

Overzicht van de epidemiologische en klinische studies betreffende de gezondheidseffecten van radiofrequentie straling die in het eerste trimester van 2018 werden gepubliceerd.

Dr. Maurits De Ridder

Vakgroep maatschappelijke gezondheidkunde

Universiteit Gent

Reviews en meta-analyses

Blootstelling aan door mobiele telefoons uitgestraalde elektromagnetische velden en menselijke aandacht: geen bewijs van een causale relatie.

Curcio G.

Front Public Health. 2018 23 februari; 6: 42.

In de afgelopen 20 jaar van het onderzoek naar de effecten van elektromagnetische velden (EMV's) op menselijke cognitie, is aandacht een van de eerste en meest uitgebreid onderzochte functies geweest. Verschillende domeinen onderzochten selectieve, aanhoudende en verdeelde aandacht. In deze studie worden de meest relevante onderzoeken over dit onderwerp besproken. In totaal werden 43 studies verzameld en samengevat. Hiervan tonen er 31 een totale afwezigheid van statistisch significant verschil tussen reëel en schijnsignaal. 9 toonden een gedeeltelijke verbetering van de aandachtsprestaties (voornamelijk toename van de snelheid van de prestaties en/of verbetering van de nauwkeurigheid) als een functie van echte blootstelling, terwijl de overige 3 inconsistente resultaten vertoonden (dat wil zeggen, verhoogde snelheid in sommige taken en vertraagde in andere) of zelfs een verslechtering in de prestaties (verminderde snelheid en / of verslechterde nauwkeurigheid). Deze resultaten zijn onafhankelijk van het specifiek onderzochte aandachtsdomein.

Conclusies: Deze studie laat toe te concluderen dat er een aanzienlijk gebrek aan bewijs is voor een negatieve invloed van EMV's op het functioneren van de aandacht. Desalniettemin is de gepubliceerde literatuur zeer heterogeen van uit het oogpunt van methodologie (type signaal, blootstellingstijd, verblinding), dosimetrie (nauwkeurige evaluatie van specifieke absorptiesnelheid-SAR of uitgezonden vermogen), en statistische analyses, waardoor het moeilijk wordt om een afdoende generalisatie te geven voor het alledaagse leven.

Gebruik van mobiele telefoons

Geen publicaties

Residentiële blootstelling

Schattingen van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden in de omgeving en het risico op lymfoom-subtypes.

Satta G, Mascia N, Serra T, Salis A, Saba L, Sanna S, Zucca MG, Angelucci E, Gabbas A, Culurgioni F, Pili P, Mura E, Cappai M, Ennas MG, Cocco P.

Radiat Res. 2018 Mar 16.

De auteurs onderzochten de associatie tussen de omgevingsblootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMF) en het risico van lymfoomsubtypen in een case-control studie bestaande uit 322 patiënten en 444 personen die als controle dienden, in Sardinië, Italië in 1998-2004. De vragenlijstinformatie omvatte de zelfgerapporteerde afstand van de drie langst gehouden residentiële adressen tot vaste radio-tv-zenders en mobiele telefoonbasisstations. De woonadressen van alle proefpersonen werden gegeoreferenciert en de ruimtelijke coördinaten van basisstations voor mobiele telefoons werden verzameld. Voor elk adres binnen een straal van 500 meter vanaf een basisstation van een mobiele telefoon, werd de RF-EMF-intensiteit geschat op basis van voorspellingen van ruimtelijke modellen en werden RF-EMF-metingen uitgevoerd aan de deur in de subset van de langstgehouden adressen binnen een straal van 250 meter. Het risico op lymfoom en de belangrijkste subtypen geassocieerd met de RF-EMF-blootstellingsmetingen werd berekend met onvoorwaardelijke logistische regressie, gecorrigeerd voor leeftijd, geslacht en aantal jaren opleiding. Bij de analyse van zelfgerapporteerde gegevens was het risico van verblijf in de nabijheid (binnen 50 meter) van vaste radio-tv-zenders verhoogd voor lymfoom in het algemeen [odds ratio = 2,7, 95% betrouwbaarheidsinterval = 1,5-4,6] en voor de belangrijkste lymfoomsubtypen. Met betrekking tot basisstations van mobiele telefoons hebben de auteurs geen associatie waargenomen met de zelfgerapporteerde of gegeocodeerde afstand tot basisstations van mobiele telefoons. RF-EMF-metingen varieerden niet per case-control-status. Door de zelfrapporten te vergelijken met de gegeocodeerde gegevens, ontdekten de auteurs dat de cases de neiging hadden om de afstand tot de basisstations van mobiele telefoons te onderschatten ten overstaan van de controles (P = 0.073). De interpretatie van deze bevindingen wordt bemoeilijkt door de beperkte studiegrootte, met name in de analyse van de individuele lymfoomsubtypen, en de onbeschikbaarheid van de ruimtelijke coördinaten van radio-tv-zenders.

Conclusies: Deze resultaten ondersteunen niet de hypothese van een verband tussen omgevingsblootstelling aan RF-EMF van basisstations voor mobiele telefonie en het risico op lymfoomsubtypen.

Enquête over idiopathische milieu-intolerantie toegeschreven aan elektromagnetische velden in Taiwan en vergelijking met de internationale literatuur.

Huang PC, Cheng MT, Guo HR.

Environ Health. 2018 Januari 15; 17 (1):5.

Elektromagnetische overgevoeligheid verwijst naar de gezondheidseffecten die worden toegeschreven aan blootstelling aan elektromagnetische velden (EMF) en is door de Wereldgezondheidsorganisatie formeel "idiopathische milieu-intolerantie toegeschreven aan elektromagnetische velden" (IEI-EMF) genoemd. Vanwege het groeiend gebruik van mobiele

telefoons, is IEI-EMF een wereldwijde zorg voor de volksgezondheid geworden. Een onderzoek in 2007 in Taiwan toonde aan dat de prevalentie van IEI-EMF 13,3% bedroeg, wat hoger is dan de percentages in eerder uitgevoerde onderzoeken. Het onderzoek toonde ook aan dat het percentage hoger was bij vrouwen. Om te beoordelen of de prevalentie van IEI-EMF toeneemt en om het hogere risico bij vrouwen te verifiëren, hebben de auteurs een landelijk vragenlijstonderzoek uitgevoerd met dezelfde methoden als de enquête van 2007 om de verandering in de prevalentie van IEI-EMF in Taiwan te beoordelen. Ze hebben ook een literatuuroverzicht en een meta-analyse uitgevoerd om de veranderingen in de prevalentiecijfers over de hele wereld te evalueren.

Op basis van de representatieve steekproef van 3303 deelnemers, vonden de auteurs dat de prevalentie van IEI-EMF in Taiwan daalde van 13,3% naar 4,6% over een periode van 5 jaar. Uit de literatuurstudie bleek ook dat de prevalentiecijfers in andere landen afnamen, in plaats van toe te nemen zoals eerder voorspeld. De meta-analyse van de gegevens uit de literatuur toonde aan dat vrouwen meer kans hebben op IEI-EMF dan mannen, met een odds ratio van 1,19 (95% betrouwbaarheidsinterval: 1,01-1,40).

Conclusies: de prevalentie van IEI-EMF is gedaald, in plaats van te stijgen zoals eerder voorspeld. Vrouwen rapporteren eerder IEI-EMF dan mannen. Verdere studies om de oorzaken van de achteruitgang te onderzoeken, kunnen het publiek, de wetenschappelijke gemeenschap en de overheid helpen omgaan met idiopathische intolerantie voor andere blootstellingen aan het milieu.

Een pilotstudie naar de reproductieve risico's van maternale blootstelling aan magnetische velden van elektronische artikelbeveiligingssystemen.

Khan MW, Roivainen P, Herrala M, Tiikkaja M, Sallmén M, Hietanen M, Juutilainen J.

Int J Radiat Biol. 2018 Feb 26: 1-7.

De auteurs onderzochten de haalbaarheid van een grootschalig epidemiologisch onderzoek naar reproductieve effecten van blootstelling aan middenfrequent (MF) magnetische velden (MV) van kassiersters die werken in de buurt van elektronische artikelbeveiligingssystemen (EAB). Het studiecohort bestond uit 4157 vrouwen die tussen 2008 en 2015 als kassierster in supermarkten met EAB-apparaten (beschouwd als blootgesteld) of supermarkten zonder EAB-apparaten (beschouwd als niet-blootgesteld) hadden gewerkt. Tijdens de onderzoeksperiode deden zich 536 geboorten en 38 miskramen voor bij deze vrouwen, op basis van informatie van nationale gezondheidsregisters. Metingen werden uitgevoerd om de MV-blootstelling van kassiersters te karakteriseren.

Kassiersters bleken alleen te worden blootgesteld aan 8,2 MHz MV's als ze op korte afstand langs de poorten kwamen. Statische velden van ongeveer 0,1 mT werden waargenomen bij de bank van de kassierster. MV's met een zeer lage frequentie waren hoger bij winkels zonder EAB-apparaten.

Conclusies: Er werden geen verschillen waargenomen in het risico op een miskraam, een verlaagd geboortegewicht of vroeggeboorte tussen kassiersters in verschillende winkeltypen. Elke verdere studie zou moeten proberen om studieonderwerpen te omvatten die werken in de buurt van EAB-systemen die sterkere MF-MV's produceren bij kHz-frequenties. Blootstelling aan ELF-MV's moet worden beoordeeld als een mogelijke versturende factor.

Menselijk experimenteel onderzoek

Hartslagvariatie beïnvloed door radiofrequentie elektromagnetisch velden bij adolescenten studenten.

Misek J, Belyaev I, Jakusova V, Tonhajzerova I, Barabas J, Jakus J.

Bioelectromagnetics. 2018 Feb 22.

Deze studie onderzoekt het mogelijke effect van radiofrequentie (RF) elektromagnetische velden (EMF) op het autonome zenuwstelsel (AZS). Het effect van RF-EMF op AZS-activiteit werd bestudeerd door het meten van de hartritmevariabiliteit (HRV) tijdens ortho-clinostatische testen (d.w.z. de overgang van liggen naar staan en terug) bij 46 gezonde leerlingen van het middelbaar onderwijs. Een 1788 MHz gepulseerde golf met een intensiteit van $54 \pm 1,6$ V/m werd met tussenpozen gedurende 18 min in elke proef toegepast. De maximale specifieke absorptiesnelheid (SAR₁₀) werd bepaald op 0,405 W/kg. De ademhalingsfrequentie werd gemeten en de subjectieve perceptie van EMF-blootstelling werd geschat. RF-blootstelling verlaagde de hartslag van de proefpersonen in een liggende positie, terwijl een dergelijke verandering niet werd waargenomen bij staande studenten. Na blootstelling tijdens het liggen, werd een stijging in de hoge frequentieband van HRV en de root mean square van de opeenvolgende verschillen waargenomen, hetgeen duidde op een toename in parasympathische zenuwactiviteit. Tympanische temperatuur en huidtemperatuur werden gemeten en vertoonden geen verandering onder blootstelling aan RF. Er werd geen RF-effect op de ademhalingsnelheid waargenomen. Geen van de geteste proefpersonen was in staat om echte blootstelling aan schijn-blootstelling te onderscheiden wanneer deze werd ondervraagd aan het einde van de proef.

Conclusies: Korte termijn blootstelling aan EMF van studenten in liggende positie tijdens ortho-clinostatische test beïnvloeden AZS met een significante toename in parasympathische zenuwactiviteit in vergelijking met een schijn-blootgestelde groep.

Heeft acute blootstelling aan radiofrequentie elektromagnetisch velden een invloed op visuele event-gerelateerde potentialen bij gezonde volwassenen?

Dalecki A, Loughran SP, Verrinder A, Burdon CA, Taylor NAS, Croft RJ.

Clin Neurophysiol. 2018 May; 129 (5): 901-908.

Het doel van deze studie is om met verbeterde methoden de vraag aan te pakken of acute blootstelling aan radiofrequentie (RF) elektromagnetische velden (RF-EMF) vroeg (80 - 200 ms), sensorisch en later (180 - 600 ms) cognitieve processen beïnvloedt zoals aangetoond door event-related potentials (ERP's). Zesendertig gezonde proefpersonen voltooiden een visuele discriminatietask tijdens gelijktijdige blootstelling aan een GSM-achtig, 920 MHz signaal met piekruimtelijk specifieke absorptiesnelheid voor 10 g weefsel van 0 W/kg lichaamsgewicht (schijnblootstelling), 1W/kg (Laag RF) en 2W/kg (Hoog RF). Een volledig gerandomiseerd, counterbalanced, dubbelblind design werd gebruikt.

P1-amplitude was verlaagd ($p = 0,02$) en anterieure N1-latentie was verhoogd ($p = 0,04$) tijdens blootstelling in vergelijking met schijnblootstelling. Er waren geen effecten op andere ERP-latenties of amplitudes.

Conclusies: Blootstelling aan RF-EMF kan invloed hebben op vroege perceptuele (P1) en voorbereidende motorische (anterieure N1) processen. Er bleken echter maar twee ERP-indices van de 56 vergelijkingen te verschillen tussen blootstelling aan RF-EMF en schijnblootstelling, wat suggereert dat deze waarnemingen mogelijk te wijten zijn aan toeval. Deze waarnemingen komen overeen met eerdere bevindingen dat blootstelling aan RF-EMF geen invloed heeft op cognitie (zoals nauwkeurigheid en reactiesnelheid).

Temperatuurverhoging in het menselijk brein en de huid met thermoregulatie tijdens blootstelling aan RF-energie.

Kodera S, Gomez-Tames J, Hirata A.

Biomed Eng Online. 2018 Jan 8; 17 (1): 1.

Twee internationale richtlijnen / normen voor bescherming van de mens tegen elektromagnetische velden gebruiken de specifieke absorptiesnelheid (SAR) gemiddeld over 10 g weefsel als een waarde voor bescherming tegen gelokaliseerde blootstelling aan radiofrequentie velden afkomstig van draagbare apparaten die werken met 3-10 GHz. Er wordt gesuggereerd dat temperatuurverhoging een dominant effect is voor blootstelling bij frequenties hoger dan 100 kHz. Er zijn geen eerdere studies die de temperatuurverhoging in het menselijk hoofd ten gevolge van lokale blootstelling hebben beoordeeld, rekening houdend met thermoregulatie. Deze studie beoogt de temperatuurverhoging in een menselijk hoofd te onderzoeken rekening houdend met vaatverwijding, om de conservativiteit van de huidige limiet te bespreken. Deze studie berekent de temperatuurverhogingen in een anatomisch menselijk hoofdmodel blootgesteld aan straling van een dipoolantenne met afgeknotte vlakke golven op 300 MHz-10 GHz. De SAR's in het menselijk hoofdmodel worden eerst berekend met behulp van een tijddomeinmethode met een eindige-verschiltijd. De temperatuurverhoging wordt berekend door de bioheatoverdrachtsvergelijking op te lossen door de thermoregulatie te beschouwen die de vasodilatatie simuleert.

De maximale temperatuurstijging in de hersenen verscheen rond de periferie. Bij blootstellingen met hogere intensiteit, werd de temperatuurverhoging groter en bereikte ongeveer 40 ° C bij de piek SAR van 100 W/kg, en werd lager bij hogere frequenties. De temperatuurstijging in de hersenen bij een stroomlimiet van 10 W/kg is maximaal 0,93 ° C. Het effect van vasodilatatie werd opmerkelijk voor weefseltemperatuurverhogingen hoger dan 1-2 ° C en voor een SAR van 10 W/kg. De temperatuur aan de rand was lager dan de basale hersentemperatuur (37 ° C).

Conclusies: De temperatuurstijging onder de huidige richtlijn voor beroepsmatige blootstelling ligt binnen het gebied van hersentemperatuurvariabiliteit door veranderingen in de omgeving in het dagelijks leven. Het effect van vasodilatatie is aanzienlijk, vooral bij hogere frequenties waar de huidtemperatuurverhoging dominant is.

Over de oorsprong van zorgen over moderne gezondheidsrisico's: experimenteel bewijs voor een gezamenlijke invloed van mediaberichten en persoonlijkheidskenmerken.

Witthöft M, Freitag I, Nußbaum C, Bräscher AK, Jasper F, Bailer J, Rubin GJ.

Psychol Health. 2018 Mar; 33 (3): 361-380.

Zorgen over gezondheidsbedreigende effecten van potentiële gevaren voor de gezondheid in het moderne leven (bijvoorbeeld elektrische apparaten en vervuiling) vertegenwoordigen een groeiend fenomeen in westerse landen. Toch is er weinig bekend over de oorzaken van de toename van affectieve risicopercepties genaamd Modern Health Worries (MHW). Het doel van deze studie is om een mogelijke rol van vooringenomen mediaberichten in de vorming van MHW te onderzoeken. In twee experimenten onderzochten de auteurs of typische televisiereportages invloed hebben op MHW. In onderzoek 1 werden 130 deelnemers willekeurig toegewezen aan een film over idiopathische omgevingsintolerantie (IEI) of een controlefilm over cystische fibrose. In onderzoek 2 werden 82 deelnemers willekeurig toegewezen aan een film over de gevaren van elektromagnetische velden of een controlefilm.

De belangrijkste uitkomstmaten waren verhogingen van MHW na sensationele mediaberichten. In onderzoek 1 toonden alleen deelnemers die hoog scoren op het persoonlijkheidskenmerk absorptie verhoogde MHW na het bekijken van de IEI-film. In Studie 2 werden met een toename in zorgen over straling gevonden na het bekijken van de film over de gevaren van elektromagnetische velden in vergelijking met de controlefilm.

Conclusies: De resultaten van beide onderzoeken onthullen een significante en specifieke invloed van sensationele korte massamedia-rapporten op het optreden van MHW. De invloed van potentiële moderators zoals het persoonlijkheidskenmerk absorptie moet nog worden opgehelderd.

Overzicht van de epidemiologische en klinische studies betreffende de gezondheidseffecten van radiofrequentie straling die in het tweede trimester van 2018 werden gepubliceerd.

