepentaacetic acid in rats. *Brain Res.* 523:301–304.
- Salford, Leif., Brun, Arne., Eberhardt, Jacob. & Persson, Bertil. 1993. Permeability of the blood-brain barrier induced by 915 MHz electromagnetic radiation, continuous wave and modulated at 8, 16, 50 and 200 Hz. *Bioelectrochemistry and Bioenergetics*, 30 (1993) 293-301
- Salford, Leif., Brun, Arne., Eberhardt, Jacob., Malmgren, Lars., & Persson, Bertil. 2003. Nerve cell damage in mammalian brain after exposure to microwaves from GSM mobile phones. *Environmental Health Perspectives*, VOLUME 111 | NUMBER 7 | June 2003
- Salford, Leif., Brun, Arne., Eberhardt, Jacob., Malmgren, Lars., & Persson, Bertil. 2008 Blood-brain barrier permeability and nerve cell damage in rat brain 14 and 28 days after exposure to microwaves from GSM mobile phones. *Electromagn Biol Med.* 2008;27(3):215-29
- Schirmacher A., Winters S., Fischer S., Goeke J., Galla H.J., Kullnick U., Ringelstein E.B., Stögbauer F. 2000. Electromagnetic fields (1.8 GHz) increase the permeability to sucrose of the blood-brain barrier in vitro. *Bioelectromagnetics.* 2000 Jul;21(5):338-45.