Dr. Maurits De Ridder

Vakgroep maatschappelijke gezondheidkunde

Universiteit Gent

Reviews en meta-analyses

Recent onderzoek naar EMV en gezondheidsrisico's. Twaalfde rapport van de Wetenschappelijke Raad voor elektromagnetische velden van SSM, 2017.

Wetenschappelijke Raad van de Zweedse Stralingsveiligheidsautoriteit (SSM), april 2018.

Rapportnummer: 2018: 09 ISSN: 2000-0456 beschikbaar op

<https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/publikationer/rapporter/stralskydd/2018/201809/>

Of het gebruik van mobiele telefoons al dan niet hersentumoren veroorzaakt, werd in de afgelopen twee jaar voornamelijk aangepakt met behulp van time-trend onderzoeken. De resultaten waren niet volledig consistent, maar wezen vooral op een gebrek aan associatie. Hoewel deze time-trend studies geen last hebben van herinnerings- en selectiebias, die van belang zijn voor case-control studies, zijn ze kwetsbaar voor seculiere tijdstrends. Veranderingen in de coderingspraktijk of verbeterde diagnostische hulpmiddelen en dus een betere detectiesnelheid kunnen een schijnbare toename of een afname in de incidentie van hersentumoren of specifieke subtypen veroorzaken. De weinige indicaties van veranderende incidentie worden dus eerder toegeschreven aan dergelijke methodologische beperkingen dan daadwerkelijke risicowijzigingen.

Verschillende studies hebben vastgesteld dat de spermakwaliteit van gebruikers van mobiele telefoons verminderd. Blootstelling aan elektromagnetische velden van mobiele telefoons veroorzaakt opwarming en opwarming kan de kwaliteit van het sperma beïnvloeden. Echter, bij blootstellingsniveaus onder de blootstellingslimieten en zoals aangetroffen onder reële omstandigheden, is de mate van opwarming te laag voor dergelijke effecten en dus blijft het potentiële onderliggende biologische mechanisme onduidelijk. Het belangrijkste probleem in de beschikbare onderzoeken is dat geen van deze onderzoeken een poging deed om de blootstelling van het RF-veld van de testikels te schatten, maar alleen te vertrouwen op het gebruik van mobiele telefoons. Deze studies kunnen dus niet oplossen of waargenomen associaties te wijten zijn aan straling of andere factoren gerelateerd aan het gebruik van mobiele telefoons als zodanig, bijvoorbeeld gebrek aan fysieke activiteit of hogere stressniveaus. Het ontbreken van versturende aanpassingen in veel van deze studies blijft een sterke beperking. Aldus zullen eventuele verdere onderzoeken die alleen betrekking hebben op frequentie of duur van het gebruik van mobiele telefoons en spermakwaliteit waarschijnlijk niet informatief blijven.

Gelijkaardige problemen doen zich voor in verband met verschillende waargenomen associaties tussen gedrag en gezondheidsgerelateerde kwaliteit van leven bij kinderen en adolescenten. In de meeste van de studies werden associaties waargenomen, maar het onderliggende causale patroon is

moeilijk te verhelderen. Een Nederlands onderzoek waarin effectramingen voor slaapuitkomsten werden vergeleken waarvan werd verondersteld dat ze verband hielden met RF-blootstelling (bijvoorbeeld vertraging van het slaapverloop, slaapduur, nachtwaken) met slaapuitkomsten die a priori niet gerelateerd zijn aan elektromagnetische velden (bijvoorbeeld slaapangst, slaapstoornissen) geeft aan dat associaties eerder het gevolg zijn van andere factoren in verband met het gebruik van mobiele telefoons. Dezelfde conclusie werd getrokken in een Zwitsers onderzoek waarin effecten voor cumulatieve RF-blootstelling van de hersenen werden vergeleken met gebruiksvariabelen die kleine hoeveelheden RF-velden produceren (sms-en, gamen), omdat sterkere associaties werden waargenomen voor de laatste. Opvallend was dat er een ander patroon werd waargenomen voor geheugenprestaties, waarbij sterkere associaties werden gevonden voor RF-blootstelling dan voor gebruiksvariabelen die niet gerelateerd zijn aan elektromagnetische velden. Ook waren de resultaten van een lateraliteitsanalyse in het voordeel van een RF-blootstellingseffect. Andere recente studies over cognitieve prestaties en RF-veldblootstelling bij kinderen en adolescenten vonden echter geen verband.

Nieuwe publicaties over elektromagnetische overgevoeligheid, EHS, konden geen fysiologische kenmerken identificeren die kunnen helpen bij het diagnosticeren of ontwikkelen van effectieve therapeutische opties.

Over het algemeen was de studiekwaliteit vrij heterogeen in de afgelopen twee jaar. Enerzijds zijn er veel onderzoeken van lage kwaliteit gepubliceerd die niet voldeden aan de elementaire kwaliteitscriteria en daarom van deze beoordeling werden uitgesloten. Aan de andere kant zijn enkele nieuwe benaderingen veelbelovend om nieuwe inzichten te verkrijgen in potentiële gezondheidseffecten van blootstelling aan RF-velden.

Gebruik van mobiele telefoons

Geen

Residentiële blootstelling

Schattingen van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden in de omgeving en het risico op lymfoom-subtypen.

Satta G, Mascia N, Serra T, Salis A, Saba L, Sanna S, Zucca MG, Angelucci E, Gabbas A, Culurgioni F, Pili P, Mura E, Cappai M, Ennas MG, Cocco P.

Radiat Res. 2018 May; 189 (5): 541-547.

De auteurs onderzochten de associatie tussen blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMF) in de omgeving en het risico op lymfoomsubtypen in een case-control studie bestaande uit 322 patiënten en 444 controles in Sardinië, Italië in 1998-2004. De vragenlijstinformatie omvatte de zelfgerapporteerde afstand van de drie langst gehouden woonadressen tot vaste radio-tv-zenders en mobiele telefoonbasisstations. De auteurs georeferencierten de woonadressen van alle proefpersonen en verkregen de ruimtelijke coördinaten van basisstations voor mobiele telefoons. Voor elk adres binnen een straal van 500 meter vanaf een

basisstation van een mobiele telefoon, schatten ze de RF-EMF-intensiteit met behulp van voorspellingen van ruimtelijke modellen en voerden RF-EMF-metingen uit aan de deur in de subset van de langste aangehouden adressen binnen een straal van 250 meter. Het risico op lymfoom en de belangrijkste subtypen die geassocieerd zijn met de RF-EMF-blootstellingsmetingen werd berekend met onvoorwaardelijke logistische regressie, aangepast op basis van leeftijd, geslacht en opleidingsjaren. Bij de analyse van zelfgerapporteerde gegevens was het risico van verblijf in de nabijheid (binnen de 50 meter) van vaste radio-tv zenders verhoogd voor lymfoom in het algemeen [odds ratio = 2,7, 95% betrouwbaarheidsinterval = 1,5-4,6], en voor de belangrijkste lymfoomsubtypen. Met betrekking tot basisstations van mobiele telefoons hebben de auteurs geen associatie waargenomen met de zelfgerapporteerde of geogecodeerde afstand tot basisstations van mobiele telefoons. RF-EMF-metingen varieerden niet volgens case of control status. Door de zelfrapporten te vergelijken met de geogecodeerde gegevens, ontdekten de auteurs dat de gevallen de neiging hadden om de afstand tot basisstations van mobiele telefoons te onderschatten in vergelijking met de controles ($P = 0.073$). De interpretatie van deze bevindingen wordt gecompromitteerd door de beperkte studiegrootte, met name in de analyse van de individuele lymfoomsubtypen, en de onbeschikbaarheid van de ruimtelijke coördinaten van radio-televisie zenders.

Conclusies: Deze resultaten ondersteunen niet de hypothese van een verband tussen omgevingsblootstelling aan RF-EMF van basisstations voor mobiele telefonie en het risico op lymfoomsubtypen.

Kenmerken van ervaren elektromagnetische overgevoeligheid in de algemene bevolking.

Gruber MJ, Palmquist E, Nordin S.

Scand J Psychol. 2018 Aug; 59 (4): 422-427.

Gezondheidsproblemen die optreden in de aanwezigheid van elektrische apparatuur is een bezorgdheid, waarbij wordt opgeroepen tot een beter inzicht van de kenmerken van elektromagnetische overgevoeligheid (EHS) in de algemene bevolking. De huidige studie onderzocht demografische gegevens, leefstijlfactoren, frequentie en duur, coping-strategieën, klinische criteria voor intolerantie toegeschreven aan elektromagnetische velden (EMF) en comorbiditeit. Aan de hand van gegevens van een grootschalige, op populatie gebaseerde vragenlijststudie, onderzochten de auteurs personen met zelfgerapporteerde ($n = 91$) EHS in vergelijking met referenten ($n = 3.250$). Middelbare leeftijd, vrouwelijk geslacht en slechte ervaren gezondheid bleken geassocieerd te zijn met EHS. Meer dan 50% in de EHS-groep rapporteerde vaker EMF-gerelateerde symptomen dan één keer per week, en het gemiddelde aantal jaren dat EHS ervaart was 10,5. Meer dan de helft van de EHS-groep meldde dat hun symptomen na een hoge dosis of langdurige EMF-blootstelling begonnen waren, dat ze actief probeerden EMV-bronnen te vermijden en dat ze vooral de EMV-omgeving konden beïnvloeden. Een minderheid van de EHS-groep had medische hulp gezocht, was gediagnosticeerd door een arts of kreeg een behandeling. Uitputtingssyndroom, angststoornis, rug- / gewrichts- / spieraandoening, depressie, functioneel somatisch syndroom en migraine waren comorbide met EHS.

Conclusies: De resultaten bieden grond voor toekomstig onderzoek naar karakteristieke kenmerken, zijnde risicofactoren voor de ontwikkeling van EHS en/of gevolgen van EHS.

Gemodelleerde en waargenomen RF-EMF, geluid en luchtvervuiling en symptomen in een populatiecohort. Is de waarneming de sleutel voor het voorspellen van symptomen?

Martens AL, Reedijk M, Smid T, Huss A, Timmermans D, Strak M, Swart W, Lenters V, Kromhout H, Verheij R, Slottje P, Vermeulen RCH.

Sci Total Environ. 2018 Oct 15; 639: 75-83.

Psychosociaal onderzoek heeft aangetoond dat waargenomen blootstelling de rapportage van klachten kan beïnvloeden, ongeacht de werkelijke blootstelling. De impact van dit fenomeen op de interpretatie van resultaten van epidemiologisch onderzoek naar het verband tussen omgevingsfactoren en symptomen is onduidelijk. Het doel van deze studie was om verbanden te leggen tussen gemodelleerde blootstellingen, het waargenomen niveau van deze blootstellingen en gemelde symptomen (niet-specifieke symptomen, slaapstoornissen en ademhalings symptomen) voor drie verschillende omgevingsblootstellingen (radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMF), lawaai en luchtvervuiling). Deze blootstellingen aan het milieu variëren in de mate waarin ze sensorisch kunnen worden waargenomen.

Deelnemerskarakteristieken, waargenomen blootstellingen en zelfgerapporteerde gezondheid werden beoordeeld met een baseline (n = 14.829, 2011/2012) en follow-up (n = 7905, 2015) vragenlijst in de Nederlandse bevolkingsgerichte beroeps- en milieugezondheidscohort (AMIGO). Omgevingsblootstellingen werden geschat op het woonadres met behulp van ruimtelijke modellen. Cross-sectionele en longitudinale regressiemodellen werden gebruikt om de associaties tussen gemodelleerde en waargenomen blootstellingen te onderzoeken en symptomen te rapporteren. De mate waarin blootstellingsbronnen konden worden waargenomen door deelnemers, beïnvloedde waarschijnlijk de correlaties tussen gemodelleerde en waargenomen blootstelling, aangezien correlaties matig waren voor luchtvervuiling ($r_{Sp} = 0,34$) en geluid ($r_{Sp} = 0,40$), maar minder voor RF-EMF ($r_{Sp} = 0,11$). Waargenomen blootstellingen werden consistent geassocieerd met verhoogde symptomenscores (ademhalingsstelsel, slaap, niet-specifiek). Gemodelleerde blootstellingen, behalve RF-EMF, werden geassocieerd met verhoogde symptomenscores, maar deze associaties verdwenen of namen sterk af wanneer ze in de analyses werden opgenomen voor waargenomen blootstelling.

Conclusies: Waargenomen blootstelling speelt een belangrijke rol bij het melden van symptomen. Wanneer omgevingsdeterminanten van symptomen worden bestudeerd zonder de potentiële rol van zowel gemodelleerde als waargenomen blootstellingen te erkennen, bestaat er een risico van vertekening bij de beoordeling van gezondheidsrisico's. De etiologische rol van blootstelling percepties met betrekking tot symptoomrapportage vereist verder onderzoek.

Menselijk experimenteel onderzoek

Hartritme variabiliteit beïnvloed door radiofrequentie elektromagnetisch velden bij adolescenten studenten.

Misek J, Belyaev I, Jakusova V, Tonhajzerova I, Barabas J, Jakus J.

Bioelectromagnetics. 39: 277-288, 2018.

De huidige studie onderzoekt het mogelijke effect van radiofrequentie (RF) elektromagnetische velden (EMF) op het autonome zenuwstelsel (ANS). Het effect van RF-EMF op ANS-activiteit werd bestudeerd door het meten van de hartritmevariabiliteit (HRV) tijdens de ortho-clinostatische test (d.w.z. de overgang van liggen naar staan en terug) bij 46 gezonde leerlingen van het middelbaar onderwijs. Een 1788 MHz gepulseerde golf met een intensiteit van $54 \pm 1,6$ V / m werd met tussenpozen gedurende 18 min in elke proef toegepast. De maximale specifieke absorptiesnelheid (SAR₁₀) werd bepaald op 0,405 W/kg. De auteurs maten ook de ademhalingsfrequentie en schatten de subjectieve perceptie van de EMF-blootstelling. RF-blootstelling verlaagde de hartslag van de proefpersonen in een liggende positie, terwijl een dergelijke verandering niet werd waargenomen bij staande studenten. Na blootstelling tijdens het liggen, werd een stijging in de hoge frequentieband van HRV en het wortelgemiddelde van de opeenvolgende verschillen waargenomen, hetgeen duidde op een toename in parasymphatische zenuwactiviteit. Tympanische temperatuur en huidtemperatuur werden gemeten en vertoonden geen verwarming onder blootstelling aan RF. Er werd geen RF-effect op de ademhalingsnelheid waargenomen. Geen van de geteste proefpersonen was in staat om echte blootstelling en schijn-blootstelling te onderscheiden wanneer deze werd ondervraagd aan het einde van de proef.

Conclusies: Kortdurende RF-EMF-blootstelling van studenten in liggende positie tijdens de ortho-clinostatische test beïnvloedt ANS met significante toename in parasymphatische zenuwactiviteit in vergelijking met de schijn-blootgestelde groep.

Heeft acute blootstelling aan een radiofrequentie elektromagnetisch veld invloed op visuele event-gerelateerde potentialen bij gezonde volwassenen?

Dalecki A, Loughran SP, Verrender A, Burdon CA, Taylor NAS, Croft RJ.

Clin Neurophysiol. 2018 May; 129 (5): 901-908.

Het doel van deze studie is om verbeterde methoden te gebruiken in het onderzoek van de vraag of acute blootstelling aan radiofrequentie (RF) elektromagnetische velden (RF-EMF) vroeg (80 - 200 ms) sensorische en late (180 - 600 ms) cognitieve processen beïnvloedt zoals geïndexeerd door event-related potentials (ERP's). Zesendertig gezonde proefpersonen voltooiden een visuele discriminatietask tijdens gelijktijdige blootstelling aan een GSM-achtig, 920 MHz signaal met piekruimtelijk-specifieke absorptiesnelheid voor 10 g weefsel van 0 W/kg lichaamsgewicht (schijnblootstelling), 1W/kg (lage RF) en 2W/kg (hoge RF). Een volledig gerandomiseerd, contragewicht, dubbelblind ontwerp werd gebruikt. P1-amplitude was verlaagd ($p = 0,02$) en anterieure N1-latentie was verhoogd ($p = 0,04$) tijdens blootstelling in vergelijking met schijn. Er waren geen effecten op andere ERP-latenties of amplitudes.

Conclusies: Blootstelling aan RF-EMF kan een invloed hebben op vroege perceptuele (P1) en voorbereidende motorische (anterieure N1) processen. Er bleken echter maar twee ERP-indices van de 56 vergelijkingen te verschillen tussen blootstelling aan RF-EMF en schijnblootstelling, wat suggereert dat deze waarnemingen mogelijk te wijten zijn aan toeval. Deze waarnemingen komen overeen met eerdere bevindingen dat blootstelling aan RF-EMF geen betrouwbare invloed heeft op cognitie (bijv. nauwkeurigheid en reactiesnelheid).

Kunnen expliciete suggesties over de schadelijkheid van EMF-blootstelling een nocebo-respons bij gezonde controles verergeren?

Verrinder A, Loughran SP, Dalecki A, Freudenstein F, Croft R.

Environ Res. 2018 Jun 21; 166: 409-417.

Hoewel er consistent bewijs is dat symptomen gerapporteerd door personen die lijden aan Idiopathische milieu-intolerantie toegeschreven aan elektromagnetische velden (IEI-EMF) niet worden veroorzaakt door elektromagnetische velden en nauwer geassocieerd zijn met een nocebo-effect, blijft onduidelijk of dit antwoord nu specifiek is voor IEI-EMF patiënten en wat de oorzaak is. Het huidige experiment testte of waargenomen EMF-blootstelling bij gezonde deelnemers symptomen zou kunnen oproepen en of het bekijken van een 'alarmerende' video een nocebo-reactie zou kunnen verergeren. Deelnemers werden willekeurig toegewezen om een alarmerende (N = 22) of controlevideo (N = 22) te bekijken voordat ze een reeks schijn- en actieve radiofrequentie (RF) EMF-blootstelling provocatietesten voltooiden (2 open-label, gevolgd door 12 gerandomiseerde, dubbele blinde, gecompenseerde proeven). Pre-en post-video angsttoestand en risicoperceptie, evenals het geloof van blootgesteld te zijn en symptoom ratings tijdens de open-label en dubbelblinde provocatie proeven, werden beoordeeld. Symptomen waren hoger in de open-label RF-ON dan RF-OFF-studie ($p < .001$). Geen verschil in beide symptomen ($p = .183$) of geloof van blootstelling ($p = .144$) werd waargenomen in de dubbelblinde onderzoeken. Deelnemers die de alarmerende video bekeken hadden een significante toename van de symptomen ($p = .041$), angsttoestand ($p < .01$) en risicoperceptie ($p < .001$) ten opzichte van de controlegroep.

Conclusies: Deze resultaten tonen de cruciale rol van bewustzijn en geloof in het optreden van symptomen tijdens waargenomen blootstelling aan EMF, waaruit blijkt dat gezonde deelnemers een nocebo-respons vertonen, en dat alarmerende mediaberichten die de negatieve effecten van EMF benadrukken, ook bijdragen aan een nocebo-respons.

Levert voorzorgsinformatie over elektromagnetische velden nocebo-reacties op? Een experimenteel onderzoek naar risicocommunicatie.

Boehmert C, Verrinder A, Pauli M, Wiedemann P.

Environ Health. 2018 12 Apr; 17(1):36.

Wat betreft elektromagnetische velden van mobiele communicatietechnologieën hebben empirische studies aangetoond dat voorzorgsinformatie die wordt gegeven aan leken-ontvangers hun risicopercepties verhoogt, d.w.z. de overtuiging dat elektromagnetische velden gevaarlijk zijn. Door deze bevinding een stap verder te brengen, onderzoekt de huidige studie of voorzorgsinformatie ook leidt tot hogere symptoompercepties in een vermeende blootstellingssituatie. Voortbouwend op bestaand onderzoek naar nocebo-reacties op schijn-elektromagnetische velden, werd een interactie van de voorzorgsinformatie met persoonlijkheidskenmerken verondersteld. Een experimenteel ontwerp met schijn-blootstelling aan een elektromagnetisch veld van een WLAN-apparaat werd opgezet. Het uiteindelijke experiment bestaat uit N = 137 deelnemers. Deelnemers kregen alleen basisinformatie over de veiligheid van de huidige WLAN-blootstellingslimieten of daarnaast ook voorzorgsinformatie (bijvoorbeeld 'voorkeur voor draadverbindingen boven draadloze technologie'). Vervolgens werden de symptomen en andere variabelen beoordeeld voor en na schijn-blootstelling aan een WLAN-elektromagnetisch veld.

De resultaten zijn niet in het voordeel van de veronderstelde effecten. Er was noch een hoofdeffect van voorzorgsinformatie, noch waren er enige van de veronderstelde interactie-effecten van voorzorgsinformatie en persoonlijkheidskenmerken op waargenomen symptomen bij schijn-

blootstelling. Exploratieve analyses benadrukken de rol van eerdere risicoperceptie als voorspeller van nocebo-responsen en van symptoomverwachtingen als bemiddelaar tussen deze twee variabelen.

Conclusies: Aangezien de statistische kracht om zelfs kleine effecten te detecteren relatief groot was, moet deze studie geïnterpreteerd worden als een robuuste indicatie dat voorzorginformatie niet zelf tot verhoogde nocebo-responsen leidt.

Overzicht van de epidemiologische en klinische studies betreffende de gezondheidseffecten van radiofrequentie straling die in het derde trimester van 2018 werden gepubliceerd.

Dr. Maurits De Ridder
Vakgroep volksgezondheid en eerstelijnszorg
Universiteit Gent

Reviews en meta-analyses

Gebruik van draadloze telefoons en het risico op glioom bij volwassenen: bewijzen uit een meta-analyse.

Wang P, Hou C, Li Y, Zhou D.
World Neurosurg. 2018 Jul; 115: e629-e636.

Het gebruik van draadloze telefoons is snel toegenomen en gaat gepaard met een risico op glioom. Er zijn veel studies uitgevoerd over deze associatie echter zonder tot een eenduidige conclusie te komen. Het doel van deze meta-analyse was om de mogelijke relatie tussen het gebruik van draadloze telefoons en het risico op glioom bij volwassenen te bepalen. In aanmerking komende studies werden geïdentificeerd door PubMed en Embase tot juli 2017 te doorzoeken. Afhankelijk van de heterogeniteit van de analyse werden willekeurige effecten en vaste effecten modellen gebruikt om resultaten te combineren. Publicatiebias werd geëvalueerd met Begg's trechterplot en Egger's regressie-asymmetrietest. Subgroep-analyse werd uitgevoerd om de mogelijke invloed van deze variabelen te evalueren.

Tien studies over de associatie van het gebruik van draadloze telefoons en het risico op glioma werden weerhouden. De gecombineerde quotaverhouding van gliomen bij volwassenen in associatie met ooit gebruik van draadloze telefoons was 1,03 (95% betrouwbaarheidsinterval [CI], 0,92-1,16), met een hoge heterogeniteit ($I^2 = 54,2\%$, $P = 0,013$). In subgroep-analyses werd geen significante associatie gevonden tussen de tumorlocatie in de temporale kwab en het glioma-risico, met quotaverhoudingen van 1,26 (95% CI, 0,87-1,84), 0,93 (95% CI, 0,69-1,24) en 1,61 (95% CI, 0,78-3,33). Een significante associatie met het risico op glioom werd gevonden bij langetermijngebruikers (≥ 10 jaar) met een quotaverhouding van 1,33 (95% CI, 1,05-1,67).

Conclusie: Ooit gebruik van draadloze telefoons was niet significant geassocieerd met het risico van glioom bij volwassenen, maar er zou een verhoogd risico kunnen zijn bij langdurig gebruik.

Gebruik van mobiele telefoons

Geen studies

Residentiële blootstelling

Beroepsmatige blootstelling aan hoogfrequente elektromagnetische velden en hersentumorrisico in het INTEROCC-onderzoek: een geïndividualiseerde beoordelingsbenadering.

Vila J, Turner MC, Gracia-Lavedan E, Figuerola J, Bowman JD, Kincl L, Richardson L, Benke G, Hours M, Krewski D, McLean D1, Parent ME, Sadetzki S, Schlaefer K, Schlehofer B, Schüz J, Siemiatycki J, van Tongeren M, Cardis E; INTEROCC Study Group.

Environ Int. 2018 Oct; 119: 353-365.

In 2011 classificeerde het Internationaal Agentschap voor Kankeronderzoek radiofrequente (RF) elektromagnetische velden (EMV) als mogelijk kankerverwekkend voor de mens (groep 2B), hoewel het epidemiologisch bewijs voor de associatie tussen beroepsmatige blootstelling aan RF-EMF en kanker als zijnde ontoereikend werd beoordeeld, onder meer omwille van beperkingen in de blootstellingsbeoordeling. Deze studie onderzoekt de relatie tussen beroepsmatige radiofrequentie (RF) en middenfrequentie (IF) EMV-blootstelling en het hersentumor (glioom en meningioom) risico in de multinationale populatie-gebaseerde case-control studie van INTEROCC (met bijna 4000 gevallen en meer dan 5000 controles), met behulp van een nieuwe blootstellingsbeoordeling.

Afzonderlijke indices van cumulatieve blootstelling aan RF en IF-EMV (globaal en in specifieke blootstellingstijdvensters) werden toegewezen aan de studiedeelnemers met behulp van een bronblootstellingsmatrix en gedetailleerde interviewgegevens over werk met of nabij EMV-bronnen. Voorwaardelijke logistische regressie werd gebruikt om associaties met het glioom- en meningioomrisico te onderzoeken. Over het algemeen was ongeveer 10% van de deelnemers aan de studie blootgesteld aan RF, terwijl slechts 1% werd blootgesteld aan IF-EMV. Er was geen duidelijk bewijs voor een positieve associatie tussen RF of IF-EMV en de onderzochte hersentumoren, waarbij de meeste resultaten ofwel geen associatie of quotaverhoudingen (OR's) onder 1,0 vertoonden. De grootste gecorrigeerde UPR's werden verkregen voor cumulatieve blootstelling aan RF-magnetische velden (als A/m-jaar) in de hoogste blootgestelde categorie (≥ 90 ste percentiel) voor het meest recente blootstellingstijdvenster (1-4 jaar vóór de diagnose of referentiedatum) voor zowel glioom, OR = 1,62 (95% betrouwbaarheidsinterval (BI): 0,86, 3,01) en meningioom (OR = 1,52, 95% BI: 0,65, 3,55).

Conclusie: ondanks de verbeterde wijze van blootstellingsbeoordeling die in deze studie werd gebruikt, werden geen duidelijke associaties vastgesteld.

Individuele variatie in temporele relaties tussen blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden en niet-specifieke fysieke symptomen: een nieuwe benadering bij het bestuderen van 'elektrosensibiliteit'.

Bogers RP, van Gils A, Clahsen SCS, Vercruyjsse W, van Kamp I, Baliatsas C, Rosmalen JGM, Bolte JFB. Environ Int. 2018 Sep 15; 121 (Pt 1): 297-307.

Dagelijkse blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMV) die worden uitgezonden door draadloze apparaten zoals mobiele telefoons en basisstations, radio- en televisiezenders, is alomtegenwoordig. Sommige mensen schrijven niet-specifieke fysieke symptomen (NSPS), zoals hoofdpijn en vermoeidheid, toe aan blootstelling aan RF-EMV. In de meeste eerdere laboratoriumstudies of onderzoeken waarbij populaties op groepsniveau werden geanalyseerd, werd geen verband gevonden tussen RF-EMV-blootstelling en NSPS. De auteurs verkenden het verband tussen blootstelling aan RF-EMV in het dagelijks leven en het optreden van NSPS bij individuele zelfverklaarde elektro-overgevoelige personen met behulp van op lichaam gedragen blootstellingsmeetinstrumenten en elektronische dagboeken. Zeven personen die hun

NSPS aan RF-EMV-blootstelling hebben toegeschreven, werden geselecteerd. Het niveau en de variabiliteit in persoonlijke RF-EMV-blootstelling en NSPS werden vastgesteld gedurende een periode van drie weken. Gegevens werden geanalyseerd met behulp van tijdreeksanalyse waarbij blootstelling zoals gemeten en geregistreerd in het dagboek gecorreleerd werd met NSPS.

Statistisch significante correlaties werden gevonden tussen gepercipieerde en actuele blootstelling aan draadloos internet (wifisnelheid van verandering en aantal pieken boven drempelwaarde) en basisstations voor mobiele telecommunicatie (GSM + UMTS downlink, tempo van verandering) en NSPS-scores in vier van de zeven deelnemers. Bij twee personen was een hogere EMV-blootstelling geassocieerd met hogere symptomenscores en bij twee andere personen was dit geassocieerd met lagere scores. Opmerkelijk was dat er geen significante correlaties werden gevonden tussen NSPS en tijdgewogen gemiddelde vermogensdichtheid, de meest gebruikte blootstellingsmaatstaf.

Conclusie: Blootstelling aan RF-EMV was positief of negatief geassocieerd met NSPS bij sommige, maar niet alle, van de geselecteerde zelfverklaarde, elektrogevoelige personen.

Fysische en chemische trigger-factoren bij intolerantie voor het milieu.

Claeson AS, Palmquist E, Nordin S.

Int J Hyg Environ Health. 2018 Apr; 221 (3): 586-592 .:

Personen met een milieu-intolerantie (EI) reageren op blootstellingsniveaus van verschillende milieubronnen die door de meeste mensen zonder problemen worden verdragen en die onder de vastgestelde toxicologische en gevaarlijke drempels liggen. Het belangrijkste doel van deze studie was om de prevalentie van het toekennen van symptomen aan chemische en fysische bronnen in de omgeving te bepalen bij individuen met verschillende vormen van zelf gerapporteerde EI en bij controles. Transversale gegevens van een populatieonderzoek, de Västerbotten Environmental Health Study (n = 3406), werden gebruikt en personen met zelf gerapporteerde EI voor chemicaliën, gebouwen, elektromagnetische velden en geluiden, alsmede een groep met meerdere EI's werden geïdentificeerd. De milieu-symptoom toeschrijvingsschaal werd gebruikt om de mate te kwantificeren waarmee gezondheidssymptomen worden toegeschreven voor 40 specifieke omgevingsblootstellingen en bronnen, met sub-schalen die verwijzen naar de vier soorten EI.

Alle EI-groepen, behalve de groep met bouwgerelateerde intolerantie (BRI), meldden meer symptomen van de verwachte bronnen vergeleken met de controles. Bovendien meldden personen met chemische en geluid intolerantie, symptomen van aan het gebouw gerelateerde triggerfactoren en personen met elektromagnetische overgevoeligheid meldden symptomen van chemische triggerfactoren.

Conclusie: De studie suggereert dat individuen met BRI reageren op minder en specifiekere triggerfactoren dan individuen met andere EI's. Het is belangrijk om naar de verschillende bronnen te vragen omdat drie van de EI-groepen hun symptomen, naast de bronnen waarop hun EI betrekking heeft, ook toeschrijven aan verschillende andere bronnen.

Menselijk experimenteel onderzoek

Geen studies

Algemene conclusies voor dit trimester

Dit trimester zijn er weinig studies gepubliceerd. Geen enkele studie komt tot het besluit dat er gezondheidseffecten zijn.

Overzicht van de epidemiologische en klinische studies betreffende de gezondheidseffecten van radiofrequentie straling die in het vierde trimester van 2018 werden gepubliceerd.

Dr. Maurits De Ridder
Vakgroep volksgezondheid en eerstelijnszorg
Universiteit Gent

Reviews en meta-analyses

Geen studies

Gebruik van mobiele telefoons

Gebruik van mobiele telefoons en incidentie van histologische types, klasse en anatomische locatie van hersentumoren: een op de bevolking gebaseerd ecologisch onderzoek.

Karipidis K, Elwood M, Benke G, Sanagou M, Tjong L, Croft RJ.
BMJ Open. 2018 Dec 9; 8 (12): e024489.

De auteurs onderzochten over drie verschillende tijdsperioden, de incidentie tijdstrends van hersentumoren in Australië om de invloed van verbeterde diagnostische technologieën en toename van het gebruik van mobiele telefoons op de incidentie van hersentumoren te bepalen. In een op populatie gebaseerde ecologische studie onderzochten ze trends van hersentumoren in de periode 1982-1992, 1993-2002 en 2003-2013. Ze vergeleken bovendien de waargenomen incidentie gedurende de periode van aanzienlijk gebruik van mobiele telefoons (2003-2013) met voorspelde (gemodelleerde) incidentie voor dezelfde periode door verschillende relatieve risico's, latentieperioden en scenario's voor het gebruik van mobiele telefoons toe te passen. De globale incidentie van hersentumoren bleef stabiel gedurende alle drie de perioden. Er was een toename van glioblastoma in de periode 1993-2002 (APC 2,3, 95% CI 0,8 tot 3,7), wat waarschijnlijk te wijten was aan de vooruitgang in het gebruik van MRI in die periode. Er waren geen toenames in hersentumortypen, waaronder glioom (-0,6, -1,4 tot 0,2) en glioblastoom (0,8, -0,4 tot 2,0), tijdens de periode van aanzienlijk gebruik van mobiele telefoons van 2003 tot 2013. Gedurende die periode was ook geen toename in glioom van de temporale kwab (0,5, -1,3 tot 2,3), wat de locatie is die het meest wordt blootgesteld bij gebruik van een mobiele telefoon. Voorspelde incidentiepercentages waren hoger dan de waargenomen percentages voor latentietijden tot 15 jaar.

Conclusies: In Australië is er geen toename te zien in een histologisch type hersentumor of glioomlocatie die kan worden toegeschreven aan mobiele telefoons.

Overleving van glioom-patiënten in relatie tot het gebruik van mobiele telefoons in Denemarken, Finland en Zweden.

Olsson A, Bouaoun L, Auvinen A, Feychting M, Johansen C, Mathiesen T, Melin B, Lahkola A, Larjavaara S, Villegier AS, Byrnes G, Deltour I, Schüz J.

J Neurooncol. 2018 Nov 12.

In 2014 suggereerde een onderzoek een verminderde overleving in relatie tot het gebruik van mobiele telefoons bij glioblastoma-patiënten. Een gezamenlijk epidemiologisch/experimenteel project om de effecten van RF-EMV op de ontwikkeling en progressie van tumoren te bestuderen, werd opgemaakt. De huidige analyse heeft betrekking op het epidemiologische deel en gaat in op de vraag of het pre-diagnostische gebruik van mobiele telefoons geassocieerd was met overleving bij glioom-patiënten. Glioma-gevallen (n = 806), die eerder deelnamen aan een op populatie gebaseerde case control studie in Denemarken, Finland en Zweden, werden opgevolgd in hun overleving. De vitale status, de datum van overlijden, de datum van emigratie of de laatst gekende datum werd verkregen op basis van registratieverbindingen met een uniek persoonlijk ID in elk land. Cox regressiemodellen werden gebruikt om gevarenratio's (HR) en 95% betrouwbaarheidsintervallen (CI) gestratificeerd per land te berekenen. Onderzochte covarianten waren geslacht, leeftijd, opleiding, histologie, behandeling, anatomische locatie en burgerlijke staat. Er werd geen aanwijzing van verminderde overleving bij glioblastoma-patiënten waargenomen voor verschillende maten van gebruik van mobiele telefoons (ooit regelmatig gebruik, tijd sinds begin van regelmatig gebruik, cumulatieve gesprekstijd in het algemeen of in de afgelopen 12 maanden) in verhouding tot geen of niet-regulier gebruik. Alle significante associaties suggereerden een betere overleving voor gebruikers van mobiele telefoons. Resultaten waren vergelijkbaar voor hooggradige en laaggradige gliomen.

Conclusies: Er is geen bewijs van verminderde overleving bij glioom-patiënten in relatie tot eerder gebruik van mobiele telefoons.

Gebruik van de mobiele telefoon door de moeder tijdens de zwangerschap en de cognitie van het kind op 5-jarige leeftijd in 3 geboortecohorten.

Soedan M, Birks LE, Aurrekoetxea JJ, Ferrero A, Gallastegi M, Guxens M, Ha M, Lim H, Olsen J, González-Safont L, Vrijheid M, Kheifets L.

Environ Int. 2018 Nov; 120: 155-162.

De auteurs onderzochten de relatie tussen het gebruik van mobiele telefoons door de moeder tijdens de zwangerschap en de cognitieve prestaties bij 5-jarige kinderen. Hun studie omvatte gegevens van 3 geboortecohorten: het Deense nationale geboortecohort (DNBC) (n = 1209), het Spaanse milieu- en kinderen project (INMA) (n = 1383) en het Koreaanse omgeving voor moeders en kinderen gezondheidsstudie (MOCEH) (n = 497). Alle cohorten verzamelden informatie over het gebruik van mobiele telefoons door de moeder tijdens de zwangerschap en cognitieve prestaties bij kinderen op 5-jarige leeftijd. Lineaire regressie werd uitgevoerd om gemiddelde verschillen (MD) en 95% betrouwbaarheidsintervallen (CI) te berekenen in de algemene, verbale en non-verbale cognitie van kinderen door de frequentie van het gebruik van prenatale gsm's bij moeders te vergelijken, met aanpassingen voor tal van potentiële versturende factoren. Modellen werden afzonderlijk berekend voor elk cohort en gepoolde gegevens werden gebruikt in de meta-analyse. Er werden geen

associaties gevonden tussen de frequentie van het gebruik van prenatale mobiele telefoons en de scores van kinderen op cognitie. De scores waren meestal lager in de hoogste gebruiksfrequentie categorie; MD (95% CI) in algemene cognitiescores waren 0,78 (-0,76, 2,33) voor geen, 0,11 (-0,81, 1,03) voor medium, en -0,41 (-1,54, 0,73) voor hoge in vergelijking met lage gebruiksfrequentie. Dit patroon werd over alle cognitieve dimensies gezien, maar de resultaten waren over het algemeen onnauwkeurig.

Conclusies: Patronen van lagere gemiddelde cognitiescores werden waargenomen bij kinderen in relatie tot hoog frequent prenataal gebruik van mobiele telefoons. Het oorzakelijk karakter en mechanisme van deze relatie blijven onbekend.

Persoonlijk radiogebruik en kankerrisico's bij 48.518 Britse politieagenten en personeel van de Airwave Health Monitoring Study.

Gao H, Aresu M, Vergnaud AC, McRobie D, Spear J, Heard A, Kongsgård HW, Singh D, Muller DC, Elliott P.

Br J Cancer. 2018 Dec 26.

De auteurs onderzochten de associatie tussen het maandelijkse persoonlijk gebruik van een Terrestrial Trunked Radio (TETRA) en het risico op kanker met behulp van Cox-regressie bij 48.518 politiemensen en medewerkers van de Airwave Health Monitoring Study in Groot-Brittannië. Tijdens de mediane follow-up van 5,9 jaar werden 716 incidentele kankergevallen geïdentificeerd. Onder gebruikers was de mediaan van de gemiddelde maandelijkse gebruiksduur in het jaar voorafgaand aan de registratie 30,5 min (interkwartiel bereik 8.1 en 68.1). Over het algemeen was er geen verband tussen persoonlijk TETRA-radiogebruik en het risico op alle soorten kanker (gevaarverhouding [HR] = 0,98, 95% betrouwbaarheidsinterval [BI]: 0,93 en 1,03). Voor hoofd- en nekkankers HR = 0,72 (95% BI: 0,30 en 1,70) bij persoonlijke radiogebruikers versus niet-gebruikers en bij gebruikers was dit 1,06 (95% BI: 0,91 en 1,23) per verdubbeling van het persoonlijk radiogebruik per minuut.

Conclusies: Met de beperkte follow-up tot nu toe vonden de auteurs geen bewijs van associatie tussen persoonlijk TETRA-radiogebruik met een kankerrisico. Voortgezette follow-up van het cohort is geboden.

Residentiële blootstelling

Radiofrequente elektromagnetische velden, schermtijd en emotionele en gedragsproblemen bij 5-jarige kinderen.

Guxens M, Vermeulen R, Steenkamer I, Beekhuizen J, Vrijkotte TGM, Kromhout H, Huss A.

Int J Hyg Environ Health. 2018 Oct 9. pii: S1438-4639 (18) 30502-9.

De auteurs onderzochten het verband tussen blootstelling aan radiofrequentie elektromagnetische velden (RF-EMV) uit verschillende bronnen en schermtijd blootstelling met emotionele en gedragsproblemen bij 5-jarige kinderen in een transversale studie met 3102 kinderen van 5 jaar oud

uit de Amsterdam Born Children and their Development (ABCD) Studie in Nederland. Residentiële RF-EMV-blootstelling van basisstations voor mobiele telefoons werd geschat met een 3D-geospaatial radiogolfvoortplantingsmodel. Residentiële aanwezigheid van binnenbronnen met RF-EMV (draadloze telefoonbasisstations en wifi, mobiele telefoon voor kinderen en draadloze telefoongesprekken en blootstelling aan schermtijd (computer/videogame en televisie kijken)) werd gemeld door de moeder. Leraren (n = 2617) en moeders (n = 3019) rapporteerden onafhankelijk van het kind emotionele en gedragsproblemen met een vragenlijst die peilt naar sterktes en moeilijkheden (Strengths and Difficulties Questionnaire).

Er werden geen associaties gevonden tussen mobiele telefoon en draadloze telefoons en emotionele en gedragsproblemen. Kinderen die werden blootgesteld aan hogere RF-EMV-niveaus van basisstations voor mobiele telefoons vertoonden een hogere kans op door de moeder gemelde emotionele symptomen (OR 1,82, 95% BI 1,07 tot 3,09). Kinderen met een draadloze telefoon thuis hadden een lagere kans op door de docent gemeld problematisch pro sociaal gedrag (OR 0,68, 95% BI 0,48 tot 0,97) en door de moeder gerapporteerde onderlinge relatieproblemen (OR 0,61, 95% BI 0,39 tot 0,96). Kinderen die $\geq 1,5$ uur per dag televisie hadden bekeken hadden een hogere kans op door de moeder gerapporteerde hyperactiviteit/onoplettendheid (OR 3.13, 95% CI 1.43 tot 6.82).

Conclusies: Mobiele telefoons en draadloze telefoons, die leiden tot piek RF-EMV-blootstelling aan het hoofd, werden niet geassocieerd met emotionele en gedragsproblemen bij 5-jarige kinderen. Omgevings RF-EMV-blootstelling van basisstations voor mobiele telefoons en van binnenhuis bronnen en televisiekijken, die beide zeer weinig bijdragen aan RF-EMV-blootstelling, gingen gepaard met specifieke emotionele en gedragsproblemen, maar voornamelijk wanneer gemeld door de moeders. Men kan echter geen resterende verwarrende of omgekeerde causaliteit overboord gooien. Verder longitudinaal onderzoek is nodig, in het bijzonder omdat bij kinderen het gebruik van telecommunicatieapparaten met de leeftijd zal toenemen, om de exacte bijdrage van de verschillende RF-EMV-blootstellingsbronnen, indien aanwezig, beter te begrijpen. Bovendien een grondige beheersing van de verwarring is essentieel voor een juiste interpretatie van de studies over de schermtijd en emotionele en gedragsproblemen.

Longitudinale associaties tussen risico-inschatting van basisstations voor mobiele telefoons, radio of televisie en niet-specifieke symptomen.

Martens AL, Slottje P, Smid T, Kromhout H, Vermeulen RCH, Timmermans DRM.
J Psychosom Res. 2018 Sep; 112: 81-89.

Het doel van deze studie was om transversale en longitudinale associaties tussen risico-inschatting en niet-specifieke symptomen te onderzoeken en om de rol van subjectkarakteristieken (geslacht, leeftijd, opleiding, negatief affect) te beoordelen in een algemene populatie cohort. Deze studie was genest in de AMIGO-cohorte van de algemene bevolking die werd opgericht in 2011/2012, toen de deelnemers 31-65 jaar oud waren. De auteurs bestudeerden een steekproef van deelnemers (n = 1720) die in 2013 en 2014 twee vervolgvragenlijsten invulden, waaronder vragen over waargenomen blootstelling, waargenomen risico en gezondheidskwesaties als indicatoren voor risico-inschatting van basisstations en niet-specifieke symptomen. Waargenomen blootstelling, waargenomen risico en gezondheidsproblemen waren geassocieerd met hogere symptoomscores in transversale en longitudinale analyses. Alleen gezondheidsproblemen (geen waargenomen blootstelling en waargenomen risico) gingen tijdelijk vooraf aan hoge symptoomscores en vice versa. Vrouwelijke

geslacht, jonge leeftijd, hoger onderwijs en een hoger negatief affect waren geassocieerd met een hogere risico-inschatting van basisstations voor mobiele telefoons.

Conclusies: De bevindingen in dit onderzoek versterken de bewijsbasis voor transversale en longitudinale associaties tussen de inschatting van een hoger risico en niet-specifieke symptomen in de algemene populatie. De gerichtheid van potentiële causale relaties in niet-gevoelige bevolkingsgroepen moet echter verder worden onderzocht in toekomstige studies.

Blootstelling en gezondheidsrisicoperceptie van extreem laagfrequente en radiofrequente elektromagnetische velden en het effect van het verstrekken van informatie.

Gallastegi M, Jiménez-Zabala A, Molinuevo A, Aurrekoetxea JJ, Santa-Marina L, Vozmediano L, Ibarluzea J.

Environ Res. 2018 Nov 28; 169: 501-509.

Het is gekend dat, ongeacht de werkelijke blootstellingsniveaus, risicovolle waarnemingen van elektromagnetische velden van niet-ioniserende straling (EMV-NIS) gezondheidseffecten kunnen veroorzaken. Daarom is het belangrijk om de mechanismen achter percepties in de algemene bevolking te begrijpen. De doelstellingen van deze studie waren om percepties van blootstelling en gezondheidsrisico's bij moeders van de INMA (milieu en kinderen) – Gipuzkoa kindercohort te beoordelen; mogelijke determinanten verkennen die dergelijke percepties verklaren; en om te evalueren of het verstrekken van informatie over blootstellingsniveaus enig effect heeft op percepties. 387 moeders hebben een vragenlijst ingevuld bestaande uit vier vragen over waargenomen blootstelling en ervaren gezondheidsrisico's van blootstelling aan extreem lage frequentie (ELF) en radiofrequentie (RF) velden, beantwoord op een Likertschaal van 0 tot 10. Later werden metingen van ELF- en RF-velden uitgevoerd in de huizen van 104 deelnemers. Alle gemeten niveaus lagen ver onder de limieten die werden vastgesteld in de aanbeveling van de Europese Raad. Dit werd uitgelegd in de individuele rapporten die aan de families werden gestuurd. Na het lezen van de resultaten vulden moeders de bovengenoemde vragenlijst een tweede keer in, plus twee aanvullende vragen over de rol van openbare gezondheidsinstanties in risicocommunicatie. De associatie tussen waargenomen en gemeten niveaus als categorische variabelen werd beoordeeld met een chi-kwadraat test. Meerdere lineaire regressies werden uitgevoerd voor elk van de vragen met betrekking tot waargenomen blootstelling en percepties van gezondheidsrisico's. Wilcoxon-signed-rank test werd uitgevoerd om het effect van het ontvangen van informatie te beoordelen. Zowel de blootstelling als het gezondheidsrisico werden als zeer hoog beschouwd voor zowel ELF- als RF-velden, met gemiddelde en medianen van 7 op een 10-puntsschaal. Rapportage van hogere waarnemingsniveaus was niet geassocieerd met hogere niveaus van thuis gemeten blootstelling. Variabelen die herhaaldelijk werden geassocieerd met hogere percepties waren: lagere sociale klasse, niet het gevoel hebben in een goede buurt te wonen, moeite om financieel te overleven, geen televisieantenne binnen de 600m hebben, jonger zijn en minder apparaten thuis hebben.

Conclusies: Het verstrekken van informatie over EMV-NIS-blootstellingsniveaus thuis veranderde de risicopercepties niet, maar de gemiddelde waargenomen RF-blootstelling daalde aanzienlijk (met 0,7 punten). De meeste deelnemers beweerden geen of onvoldoende informatie over blootstelling en gezondheidsrisico's van EMF-NIS van overheidsinstanties te hebben ontvangen en vonden het erg belangrijk dat ze dat zouden doen.

Gemodelleerde en gepercipieerde RF-EMV blootstelling, geluid en luchtvervuiling en symptomen in een populatiecohort. Is perceptie de sleutel in het voorspellen van symptomen?

Martens AL, Reedijk M, Smid T, Huss A, Timmermans D, Strak M, Swart W, Lenters V, Kromhout H, Verheij R, Slottje P, Vermeulen RCH.

Sci Total Environ. 2018 Oct 15; 639: 75-83.

Psychosociaal onderzoek heeft aangetoond dat gepercipieerde blootstelling de rapportage van klachten kan beïnvloeden, ongeacht de werkelijke blootstelling. De impact van dit fenomeen op de interpretatie van resultaten van epidemiologisch onderzoek naar omgevingsdeterminanten van symptomen is onduidelijk. Het doel van deze studie was om verbanden te leggen tussen gemodelleerde blootstellingen, het gepercipieerde niveau van deze blootstellingen en gemelde symptomen (niet-specifieke symptomen, slaapstoornissen en ademhalingsymptomen) voor drie verschillende omgevingsblootstellingen (radiofrequente elektromagnetische velden (RF-EMV), lawaai en luchtvervuiling). De blootstellingen aan deze omgevingsfactoren varieert in de mate waarin ze sensorisch kunnen worden waargenomen.

Karakteristieken deelnemers, waargenomen blootstellingen en zelf gerapporteerde gezondheid werden beoordeeld met een basislijn (n = 14.829, 2011/2012) en follow-up (n = 7905, 2015) vragenlijst in de Nederlandse bevolkingsgebaseerde beroeps- en milieugezondheidscohort AMIGO. Omgevingsblootstellingen werden geschat op het woonadres met behulp van ruimtelijke modellen. transversale en longitudinale regressiemodellen werden gebruikt om de associaties tussen gemodelleerde en gepercipieerde blootstellingen en gerapporteerde symptomen te onderzoeken. De mate waarin blootstellingsbronnen konden worden waargenomen door deelnemers, beïnvloedde waarschijnlijk de correlaties tussen gemodelleerde en gepercipieerde blootstelling, aangezien correlaties matig waren voor luchtvervuiling ($r_{Sp} = 0,34$) en geluid ($r_{Sp} = 0,40$), maar minder voor RF-EMV ($r_{Sp} = 0,11$). Gepercipieerde blootstellingen werden consistent geassocieerd met verhoogde symptomenscores (ademhalingsstelsel, slaap, niet-specifiek). Gemodelleerde blootstellingen, behalve RF-EMV, werden geassocieerd met verhoogde symptomenscores, maar deze associaties verdwenen of namen sterk af wanneer ze in de analyses werden gecorrigeerd voor de gepercipieerde blootstelling.

Conclusies: Gepercipieerde blootstelling speelt een belangrijke rol bij het melden van symptomen. Wanneer omgevingsdeterminanten van symptomen worden bestudeerd zonder de potentiële rol van zowel gemodelleerde als gepercipieerde blootstellingen te erkennen, bestaat er een risico van vertekening bij de beoordeling van gezondheidsrisico's. De etiologische rol van blootstellingspercepties met betrekking tot symptoomrapportage vereist echter verder onderzoek.

Menselijk experimenteel onderzoek

Kunnen expliciete suggesties over de schadelijkheid van EMV-blootstelling een nocebo-respons bij gezonde controles verergeren?

Verrender A, Loughran SP, Dalecki A, Freudenstein F, Croft RJ.

Environ Res. 2018 Oct; 166: 409-417.

Hoewel er consistent bewijs is dat symptomen gerapporteerd door personen die lijden aan Idiopathische milieu-intolerantie toegeschreven aan elektromagnetische velden (IMI-EMV) niet worden veroorzaakt door EMV maar eerder verband houden met een nocebo-effect, blijft het onduidelijk of dit antwoord nu specifiek is voor IMI-EMF patiënten en wat de oorzaak is. Het experiment van deze studie testte of waargenomen EMV-blootstelling bij gezonde deelnemers symptomen zou kunnen oproepen en of het bekijken van een 'alarmerende' video een nocebo-reactie zou kunnen verergeren. Deelnemers werden willekeurig toegewezen om een alarmerende (N = 22) of controlevideo (N = 22) te bekijken voordat ze een reeks schijn- en actieve radiofrequentie (RF) EMV-blootstelling provocatie-onderzoeken ondergingen (2 open-label, gevolgd door 12 gerandomiseerde, dubbele blinde, gecompenseerde proeven). De pre-en post-video angsttoestand en risicoperceptie, evenals het geloof van blootstelling en symptoomratings tijdens de open label en dubbelblinde provocatie proeven, werden beoordeeld. Symptomen waren hoger in de open label RF-ON dan RF-OFF-studie ($p < .001$). Er werd geen verschil in symptomen ($p = .183$) of geloof van blootstelling ($p = .144$) waargenomen in de dubbelblinde onderzoeken. Deelnemers die de alarmerende video bekeken hadden een significante toename van de symptomen ($p = .041$), angsttoestand ($p < .01$) en risicoperceptie ($p < .001$) ten opzichte van de controlegroep.

Conclusies: Deze resultaten tonen de cruciale rol van bewustzijn en geloof in het optreden van symptomen tijdens waargenomen blootstelling aan EMV, waaruit blijkt dat gezonde deelnemers een nocebo-respons vertonen, en dat alarmerende mediaberichten die de negatieve effecten van EMV benadrukken, ook bijdragen aan een nocebo-respons.

Individuele variatie in temporele relaties tussen blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden en niet-specifieke fysieke symptomen: een nieuwe benadering bij het bestuderen van 'elektrosensibiliteit'.

Bogers RP, van Gils A, Clahsen SCS, Vercrujisse W, van Kamp I, Baliatsas C, Rosmalen JGM, Bolte JFB. Environ Int. 2018 Dec; 121 (Pt 1): 297-307.

Sommige mensen schrijven niet-specifieke fysieke symptomen (NSFS) zoals hoofdpijn en vermoeidheid toe aan blootstelling aan radiofrequentie elektromagnetische velden (RF-EMV). In de meeste vroegere laboratoriumstudies of onderzoeken waarbij populaties op groepsniveau werden geanalyseerd, werd geen verband gevonden tussen RF-EMV-blootstelling en NSFS. De auteurs verkenden de associatie tussen blootstelling aan RF-EMV in het dagelijks leven en het optreden van NSFS bij individuele zelfverklaarde elektro-overgevoelige personen met behulp van op lichaam gedragen blootstellingsmeters en elektronische dagboeken. Ze selecteerden zeven personen die hun NSFS aan RF-EMV-blootstelling hebben toegeschreven. Het niveau en de variabiliteit in persoonlijke RF-EMV-blootstelling en NSFS werden vastgesteld gedurende een periode van drie weken. Gegevens werden geanalyseerd met behulp van tijdreeksanalyse waarbij blootstelling zoals gemeten en geregistreerd in het dagboek gecorreleerd was met NSFS.

Statistisch significante correlaties werden gevonden tussen gepercipieerde en actuele blootstelling aan draadloos internet (wifisnelheid van verandering en aantal pieken boven drempelwaarde) en basisstations voor mobiele telecommunicatie (GSM + UMTS-downlink, tempo van verandering) en

NSFS-scores in vier van de zeven deelnemers. Bij twee personen was een hogere EMV-blootstelling geassocieerd met hogere symptomenscores en bij twee andere personen was dit geassocieerd met lagere scores. Opmerkelijk genoeg vonden we geen significante correlaties tussen NSFS en tijdsgewogen gemiddelde vermogensdichtheid, de meest gebruikte blootstellingsparameter.

Conclusies: RF-EMV-blootstelling was positief of negatief geassocieerd met NSFS bij sommige, maar niet alle, van de zelfverklaarde, elektrogevoelige personen.

Algemene conclusies voor dit trimester

De studie van Karipidis over de time trend van hersentumoren in Australië is een belangrijke studie. Ze bevestigt vroegere studies dat er geen toename is in de incidentie van hersentumoren, ook niet in de temporale kwab (zone met de hoogste blootstelling bij gebruik van mobiele telefoons). Waar eerdere studies een latentietijd van rond de 10 jaar bekeken, gaat deze studie over een latentietijd van 15 jaar.

Verskillende studies tonen aan dat niet zozeer de reële blootstelling maar de perceptie van de blootstelling en van de schadelijkheid gerelateerd zijn aan het optreden van niet-specifieke symptomen. Dit wijst op het belang van het verstrekken van correcte informatie aan de algemene bevolking.

Overzicht van de experimentele studies betreffende de gezondheidseffecten van radiofrequentie straling die in het vierde trimester van 2018 werden gepubliceerd.

Birgit Mertens, Maryse Ledent & Thi Thu Ha Nguyen
Sciensano, Risk Assessment unit

Reviews

Vijayalaxmi, Prihoda TJ. Uitgebreide evaluatie van de kwaliteit van publicaties en meta-analyse van testen met betrekking tot het bestuderen van genetische schade in zoogdiercellen die werden blootgesteld aan niet-ioniserende radiofrequentievelden.

Vijayalaxmi, Prihoda TJ.

Radiation research. 2018 Oct 19. *Epub ahead of print*. doi: 10.1667/RR15117.1.

Er werden reeds talrijke studies gepubliceerd met betrekking tot het optreden van genetische schade in dierlijke en menselijke cellen die *in vitro* of *in vivo* werden blootgesteld aan niet-ioniserende radiofrequente velden (RF, elektromagnetische golven die energie dragen terwijl ze zich voortplanten in lucht en dichte media). Over het geheel genomen zijn de gegevens inconsistent; sommige studies suggereren dat er significant meer schade aanwezig is in cellen die werden blootgesteld aan RF-energie in vergelijking met niet-blootgestelde en/of schijnblootgestelde controlecellen; andere studies vonden geen verband tussen RF-blootstelling en genetische schade. Verschillende variabelen in de blootstellingscondities die in de experimenten werden gebruikt, kunnen hebben bijgedragen tot deze tegenstrijdige resultaten. In dit uitgebreide literatuuroverzicht werden vier specifieke kwaliteitscriteria gehanteerd om de kwaliteit te evalueren van 225 gepubliceerde studies waarbij dierlijke en/of menselijke cellen *in vitro* of *in vivo* werden blootgesteld aan RF-energie. Daarnaast werden de resultaten van 2160 testen met verschillende steekproefgroottes geanalyseerd. De vier specifieke kwaliteitscriteria die werden gehanteerd omvatten: 1. het "blind" verzamelen/analyseren van de gegevens om individuele/observer "bias" te elimineren; 2. het adequaat beschrijven van de "dosimetrie" voor onafhankelijke replicatie/bevestiging; 3. het opnemen van "positieve controles" om de resultaten te bevestigen en 4. het opnemen van "schijncontroles" die meer geschikt zijn voor de vergelijking van de gegevens die werden verkregen na RF-blootstelling. Daarnaast werd een meta-analyse van de genetische schade die optreedt in cellen die werden blootgesteld aan RF-energie en controlecellen op basis van de informatie die beschikbaar is in de RF-literatuurdatabank waarbij de "d"-waarden werden bepaald. Deze "d"-waarden weerspiegelen het gestandaardiseerde gemiddelde verschil tussen de twee soorten cellen (blootgesteld versus niet-blootgesteld) of de grootte van het effect. De relatie tussen de d-waarden en de bovengenoemde kwaliteitscriteria werd onderzocht. Daarnaast werd de correlatie tussen de kwaliteitscriteria en de conclusies in de publicaties geëvalueerd (geen significant verschil tussen de cellen

blootgesteld aan RF-energie en de controlecellen; meer schade in RF-blootgestelde cellen tov controlecellen; meer, geen significant verschil en minder schade in cellen die blootgesteld zijn aan RF-energie in hetzelfde experiment; of minder schade in cellen die blootgesteld zijn aan RF-energie). De algemene conclusies waren als volgt: 1. Wanneer aan alle vier de kwaliteitscriteria werd voldaan in de publicatie, waren de d-waarden kleiner dan bij studies waar één of meer kwaliteitscriteria niet in rekening werden gebracht; 2. Op basis van de toepassing van de kwaliteitscriteria gaf het gewogen resultaat in cellen die aan RF-energie werden blootgesteld (d-waarden) aan dat er slechts een zeer klein of zelfs geen effect aanwezig is; 3. Het aantal gepubliceerde studies waarin geen significant verschil werd aangetoond tussen het optreden van genetische schade in de aan RF-energie blootgestelde cellen ten opzichte van de controlecellen, neemt toe in functie van het aantal kwaliteitscriteria dat in de studies in rekening werd gebracht; 4. Het aantal gepubliceerde studies waarin een toename in de genetische schade in cellen die aan RF-energie zijn blootgesteld werd gerapporteerd daalt indien het aantal kwaliteitscriteria dat in de studies werd toegepast toeneemt en 5. Er was een bias in de richting van publicaties waarin melding werd gemaakt van verhoogde genetische schade in cellen die aan RF-energie werden blootgesteld, zelfs bij een zeer kleine steekproefgrootte. ***Over het geheel genomen onderstrepen de resultaten van deze studie het belang van het opnemen van kwaliteitscriteria in dit type studies. Door de kwaliteitscriteria toe te passen, hebben de verkregen resultaten een grotere waarde voor het evalueren van de "potentiële" gezondheidsrisico's van blootstelling aan RF-energie zowel op nationaal als internationaal niveau.***

Mogelijke effecten van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden op het centraal zenuwstelsel.

Kim JH, Lee JK, Kim HG, Kim KB, Kim HR

Biomolecules & therapeutics. 2018 Nov. *Epub ahead of print*. doi: 10.4062/biomolther.2018.152.

De technologische vooruitgang van de mensheid, inclusief de ontwikkeling van elektrische en communicatietechnologieën, heeft geleid tot de blootstelling aan kunstmatige elektromagnetische velden (EMV). Er wordt verwacht dat de technologische groei zal aanhouden en bijgevolg dat de blootstelling aan EMV zal blijven toenemen. Met name de gebruikstijd van smartphones, die voor moderne mensen een noodzaak zijn geworden, neemt gestaag toe. De sociale bezorgdheid en de belangstelling voor de gevolgen voor het craniale zenuwstelsel stijgt, aangezien dit het gebied van het lichaam is dat in belangrijke mate wordt blootgesteld bij gebruik van de mobiele telefoon. Voordat de mogelijke effecten van radiofrequentie-elektromagnetisch velden (RF-EMV) op het menselijk lichaam kunnen worden besproken, moeten de verschillende factoren worden onderzocht die een invloed kunnen hebben bij EMV-studies, zowel in vitro- als in diermodellen. Wetenschappelijk onderzoek naar het mechanisme van de biologische effecten is eveneens vereist. Er werd reeds gerapporteerd dat RF-EMV veranderingen kan induceren in zenuwcellen van het centrale zenuwstelsel, waaronder neuronale apoptose, veranderingen in de functie van het myeline van de zenuwen en in de ionenkanalen; bovendien fungeert RF-EMV als een stressbron in levende wezens. De mogelijke biologische effecten van blootstelling aan RF-EMV zijn echter nog niet bewezen en er zijn onvoldoende gegevens over biologische gevaren om een duidelijk antwoord te geven met betrekking tot de mogelijke gezondheidsrisico's. Het is

bijgevolg noodzakelijk om de biologische reactie op RF-EMV te bestuderen rekening houdend met de blootstelling ten gevolge van het gebruik van verschillende apparaten door individuen. In deze review werden de mogelijke biologische effecten van blootstelling aan RF-EMV door de auteurs samengevat.

Opmerkingen bij de reviews

Hoewel in de reviews de mogelijke effecten van radiofrequente elektromagnetische velden op twee verschillende eindpunten (d.w.z. genetische schade en effecten op het centrale zenuwstelsel) worden besproken, concluderen ze allebei dat de beschikbare gegevens inconsistent en/of onvoldoende zijn om een duidelijke conclusie te trekken.

Het is belangrijk om hierbij op te merken dat Vijayalaxmi et al. de noodzaak benadrukken om kwaliteitscriteria op te nemen bij de interpretatie van de resultaten van publicaties over de relatie tussen niet-ioniserende radiofrequente velden en genetische schade in zoogdiercellen. De auteurs hebben vier vooraf bepaalde en specifieke kwaliteitscriteria gehanteerd om de kwaliteit van de verschillende studies te beoordelen: (1) "blind" verzamelen/analyseren van de gegevens, (2) adequate beschrijving van de "dosimetrie", (3) gebruik van "positieve controles" en (4) gebruik van "schijnblootgestelde controles". De auteurs benadrukken hierbij in het bijzonder het belang van een nauwkeurige RF-dosimetrie en het opvolgen van de richtsnoeren van de OESO (2015)¹. Bovendien wijzen de auteurs ook op de noodzaak om de resultaten op een correcte en volledige manier aan het publiek mee te delen. Over het algemeen bevestigt deze review een eerdere analyse van Verschaeve (2017)² die werd samengevat in het document LNE-2016-2016-2018-5.docx (geschreven door Luc Verschaeve onder het vorige LNE literatuuronderzoek).

Kim et al. suggereren bovendien dat bij onderzoek naar de mogelijke effecten van radiofrequente elektromagnetische velden, het ook belangrijk is om rekening te houden met de "alomvattende blootstelling ten gevolge van het gebruik van verschillende apparaten door individuen".

Effecten op zenuwstelsel en neurologische aandoeningen

In vivo studies

Het chronische effect van gepulste 1800 MHz elektromagnetische straling op aminozuur neurotransmitters in drie verschillende gebieden van de hersenen van jonge en jonge volwassen ratten.

Ahmed NA, Radwan NM, Aboul Ezz HS, Khadrawy YA, Salama NA.

Toxicology and industrial health. 2018 Dec;34(12):860-72.

Het intensief gebruik van mobiele telefoons wereldwijd heeft geleid tot een toenemende bezorgdheid over de effecten van elektromagnetische velden (EMV) op de hersenen. De voornaamste redenen voor deze verhoogde bezorgdheid zijn onder meer de nabijheid van het hoofd bij het gebruik van de mobiele telefoon en de verschillende negatieve neurologische effecten die reeds werden gerapporteerd na het gebruik van mobiele telefoons. De hypothese van de auteurs van deze studie is dat de EMV-geïnduceerde neurologische effecten worden gemedieerd door aminozuur neurotransmitters. In de huidige studie werd

daarom het effect van EMV (frequentie 1800 MHz, specifieke absorptiesnelheid 0,843 W/kg, vermogensdichtheid 0,02 mW/cm², gemoduleerd bij 217 Hz) onderzocht op de concentraties van verschillende aminozuur neurotransmitters (glutaminezuur, asparaginezuur, gamma aminoboterzuur, glycine, taurine en het amide glutamine) in de hippocampus, striatum en hypothalamus van jonge en jongvolwassen ratten. De jonge en jongvolwassen dieren werden elk onderverdeeld in twee groepen: controle ratten en ratten die 1 uur per dag werden blootgesteld aan EMV gedurende 1, 2 en 4 maanden. Een subgroep van ratten werd dagelijks blootgesteld aan EMV gedurende 4 maanden en vervolgens niet blootgesteld gedurende 1 maand om het herstel van blootstelling aan EMV te bestuderen. Aminozuur neurotransmitters werden gemeten in de hippocampus, striatum en hypothalamus met behulp van high-performance vloeistofchromatografie. Blootstelling aan EMV induceerde significante veranderingen in aminozuur neurotransmitters in de bestudeerde hersengebieden van jonge en jongvolwassen ratten. De wijzigingen waren meer uitgesproken aanwezig in de hersenen van de jonge dieren. Op basis van deze bevindingen concluderen de onderzoekers van de studie dat de veranderingen in aminozuur neurotransmitters ten gevolge van blootstelling aan EMV bij jonge en jongvolwassen ratten aan de grondslag kunnen liggen van veel van de neurologische effecten die reeds werden gemeld na blootstelling aan EMV, waaronder cognitieve en geheugenstoornissen en slaapstoornissen. Sommige van deze effecten kunnen nog enige tijd aanhouden na het stoppen van de blootstelling.

2.45 GHz microgolfstraling schaadt het leervermogen, het geheugen en de synaptische plasticiteit van de hippocampus in de rat.

Karimi N, Bayat M, Haghani M, Saadi HF, Ghazipour GR.

Toxicology and industrial health. 2018 Dec;34(12):873-83.

Microgolfstraling (MW) werd reeds vaak in verband gebracht met neurologische aandoeningen. Door het wijdverbreide gebruik van MW-straling, vooral in woningen, is het essentieel om het directe effect van MW-straling op het centrale zenuwstelsel verder te onderzoeken. In deze studie werd daarom het effect van MW-straling op het geheugen en de synaptische plasticiteit van de hippocampus bestudeerd. De ratten werden 2 uur per dag blootgesteld aan 2.45 GHz MW-straling (continue golf met een totale gemiddelde vermogensdichtheid van 0,016 mW/cm² en een totale gemiddelde lichaamsspecifieke absorptiesnelheid van 0,017 W/kg) gedurende een periode van 40 dagen. Het ruimtelijk leervermogen en het geheugen werden geëvalueerd aan de hand van testen op basis van de radiale doolhof en het passieve vermijdingsgedrag. De effecten op de synaptische plasticiteit en het aantal neuronale cellen in de hippocampus werden bepaald respectievelijk door het registreren van veldpotentialen en een Giemsa kleuring. De resultaten van de studie tonen aan dat de blootstelling aan MW-straling resulteerde in een daling van het leervermogen en het geheugen. Deze verminderde prestaties waren geassocieerd met een vermindering in de lange termijn potentiatie inductie en de exciteerbaarheid van CA1 neuronen. Echter, MW-straling had geen effect op de korte termijn plasticiteit en gepaarde-pulse ratio die een goede indirecte index zijn voor de waarschijnlijkheid van de glutamaatvrijstelling. De evaluatie van de morfologie van de hippocampus toonde aan dat de neuronale dichtheid in het hippocampale CA1 gebied significant was afgenomen na MW-blootstelling.

De effecten van een continue 1-u dag 900-MHz elektromagnetisch veld blootstelling gedurende de vroege en mid-adolescentie op de morfologie van de hippocampus en het leergedrag van mannelijke ratten in hun late adolescentie.

Keleş Aİ, Yıldırım M, Gedikli Ö, Çolakoğlu S, Kaya H, Baş O, Sönmez OF, Odacı E.
Journal of chemical neuroanatomy. 2018 Dec 1;94:46-53.

Het doel van deze studie was om het effect van een continue 1u per dag 900-megahertz (MHz) elektromagnetisch veld (EMV) blootstelling op de morfologie van de hippocampus en het leergedrag van mannelijke ratten in de late adolescentie te onderzoeken. Vierentwintig mannelijke Sprague Dawley ratten van 3 weken oud werden onderverdeeld in drie gelijke groepen nl. controle, schijnblootstelling en EMV-groep. De ratten in de EMV-groep werden blootgesteld aan een 900 MHz EMV in een EMV-kooi, terwijl de ratten in de schijnblootstellingsgroep in dezelfde kooi werden geplaatst, maar niet werden blootgesteld aan de EMV-straling. Er werd geen procedure uitgevoerd bij de controlegroep. Na toepassing van de EMV-blootstelling gedurende 25 dagen, werden testen op basis van het passieve vermijdingsgedrag, het 8-armige radiale doolhof en de Y-doolhof uitgevoerd om het leervermogen en de geheugenprestaties bij de ratten te bepalen. De 'open veld' en 'rotarad' testen werden toegepast om de locomotorische activiteit te evalueren. Aan het einde van de testen werden de hersenen van de dieren verwijderd. Er werden coupes gemaakt van de hersenen die werden gekleurd met toluidineblauw. De hersenregio's die de hippocampus bevatten werden onderworpen aan een histopathologische evaluatie. Bij het histopathologisch onderzoek werden afwijkingen van de piramidale en korrelige celstructuren waargenomen in de hippocampus van dieren uit de EMV-groep. Er werd echter geen significante verandering waargenomen in het leervermogen, het geheugen of het bewegingsgedrag, noch in de schijnblootstelling- noch in de EMV-groep. De auteurs van de studie concluderen dat de blootstelling aan 900MHz EMV gedurende de vroege en mid-adolescentie geen veranderingen veroorzaakte in het leervermogen, het geheugen of het bewegingsgedrag.

Blootstelling aan GSM 900-MHz mobiele straling vermindert het 'inhibitory avoidance memory consolidation' in de rat: Betrokkenheid van de opioïde en nitrerge systemen.

Ahmadi S, Alavi SS, Jadidi M, Ardjmand A.
Brain research. 2018 Dec 15;1701:36-45.

Het gebruik van mobiele telefoons neemt toe en één van de belangrijkste bezorgdheden met betrekking tot de humane gezondheid zijn de mogelijke schadelijke effecten van de straling van deze telefoons op de werking van de hersenen. Het doel van de huidige studie was om de effecten van blootstelling aan een wereldwijd systeem voor mobiele communicatie (GSM) met mobiele telefoons op 'inhibitory avoidance (IA) memory performance' te bestuderen evenals de mogelijke betrokkenheid van endogene opioïden en stikstofmonoxide (NO) bij deze taak. Mannelijke Wistar ratten, 10-12 weken oud, werden gebruikt. De resultaten van de studie tonen aan dat blootstelling aan mobiele telefoons gedurende 4 weken resulteert in verminderde IA geheugenprestaties in ratten. POST-training, maar niet PRE-training, evenals pre-test intracerebroventriculaire (i.c.v.) injecties van naloxone (0.4, 4 en 40 ng/rat) resulteerden bovendien in

een dosis-afhankelijk herstel van de verminderde IA-geheugenprestaties veroorzaakt door gsm-straling. Daarnaast werd een volledig herstel van de verminderde IA-geheugenprestaties waargenomen bij de blootgestelde dieren met een POST-training behandeling van naloxone (40 ng/rat) in combinatie met pre-test i.c.v. injecties van L-arginine (100 en 200 nmol/rat). Echter, pre-test i.c.v. injecties van L-NAME (10 en 20 nmol/rat), verminderde de IA-geheugenprestaties in de dieren met POST-training naloxone toediening (40 ng/rat). Bij de dieren met POST-training naloxone behandeling, werd de verslechtering van IA-geheugenprestaties als gevolg van pre-test i.c.v. injecties van L-NAME hersteld door de pre-test gelijktijdige toediening van L-arginine. Op basis van deze resultaten werd door de auteurs van de studie geconcludeerd dat het herstel van het verminderde IA-geheugen in gsm-blootgestelde dieren met een POST-training naloxone behandeling het resultaat was van een blokkade van het opioïde systeem tijdens de vroege geheugenconsolidatie evenals een activatie van het nitrerge systeem in de retrieval fase van het geheugen.

Blootstelling aan mobiele telefoon radiofrequente veroorzaakt veranderingen in de corticotrofine hormoonspiegels en in de histologie van de hersenen en de bijnieren in de mannelijke Wistar rat. Shahabi S, Hassanzadeh Taji I, Hoseinnehaddarzi M, Mousavi F, Shirchi S, Nazari A, Zarei H, Pourabdolhossein F. Iran J Basic Med Sci. 2018 Dec;21(12):1269-1274. doi: 10.22038/ijbms.2018.29567.7133.

Tegenwoordig worden apparaten die elektromagnetische velden (EMV) uitzenden routinematig gebruikt in ons leven. Er werden reeds tegenstrijdige resultaten gerapporteerd over de mogelijke effecten van mobiele radiofrequentie (RF) op de verschillende delen van het lichaam, in het bijzonder met betrekking tot het effect op stresshormonen. Het voornaamste doel van het huidige studie was om de lange termijn effecten van blootstelling aan mobiele RF 900 MHz straling te bestuderen met bijzondere aandacht voor de effecten op de pathofysiologie en de functie van de bijnier.

Volwassen mannelijke Wistar ratten werden 6 uur per dag blootgesteld aan mobiele RF-straling gedurende 4-8 weken. Intacte en 'switched-off' blootgestelde dieren werden als controles gebruikt. Plasma ACTH en cortisol niveaus werden gemeten aan de hand van de ELISA-methode. Op het einde van het experiment werd een histologische studie uitgevoerd op de bijnier en het hersenweefsel met behulp van een hematoxyline en eosine kleuring. De dikte van de middelste laag van de bijnier (= zona fasciculata), het aantal cellen en de perimeter werden gemeten met behulp van de Fiji software.

Na langdurige blootstelling aan mobiele RF-straling werden verhoogde ACTH en cortisol gehalten in het serum teruggevonden. De zona fasciculata van de bijnier was eveneens verdikt na mobiele RF-straling. Hoewel het aantal cellen in de zona fasciculata constant bleef, waren de celgrootte en de perimeter toegenomen bij RF-blootstelling. Tot slot vonden de auteurs dat de vacuolisatie in het hersenenweefsel en het aantal en de grootte van de vacuolen aanzienlijk toenam tijdens de twee maanden van RF-blootstelling.

Mobiele telefoon RF-blootstelling resulteerde in significante hormonale en structurele veranderingen in de bijnier- en hersenweefsels. De auteurs adviseren het publiek op basis van hun resultaten om de blootstelling aan RF-straling zo veel mogelijk beperken.

In vitro studies

/

Reproductieve en ontwikkelingseffecten

In vivo studies

Veranderingen in testiculaire morfologie en oxidatieve stress biomerkers in 60-dagen oude Sprague Dawley ratten na blootstelling aan continue 900-MHz elektromagnetisch veld voor 1u per dag gedurende de adolescentie.

Hancı H, Kerimoğlu G, Mercantepe T, Odacı E.

Reproductive Toxicology. 2018 Oct 1;81:71-8.

Het doel van deze studie was om de testes van 60-dagen oude ratten te onderzoeken na blootstelling aan een continu 900 MHz EMV gedurende de adolescentieperiode met behulp van histopathologische en biochemische analysemethoden. Vierentwintig Sprague Dawley ratten van 21 dagen oud werden willekeurig in drie gelijke groepen ingedeeld (n = 8). Er werd geen procedure uitgevoerd op de ratten van de controlegroep. De groep ratten met schijnblootstelling werd in een EMV-kooi gehouden zonder blootstelling aan EMV. De ratten in de EMV-groep werden blootgesteld aan continue 900 MHz EMV-straling voor 1 uur per dag in de EMV-kooi tijdens de adolescentie. Op postnatale dag 60 werden de testikels verwijderd en verdeeld in rechter- en linkerhelften. De rechterhelft werd gebruikt voor histopathologisch onderzoek en de linkerhelft voor biochemische analyses. Volgens de auteurs van de studie tonen deze resultaten aan dat er veranderingen kunnen optreden in de morfologie en oxidatieve stress biomerkers in de rattentestis na blootstelling aan een continu 900 MHz EMV gedurende de adolescentieperiode.

Wat is het ongewenst effect van een draadloos lokaal netwerk met 2,45 GHz op het voortplantingssysteem?

Bilgici B, Gun S, Avci B, Akar A, K. Engiz B.

International journal of radiation biology. 2018 Nov 2;94(11):1054-61.

Het doel van deze studie was om het inflammatoire effect en de testiculaire schade te evalueren in ratten die werden blootgesteld aan lage niveaus van EMV bij 2.45 GHz microgolfstraling. Tweeëntwintig Wistar ratten werden verdeeld in twee groepen. Groep 1 was de controlegroep waarbij de dieren niet werden blootgesteld aan EMV. In groep 2 werden de dieren 1 uur per dag blootgesteld aan lage EMV (gemiddelde E-veld $3,68 \pm 0,36$ V/m, hele lichaam gemiddelde SAR, 0,0233 W/kg, in 10 g weefsel) bij 2.45 GHz gedurende 30 opeenvolgende dagen. Aan het einde van de studie werden de concentraties aan interleukine-6 (IL-6), interleukine-10 (IL-10), interleukine-32 (IL-32), C-reefief eiwit (CRP) en IL-6, IL-10, IL-32 gemeten in het testisweefsel van de ratten. Verder werden de testiculaire weefsels histopathologisch geëvalueerd meer bepaald door het bestuderen van spermatogenese en coagulatie necrose.

De serum IL-6 en CRP-niveaus bleken significant te verschillen in de blootgestelde groep ten opzichte van de controlegroep ($p < 0,05$), maar er werd geen significant verschil gevonden in serum IL-10, IL-32 niveaus en in de IL-6, IL-10, IL-32 niveaus in het testisweefsel in vergelijking met de controlegroep ($p > 0,05$). Anderzijds bleek uit de histopathologische evaluatie van het testikelweefsel dat er een significant verschil was in het optreden van necrose en de spermatogenese ten opzichte van de controlegroep ($p < 0,05$). Op basis van deze resultaten concludeerden de auteurs van de studie dat blootstelling aan een laag EMV-niveau bij 2.45 GHz de ontsteking en schade aan de testikels verhoogt en een negatieve invloed heeft op de functie van het mannelijke voortplantingssysteem.

In vitro studies

Blootstelling aan 1800 MHz radiofrequentievelden inhibeert de testosteronproductie via de CaMKI/ROR α -route.

Qin F, Cao H, Yuan H, Guo W, Pei H, Cao Y, Tong J.

Reproductive Toxicology. 2018 Oct 1;81:229-36.

Blootstelling aan radiofrequente velden (RF) werd reeds in verband gebracht met negatieve effecten op de testosteronproductie en zijn dagelijkse ritme. De mechanismen die aan de basis liggen van dit ongewenst effect blijven echter onbekend. In de huidige studie werden mannelijke muizen 2 uur per dag blootgesteld aan 1800 MHz radiofrequente velden (RF, 40 μ W/cm² vermogen intensiteit en 0,0553 W/kg SAR) gedurende 32 dagen. De resultaten van de studie suggereren dat RF-blootstelling: (i) de testosteronniveaus significant verlaagt, (ii) de expressie wijzigt van de genen die betrokken zijn bij de testosteronsynthese (Star, P450scc, P450c17 en 3 β -Hsd) in het testikelweefsel, en (iii) het regulerend eiwit CaMKI/ROR α significant verlaagt. Vergelijkbare effecten werden waargenomen in culturen van primaire Leydig cellen die *in vitro* werden blootgesteld aan RF-straling. Al deze effecten werden echter geblokkeerd door een CaMK-remmer, KN-93, en ionomycine was in staat om de down-regulering effecten op de intracellulaire [Ca²⁺]_i en de CaMKI/ROR α expressie veroorzaakt door de RF-blootstelling om te draaien. De onderzoekers van de studie concluderen op basis van hun resultaten dat RF-geïnduceerde inhibitie van de testosteronsynthese zou kunnen worden gemedieerd via CaMKI/ROR α signaalweg.

Andere effecten

In vivo studies

Evidentie voor het optreden van oxidatieve stress na continue blootstelling aan Wi-Fi straling in het ratmodel.

Kamali K, Taravati A, Sayyadi S, zahra Gharib F, Maftoon H.

Environmental Science and Pollution Research. 2018 Dec 1;25(35):35396-403.

De blootstelling aan EMV in onze dagelijkse omgeving neemt snel toe, waardoor er ook een stijgende bezorgdheid is met betrekking tot de mogelijke gezondheidseffecten van deze straling. Oxidatieve stress wordt steeds vaker naar voor geschoven als mogelijk mechanisme in de pathofysiologie en de progressie van verschillende ziekten. Voor zover bekend, werd volgens de auteurs de rol van antioxidant redox-systemen na continue blootstelling aan radiofrequente straling van een wifi-toegangspunt in een diermodel nog niet bestudeerd. Er werden daarom experimenten uitgevoerd waarbij de ratten in de experimentele groep continu werden blootgesteld aan radiofrequente (RF-)straling die werd uitgezonden door een commercieel beschikbaar wifi-apparaat. Mannelijke Wister ratten werden 24 uur per dag blootgesteld aan 2,45 GHz RF-straling van een wifi-apparaat gedurende 10 opeenvolgende weken. Om de veranderingen in het antioxidant redox-systeem van het plasma na continue blootstelling aan een Wi-Fi-apparaat te evalueren, werden verschillende parameters bepaald waaronder de totale antioxidant capaciteit van het plasma, het gehalte aan thiobarbituurreagerende stoffen, de concentratie aan gereduceerde glutathion (GSH) en de activiteit van verschillende enzymatische antioxidanten, zoals superoxide dismutase [SOD], katalase [CAT], glutathionperoxidase [GSH-Px], en glutathion S-transferase [GST]. In de wifiblootgestelde groep werd een significante daling gedetecteerd in de totale antioxidant capaciteit van het plasma en in de activiteiten van verschillende antioxidant enzymen, waaronder CAT, GSH-Px en SOD ($P < 0,05$). Anderzijds was de GST-activiteit significant verhoogd in deze groep ($P < 0,05$). Er werden echter geen significante veranderingen gevonden in de GSH- en TBARS-gehalten na blootstelling aan RF-straling. Op basis van deze resultaten concluderen de auteurs van de studie dat het oxidatieve afweersysteem in ratten blootgesteld aan wifisignaal significant werd beïnvloed in vergelijking met de controlegroep. Verdere studies zijn nodig om de mogelijke biologische mechanismen van EMR uitgezonden door wifi-apparatuur en de relevantie van de resultaten beter te begrijpen.

Effect van blootstelling aan elektromagnetische velden van mobiele telefoon op de hepcidine en ijzer status in het serum van mannelijke albino ratten.

EI-Maleky NF and Ebrahim RH.

Electromagnetic Biology and Medicine. 2018 Nov 2. *Epub ahead of print*. doi: 10.1080/15368378.2018.1531423

Elektromagnetische velden (EMV) die door mobiele telefoons tijdens de communicatie worden uitgezonden hebben volgens de auteurs schadelijke gevolgen voor verschillende organen. Het doel van de onderzoekers was om de effecten van blootstelling aan EMV van mobiele telefoons op hematologische

parameters en serumhepcidine te bestuderen bij mannelijke albinoratten in functie van de duur van blootstelling.

De ratten werden ingedeeld in drie groepen (n=8): (i) de schijnblootstellingsgroep waarbij de ratten werden blootgesteld aan een mobiele telefoon terwijl deze uitgeschakeld was, (ii) de experimentele groep I waarbij de ratten werden blootgesteld aan microgolfstraling van een mobiele telefoon om 9 uur 's morgens gedurende 30 minuten en (iii) de experimentele groep II waarbij de ratten een uur lang werden blootgesteld aan microgolfstraling van een mobiele telefoon om 9.00 uur. De ratten werden in alle groepen dagelijks blootgesteld gedurende een totale periode van 5 maanden, gevolgd door een bepaling van het serumhepcidine, het totale aantal leukocyten (TLC), interleukine 6 (IL6), serumijzer, serumferritine, plasmahemoglobine (Hb), de hematocrietwaarde (Hct), het gemiddeld corpusculair volume (MCV), het gemiddeld corpusculair hemoglobine (MCH), de onverzadigde ijzerbindingscapaciteit (UIBC), de totale ijzerbindingscapaciteit (TIBC) en de 1,25-dihydroxycholecalciferolniveaus. In de experimentele groep II werd een significante toename waargenomen in serumhepcidine, TLC, IL6 en serumferritine. Andere parameters zoals serumijzer, TIBC, UIBC, 1,25 dihydroxycholecalciferol, plasma Hb, Hct, MCV en MCH waren echter significant verlaagd in vergelijking met de schijnblootgestelde groep. In de experimentele groep I was er een significante toename in serumhepcidine, IL6 en TLC, samen met niet-significante veranderingen in de overige onderzochte parameters in vergelijking met de schijnblootgestelde groep. Op basis van deze resultaten concluderen de onderzoekers van de studie dat chronische blootstelling aan EMV afkomstig van mobiele telefoons het hepcidine niveau verhoogt wat resulteert in een verstoring van de ijzerparameters, naast het negatief effect op zowel UIBC en TIBC.

***In vitro* studies**

/

Algemene opmerkingen bij de verschillende *in vitro* en *in vivo* studies

Voor de meeste studies die werden opgenomen in dit rapport concludeerden de auteurs dat radiofrequente elektromagnetische velden aanleiding geven tot negatieve effecten op de gezondheid. Echter, zoals ook aangegeven in de review van Vijayalaxmi et al. (2018) en door Verschaeve et al. (2017), moeten bij de interpretatie van de resultaten van deze studies verschillende kwaliteitscriteria in acht worden genomen. Hiermee rekening houdend, kunnen enkele belangrijke opmerkingen worden gemaakt bij de verschillende studies:

- *Behalve voor histopathologische analyses wordt in de meeste studies niet vermeld of de blootstelling in blinde omstandigheden werd uitgevoerd.*
- *In verschillende studies lijkt het aantal dieren per groep vrij laag om voldoende statistische power te kunnen verzekeren (ongeveer 8 tot 10 dieren per blootstellingsgroep). Daarnaast werden in de studie van Ahamadi et al. 400 ratten gebruikt. Echter, als gevolg van chirurgie-geïnduceerde sterfte en foutief aanbrengen van de canule, werden slechts van 280 ratten de gegevens opgenomen in de dataset. In een onderzoek naar de impact van mobiele straling op stress, kan men zich afvragen of de ratten die overleefden ook niet te veel stress ondervonden ten gevolge van de manipulaties wat zou kunnen leiden tot bias en mogelijke verkeerde interpretatie van de resultaten.*

- *Voor de meeste van de studies is een correcte evaluatie en interpretatie van de resultaten niet mogelijk door het gebrek aan nauwkeurige dosimetrie.*

Bijgevolg is er, zoals reeds eerder aangegeven, een grote nood aan studies met radiofrequente elektromagnetische velden die werden uitgevoerd onder striktere kwaliteitscriteria (in het bijzonder blootstelling en dosimetrie, blinde condities, controles).

Overzicht van experimentele studies i.v.m. gezondheidseffecten van radiofrequente straling die in het eerste trimester van 2018 werden gepubliceerd.

PASTACI ÖZSOBACI N, DÜZGÜN ERGÜN D, DURMUŞ S, TUNÇDEMİR M, UZUN H, GELİŞGEN R, ÖZÇELİK D. SELENIUM SUPPLEMENTATION AMELIORATES ELECTROMAGNETIC FIELD-INDUCED OXIDATIVE STRESS IN THE HEK293 CELLS. J TRACE ELEM MED BIOL. 2018 APR 13. PII: S0946-672X(17)30976-8. DOI: 10.1016/J.JTEMB.2018.04.008.

Het doel van deze studie is om het effect van selenium (Se) te onderzoeken na blootstelling van menselijke embryonale niercellen (HEK293) aan 2,4 GHz elektromagnetische velden. Hier werden veranderingen in apoptotische en oxidatieve stressparameters onderzocht. Cellen werden gedurende 1 uur blootgesteld aan 2,4 GHz Elektromagnetisch velden (EMV), terwijl andere werden geïncubeerd met twee verschillende concentraties Se gedurende 48 uur voorafgaand aan de EMV-blootstelling.

Se bleek bescherming te bieden tegen 2,4 GHz EMV-geïnduceerde oxidatieve stress door het verminderen van lipide peroxidatie, regulering van SOD en GSH-Px activiteit. Se heeft ook een remmend effect op 2,4 GHz EMV-geïnduceerde apoptose door de expressie van anti-apoptotisch eiwit bcl-2 te verhogen en het regulerende eiwit caspase-3 van apoptose te onderdrukken.

AKDAG M, DASDAG S, CANTURK F, AKDAG MZ. EXPOSURE TO NON-IONIZING ELECTROMAGNETIC FIELDS EMITTED FROM MOBILE PHONES INDUCED DNA DAMAGE IN HUMAN EAR CANAL HAIR FOLLICLE CELLS. ELECTROMAGN BIOL MED. 2018 APR 18:1-10. DOI: 10.1080/15368378.2018.1463246.

Het doel van deze studie was om het effect van radiofrequente straling (RF) uitgezonden door mobiele telefoons te onderzoeken op DNA-schade in follikelcellen van haar in de gehoorgang. De studie werd uitgevoerd bij 56 mannen in vier behandelingsgroepen met n = 14 in elke groep. De groepen werden als volgt gedefinieerd: mensen die geen mobiele telefoon gebruikten (controle), mensen die mobiele telefoons gebruikten voor 0-30 min/dag (tweede groep), mensen die gedurende 30-60 min/dag mobiele telefoons gebruikten (derde groep) en mensen die meer dan 60 minuten per dag mobiele telefoons gebruikten (vierde groep). De haarzakjes van het oorkanaal van de proefpersonen werden geanalyseerd met de komeettest om DNA-schade te bepalen. De resultaten van het onderzoek toonden aan dat DNA-schade indicatoren hoger waren in de RF-blootstellingsgroepen dan in de controlepersonen. Bovendien nam de DNA-schade naarmate de dagelijkse duur van de blootstelling. Gesteld kan worden dat RF-straling van mobiele telefoons potentieel heeft om DNA-schade aan follikelcellen van haar in de gehoorgang veroorzaken.

AL-SERORI H, FERK F, KUNDI M, BILECK A, GERNER C, MIŠÍK M, NERSESYAN A, WALDHERR M, MURBACH M, LAH TT, HEROLD-MENDE C, COLLINS AR, KNASMÜLLER S. MOBILE PHONE SPECIFIC

ELECTROMAGNETIC FIELDS INDUCE TRANSIENT DNA DAMAGE AND NUCLEOTIDE EXCISION REPAIR IN SERUM-DEPRIVED HUMAN GLIOBLASTOMA CELLS. PLOS ONE. 2018 APR 12;13(4):E0193677.

Deze studie onderzocht de impact van het UMTS-sigitaal op de DNA-stabiliteit in tien verschillende menselijke cellijnen (zes hersenaafgeleide cellijnen, lymfocyten, fibroblasten, lever- en buccale weefselcellen) onder omstandigheden die relevant zijn voor gebruikers (SAR 0,25 tot 1,00 W/kg). Er werd geen bewijs gevonden voor inductie van schade in de komeetttest, wanneer de cellen met serum werden gekweekt. Er werden echter duidelijke positieve effecten waargenomen in een p53-bekwame glioblastomalijn (U87), wanneer de cellen werden gekweekt onder serumvrije omstandigheden, terwijl geen effecten werden gevonden in p53-deficiënte glioblastomacellen (U251). Verdere experimenten toonden aan dat de schade snel verdwijnt in U87 en dat de blootstelling geïnduceerde nucleotide-excisieherstel (NER) en geen dubbele DNA-strengbreuken veroorzaakt. De waarneming van NER-inductie wordt ondersteund door de resultaten van een proteoomanalyse, die aangeven dat verschillende eiwitten die bij NER zijn betrokken opwaarts worden gereguleerd na blootstelling aan UMTS. Bovendien werden er aanwijzingen gevonden voor de activering van de γ -interferonroute. De huidige bevindingen tonen aan dat het sigitaal tijdelijke genetische instabiliteit in glioma-afgeleide cellen veroorzaakt en cellulaire afweersystemen activeert.

LAMKOWSKI A, KREITLOW M, RADUNZ J, WILLENBOCKEL M, SABATH F, SCHUHN W, STIEMER M, FICHTE LO, DUDZINSKI M, BÖHMELT S, ULLMANN R, MAJEWSKI M, FRANCHINI V, EDER S, RUMP A, PORT M, ABEND M. GENE EXPRESSION ANALYSIS IN HUMAN PERIPHERAL BLOOD CELLS AFTER 900 MHZ RF-EMF SHORT-TERM EXPOSURE. RADIAT RES. 2018 MAY;189(5):529-540.

In deze studie werden perifere bloedcellen van vijf donoren blootgesteld aan een continue golf van 900 MHz RF-EMV gedurende 0, 30, 60 en 90 minuten. Veranderingen in genexpressie werden geëvalueerd met microarray-analyse. Verificatie van microarray resultaten werd uitgevoerd met behulp van bio-informatica-analyses en qRT-PCR. De bevindingen wezen uit dat EMV-blootstelling van 900 MHz met een gemiddelde specifieke absorptiesnelheid van 9,3 W/kg onvoldoende is om niet-thermische effecten in genexpressie te induceren bij blootstellingen tot 90 minuten.

PICCINETTI CC, DE LEO A, COSOLI G, SCALISE L, RANDAZZO B, CERRI G, OLIVOTTO I. MEASUREMENT OF THE 100 MHZ EMF RADIATION IN VIVO EFFECTS ON ZEBRAFISH D. RERIO EMBRYONIC DEVELOPMENT: A MULTIDISCIPLINARY STUDY. ECOTOXICOL ENVIRON SAF. 2018 JUN 15;154:268-279. DOI: 10.1016/J.ECOENV.2018.02.053. EPUB 2018 FEB 22.

De studie had tot onderwerp het evalueren van de biologische effecten op embryo's van de zebravis (ZV) van 100 MHz (RF-EMV) blootstelling via een multidisciplinair protocol. De resultaten toonden aan dat een EMV van 100 MHz de embryonale ontwikkeling van ZV kan beïnvloeden, van 24 tot 72 uur na de bevruchting. In het bijzonder bij het 48u postfertilisatie-stadium werden een verminderde groei, een verhoogde transcriptie van oxidatieve stressgenen, het begin van apoptotische/autofagische processen en een modificatie van het cholesterolmetabolisme gedetecteerd. EMV-straling veroorzaakte stress in ZV-embryo's door inductie van ontgiftingsmechanismen en in het 72u postfertilisatie-stadium herstelden ze

gedeeltelijk van stress zodat de uitbroedtijd vergelijkbaar werd met deze van de controlegroep. De resultaten toonden ondubbelzinnig het bestaan van in vivo effecten van RF-EMV op een diermodel aan, met uitsluiting van thermische effecten en zijn daardoor een startpunt voor meer uitgebreid onderzoek naar dosis-responseeffecten van elektromagnetische velden.

SU L, YIMAER A, XU Z, CHEN G. EFFECTS OF 1800 MHZ RF-EMF EXPOSURE ON DNA DAMAGE AND CELLULAR FUNCTIONS IN PRIMARY CULTURED NEUROGENIC CELLS. INT J RADIAT BIOL. 2018 MAR;94(3):295-305. DOI: 10.1080/09553002.2018.1432913. EPUB 2018 FEB 7.

Deze studie evalueerde de effecten van 1800 MHz RF-EMV met een SAR van 4,0 W/kg op DNA-schade en cellulaire functies in primaire gekweekte neurogene cellen.

RF-EMV blootstelling induceerde geen γ H2AX-focisvorming in drie primaire gekweekte neurogene cellen. Verder had blootstelling aan RF-EMV geen significante invloed op de secretie van cytokinen in astrocyten en microglia, noch op de morfologische indicatoren van dendrietten of synapsen van corticale neuronnen. De blootstelling verminderde echter significant de fagocytose activiteit van microglia en het aantal vertakkingen van corticale neuronnen en verminderde de vertakkingslengte van axonen.

De gegevens toonden aan dat blootstelling aan RF-EMV geen DNA-schade veroorzaakte, maar wel het fagocytisch vermogen van microglia afremde zowel als de axon-vertakkingslengte en het aantal vertakkingen van corticale neuronnen.

KIM JH, YU DH, KIM HJ, HUH YH, CHO SW, LEE JK, KIM HG, KIM HR. EXPOSURE TO 835 MHZ RADIOFREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELD INDUCES AUTOPHAGY IN HIPPOCAMPUS BUT NOT IN BRAIN STEM OF MICE. TOXICOL IND HEALTH. 2018 JAN;34(1):23-35.

In deze studie werd onderzocht of autofagie wordt geactiveerd in de hippocampus of de hersenstam na blootstelling aan RF-EMV. C57BL/6 muizen werden hiertoe blootgesteld aan 835 MHz RF-EMV (SAR = 4,0 W/kg) gedurende 12 weken. Daarna werden de hippocampus en hersenstam van muizen ontleed en geanalyseerd. Kwantitatieve real-time PCR (qRT-PCR) analyse toonde aan dat verschillende autofagische genen, die een sleutelrol spelen in de regulatie van autofagie, significant opgereguleerd werden in de hippocampus maar niet in de hersenstam. Expressieniveaus van LC3B-II-eiwit en p62, cruciale autofagie regulerende eiwitten, waren alleen significant veranderd in de hippocampus. Tegelijkertijd toonde transmissie-elektronenmicroscopie (TEM) een toename aan van het aantal autofagosomen en autolysosomen in de hippocampale neuronnen van muizen blootgesteld aan RF-EMV. Deze studie toonde aan dat 835 MHz RF-EMV in de gegeven omstandigheden autofagie induceert in de hippocampus, niet in de hersenstam. De resultaten suggereren dat van de verschillende adaptatieprocessen na blootstelling aan RF-EMV, autofagische afbraak in specifieke hersenregio's een mogelijk werkingsmechanisme kan zijn.

PARK J, KWON JH, KIM N, SONG K. EFFECTS OF 1950 MHZ RADIOFREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS ON A β PROCESSING IN HUMAN NEUROBLASTOMA AND MOUSE HIPPOCAMPAL NEURONAL CELLS. J RADIAT RES. 2018 JAN 1;59(1):18-26. DOI: 10.1093/JRR/RRX045.

De ziekte van Alzheimer is een neurodegeneratieve aandoening die leidt tot progressief verlies van geheugen en andere cognitieve functies. Een van de bekende pathologische markers van de ziekte is de accumulatie van amyloid- β -eiwit (A β) en de plaques die ervan in de hersenen gevormd worden. Recente studies met Tg-5XFAD-muizen als model voor de ziekte hebben aangegeven dat blootstelling aan RF-EMV van mobiele telefoons de vorming van A β -plaques in de hersenen vermindert en dus gunstige effecten op de ziekte opwekken. In deze studie onderzochten de auteurs of blootstelling aan 1950 MHz RF-EMV een invloed uitoefent op de A β vorming in neurale cellen. Ze stelden hiertoe HT22 muis neuronale cellen van de hypocampus en SH-SY5Y humane neuroblastomacellen bloot aan RF-EMV (SAR 6 W/kg) gedurende 2 uur per dag en gedurende 3 dagen en analyseerden de mRNA- en eiwitexpressie van de sleutelgenen die met aan A β zijn gerelateerd. Bij blootstelling aan RF-EMV waren de mRNA-niveaus van APP, BACE1, ADAM10 en PSEN1 verlaagd in HT22, maar het mRNA-niveau van APP was niet veranderd in SH-SY5Y-cellen. De eiwitexpressie van APP en BACE1, evenals het uitgescheiden A β -peptide, was niet significant verschillend tussen aan RF-EMV blootgestelde 7w-PSML-, HT22- en SH-SY5Y-cellen en de niet-blootgestelde controles. Deze waarnemingen suggereren dat blootstelling aan RF-EMV mogelijk op de korte termijn geen significant fysiologisch effect heeft op het A β van neurale cellen. Aangezien de auteurs echter HT22- en SH-SY5Y-cellen slechts gedurende 2 dagen en gedurende 2 uur per dag aan RF-EMV blootstelden, kan de mogelijkheid dat 1950 MHz RF-EMV wel fysiologische verandering opwekt in A β bij langdurige en continue blootstelling niet worden uitgesloten.

PANDEY N, GIRI S. MELATONIN ATTENUATES RADIOFREQUENCY RADIATION (900 MHZ)-INDUCED OXIDATIVE STRESS, DNA DAMAGE AND CELL CYCLE ARREST IN GERM CELLS OF MALE SWISS ALBINO MICE. TOXICOL IND HEALTH. 2018 JAN 1:748233718758092. DOI: 10.1177/0748233718758092. [EPUB AHEAD OF PRINT] PUBMED PMID: 29562845.

De huidige studie onderzocht het effect van 900 MHz straling (GSM) en melatoninesuppletie op de ontwikkeling van kiemcellen tijdens de spermatogenese. Swiss albinomuizen werden in vier groepen verdeeld. Eén groep ontving RF-blootstelling gedurende 3 uur tweemaal per dag gedurende 35 dagen en de andere groep kreeg dezelfde blootstelling maar aangevuld met melatonine (N-acetyl-5-methoxytryptamine) (MEL; 5 mg/kg lichaamsgewicht/dag). Twee andere groepen ontvingen alleen MEL of bleven onbestraald. De studie evalueerde het mogelijke ontstaan van afwijkingen van het sperma, het totaal aantal spermacellen, biochemische tests voor lipidenperoxiden, verminderd glutathion, superoxide-dismutaseactiviteit en de histologie van de testes. Bovendien werden flowcytometrische evaluaties van kiemcelsubtypes en de komeetttest uitgevoerd in testisweefsel. Er werd aanzienlijke DNA-schade aangetoond in de kiemcellen van RF-blootgestelde dieren samen met arrest van pre-meiotische stadia van de spermatogenese die uiteindelijk leidde tot een laag aantal zaadcellen en er werden ook spermakopafwijkingen waargenomen. Bovendien toonden de biochemische tests overmatige vorming

van vrije radicalen, resulterend in respectievelijk histologische en morfologische veranderingen in testis en kiemcelmorfologie. Deze effecten waren echter minder aanwezig of afwezig in RF-blootgestelde dieren die ook aan melatonine waren blootgesteld. Daarom werd besloten dat melatonine de remming van de pre-meiotische spermatogenese in mannelijke geslachtscellen remt als gevolg van zijn anti-oxidatieve potentieel en het vermogen om herstelmechanismen voor DNA te verbeteren. Dat leidt dan tot normaal sperma- en spermamorfologie in RF-blootgestelde dieren.

HERRALA M, MUSTAFA E, NAARALA J, JUUTILAINEN J. ASSESSMENT OF GENOTOXICITY AND GENOMIC INSTABILITY IN RAT PRIMARY ASTROCYTES EXPOSED TO 872 MHZ RADIOFREQUENCY RADIATION AND CHEMICALS. INT J RADIAT BIOL. 2018 MAR 23:1-7. DOI: 10.1080/09553002.2018.1450534. [EPUB AHEAD OF PRINT] PUBMED PMID: 29528766.

Hier werd genotoxiciteit, co-genotoxiciteit en geïnduceerde genomische instabiliteit (IGI) in primaire astrocyten na blootstelling aan radiofrequente (RF) straling onderzocht. Primaire astrocyten van de rat werden blootgesteld aan 872 MHz GSM-gemoduleerde of continue golf (CW) RF-straling met specifieke absorptiesnelheden van 0,6 of 6,0 W/kg gedurende 24 uur. Menadione (MQ) en methylmethaansulfonaat (MMS; alleen in genotoxiciteitsexperimenten) werden gebruikt in geval van co-blootstelling. De alkalische komeetttest en de micronucleus test (met flowcytometrie) werden gebruikt om genetische schade te detecteren.

Er werd geen IGI waargenomen na RF-straling alleen of gecombineerde behandeling met MQ. RF-straling alleen was niet genotoxisch. RF-straling in combinatie met blootstelling aan chemicaliën vertoonde enkele statistisch significante verschillen: verhoogde DNA-schade bij 6,0 W/kg maar verminderde DNA-schade bij 0,6 W/kg in cellen die blootgesteld werden aan GSM gemoduleerde RF-straling en MQ, en verhoogde micronucleusfrequentie in cellen die werden blootgesteld aan CW RF-straling bij 0,6 W/kg en MMS.

Blootstelling aan door GSM gemoduleerde RF-straling tot 6,0 W/kg induceerde geen of verhoogde geen genomische instabiliteit in primaire astrocyten van ratten. Het ontbreken van enige genotoxiciteit door RF-straling alleen werd in meerdere experimenten overtuigend aangetoond. Co-genotoxiciteit van RF-straling en genotoxische chemicaliën werd niet consistent waargenomen.

POULLETIER DE GANNES F, MASUDA H, BILLAUDEL B, POQUE-HARO E, HURTIER A, LÉVÊQUE P, RUFFIÉ G, TAXILE M, VEYRET B, LAGROYE I. EFFECTS OF GSM AND UMTS MOBILE TELEPHONY SIGNALS ON NEURON DEGENERATION AND BLOOD-BRAIN BARRIER PERMEATION IN THE RAT BRAIN. SCI REP. 2017 NOV 14;7(1):15496. DOI: 10.1038/S41598-017-15690-1. PUBMED PMID: 29138435; PUBMED CENTRAL PMCID: PMC5686211.

Deze studie onderzocht de effecten van mobiele telefoonfrequenties op de bloed en hersenen barrière (BBB) en degeneratie van neuron in ratten. Hiertoe werden ratten blootgesteld aan signalen van GSM-1800 en UMTS-1950. Er werden twee protocollen gebruikt: (i) ratten die enkel werden blootgesteld gedurende een periode van 2 uur onmiddellijk daarna werden gedood, of 1 uur, 1, 7 of 50 dagen later, en (ii) herhaalde blootstellingen (2 uur/dag, 5 dagen week, gedurende 4 weken) waarbij effecten onmiddellijk en 50 dagen na het einde van de blootstelling werden bestudeerd. De koppen van de ratten werden

blootgesteld aan straling met een gemiddelde specifieke absorptiesnelheden van 0,026, 0,26, 2,6 en 13 W/kg. Er werd geen enkel negatief effect waargenomen in termen van BBB-lekkage of neurondegeneratie na de enkele blootstelling of onmiddellijk na het einde van de herhaalde blootstellingen, met uitzondering van een tijdelijke lekkage van BBB bij UMTS, 0,26 W/kg). Vijftig dagen na de herhaalde blootstelling was er verandering in het voorkomen van degenererende neuronen. Er werd wel een significant verhoogde albuminelekkage gedetecteerd met beide RF-signalen bij 13 W/kg. In deze studie werd het sterkste, vertraagde effect geïnduceerd door GSM-1800 bij 13 W/kg. Aangezien 13 W/kg in de rattenkoppen overeenkomt met 4 keer zoveel in het menselijk hoofd, kunnen er na herhaaldelijke blootstelling van de menselijke hersenen schadelijke effecten optreden bij meer dan 50 W/kg. Dit is totaal niet relevant in termen van gezondheidseffecten van straling van mobiele telefoons bij de mens.

YAEKASHIWA N, OTSUKI S, HAYASHI S, KAWASE K. INVESTIGATION OF THE NON-THERMAL EFFECTS OF EXPOSING CELLS TO 70-300 GHZ IRRADIATION USING A WIDELY TUNABLE SOURCE. J RADIAT RES. 2017 DEC 21. DOI: 10.1093/JRR/RRX075. [EPUB AHEAD OF PRINT] PUBMED PMID: 29281029.

Deze studie onderzocht niet thermische effecten op cellen blootgesteld aan straling bij een laag vermogen met afstembare frequenties van 70 GHz tot 300 GHz. Een afstelbare stralingsbron werd in een celkweekincubator geïnstalleerd. Om het effect van warmteontwikkeling als gevolg van bestraling te vermijden, werd de stralingsintensiteit onder 10 μ W gehandhaafd. De bestraling kwam hierbij van onder de cellen. Bestraling werd uitgevoerd door stapsgewijs over te gaan van 70 GHz naar 300 GHz met intervallen van 1 GHz. De microgolffron werd op 100 mm van de houder geplaatst waarin de cellen werden gekweekt. De cellen werden blootgesteld aan de straling gedurende 3, 70 of 94 uur. Er werd geen verschil gevonden in de proliferatie tussen aan straling blootgestelde cellen en niet blootgestelde controlecellen. Er werd een colorimetrische methode gebruikt voor onderzoek van de celactiviteit en cytotoxiciteit. Er werd geen verschil gevonden in cellulaire activiteit of toxiciteit tussen blootgestelde- en controle cellen. Deze studie kon dus geen niet-thermisch effect aantonen als gevolg van blootstelling van cellen aan straling van 70 GHz tot 300 GHz.

D'SILVA MH, SWER RT, ANBALAGAN J, RAJESH B. EFFECT OF RADIOFREQUENCY RADIATION EMITTED FROM 2G AND 3G CELL PHONE ON DEVELOPING LIVER OF CHICK EMBRYO – A COMPARATIVE STUDY. J CLIN DIAGN RES. 2017 JUL;11(7):AC05-AC09.

Deze studie evalueerde mogelijke weefsel- en DNA-schade bij de ontwikkeling van de lever van kippenembryo's na chronische blootstelling aan ultrahoge frequentie/radiofrequente straling (UHF / RFS) van 2G- en 3G-gsm's.

Bevruchte kippenembryo's werden in vier groepen ingedeeld. De groep A-experimentele groep werd blootgesteld aan 2G-straling (60 eieren), de groep B-experimentele groep aan 3G-straling (60 eieren). Groep C- bestond uit een controlegroep met schijnblootstelling (60 eieren) en groep D was een niet blootgestelde controlegroep (48 eieren). De blootstelling van zich ontwikkelende kippenembryo's aan 2G- en 3G-straling structurele veranderingen in de lever leidde tot afwijkingen in de lever, i.h.b. verwijde sinusoidale ruimten met hemorragie, verhoogde vacuolaties in het cytoplasma, verhoogde nucleaire

diameter en karyorrhesis en significant verhoogde DNA-schade. Chronische blootstelling van de kippenembryo-lever aan 2G- en 3G-gsm velden, resulteerde in verschillende structurele veranderingen en DNA-schade. De veranderingen waren meer uitgesproken in de 3G-experimentele groep. Volgens de auteurs van deze studie is het op basis van deze bevindingen noodzakelijk om het publiek bewust te maken van de mogelijke nadelige effecten van straling van mobiele telefoons.

Het probleem is echter dat het experimenteel ontwerp wetenschappelijk weinig waardevol was omdat de eieren niet allemaal blootgesteld werden aan hetzelfde veld binnen één experiment en omdat de blootstelling onvoldoende werd gekarakteriseerd.

NGUYEN THP, PHAM VTH, BAULIN V, CROFT RJ, CRAWFORD RJ, IVANOVA EP. THE EFFECT OF A HIGH FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELD IN THE MICROWAVE RANGE ON RED BLOOD CELLS. SCI REP. 2017 SEP 7;7(1):10798.

Deze studie bestudeerde het effect van blootstelling van rode bloedcellen aan een 18 GHz elektromagnetisch veld (EMV) en toonde aan dat de blootstelling het vermogen heeft om opname van nanobolletjes in de cellen te induceren. Er wordt aangenomen dat door EMV- geïnduceerde roterende waterdipolen leiden tot storing van celmembranen, de vervorming ervan initiëren en resulteren in een verhoogde mate van membraanpermeatie via een quasi-exocytoseproces.

WANG H, TAN S, XU X, ZHAO L, ZHANG J, YAO B, GAO Y, ZHOU H, PENG R. LONG TERM IMPAIRMENT OF COGNITIVE FUNCTIONS AND ALTERATIONS OF NMDAR SUBUNITS AFTER CONTINUOUS MICROWAVE EXPOSURE. PHYSIOL BEHAV. 2017 SEP 1;181:1-9.

In deze studie werden 220 mannelijke Wistar-ratten blootgesteld aan 2,556 GHz straling met een gemiddelde vermogensdichtheid van 0, 2,5, 5 en 10 mW/cm² voor 6 minuten/dag, 5 dagen/week en tot 6 weken. Ratten in de 10 mW cm²-groep vertoonden een afname in ruimtelijke leer- en geheugenvermogens zowel als EEG-stoornissen. Bovendien werden ook veranderingen in de basisstructuur en de ultrastructuur van de hippocampus gevonden in de groepen van 10 en 5 mW cm². Deze bevindingen suggereren dat langdurige blootstelling in verband kan worden gebracht met langdurige geheugenstoornissen en afwijkingen aan EEG en letsels aan de hippocampusstructuur.

Syalima P. R., Raseek Rameesa and Evans D . A. Mobile phone radiation induces sedation in *Periplaneta Americana*. CURRENT SCIENCE, VOL. 113, 2275-2281.

Blootstelling van volwassen mannelijke *Periplaneta americana* (kakerlakken) aan elektromagnetische straling (EMV) leidt tot grote afwijkingen in de verschillende enzymsystemen van vet- en hematologische profielen. Er werd een sterke daling van het eiwitgehalte van het lichaam. Hoewel de activiteit van glutamaatxaloacetaattransaminase een significante afname vertoonde, vertoonde die van glutamaatpyruvaattransaminase een sterke toename. Het gehalte aan glucose en urinezuur van een vetlichaam vertoonde eveneens een sterke toename. De hoeveelheid van het proteolytisch enzym, leucine-aminopeptidase bleek te dalen na een blootstelling van 3 uur. Een ander proteolytisch enzym, cathepsine-D, nam dan weer toe in zowel het derde als in de zesde uur. Effecten van acetylcholine in het

centrale zenuwstelsel waren toegenomen en bleken na het derde uur van de blootstelling inert en lethargisch te zijn. Het totale aantal hemocyten vertoonde een scherpe daling na drie uur, een sterke stijging na zes uur, met onbalans en fluctuaties in de differentiële telling. Cytopathologische veranderingen werden ook waargenomen via waarnemingen van een gebrek aan membraanintegriteit in het bijzonder van granulocyten. deze studie onthulde dat straling van mobiele telefoons kan leiden tot vele defecten ter hoogte van de hersenen, neuronen, ontwikkelende cellen en enzymsystemen.

Deze studie heeft verschillende tekortkomingen die hierna als algemene commentaar bij vele eerder aangehaalde studies worden uiteengezet. Dergelijke tekortkomingen zijn oorzaak van vele misinterpretaties en onnodige alarmerende berichten die moeten worden vermeden, zoals ook al in een eerdere publicatie gerapporteerd [Verschaeve, L., In *Microwave Effects on DNA and Proteins* (Geddes, C.D.), Springer International Publishing AG, 2017, pp. 159-233; ISBN: 978-3-31950289-2].

OPMERKINGEN BETREFFENDE DE STUDIES OVER RFR-GEINDUCEERDE BIOLOGISCHE EFFECTEN IN VITRO EN IN VIVO

Veel van de gepubliceerde en gerapporteerde studies moeten zorgvuldig worden geëvalueerd en in vraag gesteld worden. Dit komt omdat veel resultaten melding maken van kleine biologische veranderingen die niet echt relevant zijn voor de gezondheid (een biologische reactie zonder enig reëel gevolg). Maar belangrijker is dat er vele tekortkomingen zijn die elke conclusie onmogelijk maken. Dit werd bv. verwoord door Vijayalaxmi (correspondentie als antwoord op het bovenstaande artikel van Syalima et al.):

(1) Vaak volgden de auteurs geen correct wetenschappelijk onderbouwde onderzoeksstrategie

(2) Het onderzoek werd vaak niet 'blind' uitgevoerd. Dit is vooral belangrijk als het gaat om een zeer controversieel onderwerp zoals dat van de mogelijke gezondheidseffecten van straling van mobiele telefoons.

(3) Vaak waren er geen positieve controles om de waarnemingen die werden gedaan in aan EMV blootgestelde cellen en dieren te bevestigen.

(4) Vaak was er geen dosimetrie om de blootstelling te karakteriseren. Er werden bv. vaak experimenten gedaan met een standaardtelefoon als stralingsbron, wat beslist ontoereikend is, bijvoorbeeld omdat het vermogen van de telefoon afhangt van de sterkte van het signaal. In dergelijke experimenten worden cellen/dieren binnen eenzelfde blootstellinggroep niet alle aan dezelfde stralingsintensiteiten blootgesteld. Vaak wordt geen SAR-waarde genoemd, of indien wel kan het die van de geteste telefoon zijn geweest die wordt opgegeven voor conformiteitsgoedkeuring maar niet is gerelateerd aan het feitelijke blootstellingsniveau van de cellen en/of dieren.

(5) Waargenomen veranderingen worden vaak direct geëxtrapoleerd naar mensen wat in veel gevallen vergezocht en incorrect is.

(6) Wegens gebrek aan informatie is het heel vaak onmogelijk om de gerapporteerde observaties door onafhankelijke onderzoekers te repliceren of te bevestigen. Soms konden dezelfde onderzoekers hun eigen resultaten niet bevestigen. Dat hoeft niet meteen een probleem te zijn maar wijst er wel op dat de situatie niet zo eenvoudig is en een individueel onderzoeksresultaat nooit voldoende is om verregaande conclusies te trekken.

De publieke bezorgdheid over de mogelijke negatieve effecten van EMV-emitterende technologieën is belangrijk en moet worden aangepakt met herhaalbare onderzoeken van goede kwaliteit. De wetenschappelijke resultaten moeten correct door de onderzoekers worden over gemaakt. Onnodige alarmerende uitspraken moeten vermeden worden zodat het 'algemene publiek' niet meer dan het nu al het geval is overstelpt wordt door onwetenschappelijke en onbewezen uitspraken over mogelijke gezondheidsrisico's van straling van mobiele telefoons en basisstations.

Overzicht van de experimentele studies betreffende de gezondheidseffecten van radiofrequentie straling die in het derde trimester van 2018 werden gepubliceerd.

Birgit Mertens, Maryse Ledent & Thi Thu Ha Nguyen
Sciensano, Risk Assessment unit

Neoplastische ziekten

In vivo studies

Rapport over de finale resultaten met betrekking tot de ontwikkeling van hersentumoren en harttumoren in Sprague-Dawley ratten die van vóór de geboorte tot aan hun natuurlijke dood werden blootgesteld aan mobiele telefoon radiofrequentie velden representatief voor een gsm-basisstation met emissie van 1,8 GHz.

Falcioni L, Bua L, Tibaldi E, Lauriola M, De Angelis L, Gnudi F, Mandrioli D, Manservigi M, Manservigi F, Manzoli I, Menghetti I.

Environmental research. 2018 Aug 1;165:496-503.

In 2011 werd radiofrequente straling (RF) door IARC geklasseerd als mogelijk carcinogeen voor mensen (groep 2B). Volgens het IARC is er op basis van dierproeven en epidemiologisch onderzoek beperkte evidentie voor de carcinogeniteit van RF. In 2016 publiceerde het NTP de eerste resultaten van zijn langetermijnstudies naar de effecten van 'near field' RF waarbij een verhoogde incidentie werd gerapporteerd van kwaadaardige gliale tumoren van de hersenen en hart schwannomas bij ratten die werden blootgesteld aan gsm- en CDMA-gemoduleerde mobiele telefoon RF. De tumoren die in de NTP-studie werden waargenomen zijn van een type dat vergelijkbaar is met de tumoren die in sommige epidemiologische studies van gebruikers van mobiele telefoons werden waargenomen.

Het Ramazzini Instituut (RI) voerde een levenslange carcinogeniteitsstudie uit op Sprague-Dawley ratten om de carcinogene effecten van RF in het verre veld te evalueren, waarbij de blootstelling aan RF gegenereerd door 1,8 GHz gsm-antenne van de radiobasisstations van mobiele telefoons werd gereproduceerd. De studie, waarbij 2448 dieren werden gebruikt, is het grootste langetermijnonderzoek dat ooit bij ratten werd uitgevoerd naar de gezondheidseffecten van RF. In dit artikel worden de finale resultaten met betrekking tot hersentumoren en harttumoren van de studie gerapporteerd.

Mannelijke en vrouwelijke Sprague-Dawley ratten werden van voor de geboorte tot aan hun natuurlijke dood gedurende 19uur/dag over hun volledige lichaam blootgesteld aan een ver veld van 0, 5, 25, 50 V/m van een 1,8 GHz GSM.

Een statistisch significante toename in de incidentie van hart schwannomas werd waargenomen bij mannelijke ratten die werden blootgesteld aan de hoogste dosis (50 V/m). Bovendien werd een toename in de incidentie van hyperplasie van de hart Schwann cellen waargenomen bij mannelijke en vrouwelijke ratten die werden blootgesteld aan de hoogste dosis (50 V/m). Dit effect was echter niet statistisch significant. Een toename in de incidentie van kwaadaardige gliale tumoren werd waargenomen bij vrouwelijke ratten blootgesteld aan de hoogste dosis (50 V/m), hoewel deze niet statistisch significant was.

De RI-bevindingen over 'far field' blootstelling aan RF zijn consistent met en versterken de resultaten van de NTP-studie over 'near field' blootstelling, aangezien beide een toename van de incidentie van tumoren van de hersenen en het hart in aan RF-blootgestelde Sprague-Dawley ratten rapporteren. Deze tumoren zijn van hetzelfde histotype als diegene die werden waargenomen in sommige epidemiologische studies bij gebruikers van mobiele telefoons. Deze experimentele studies leveren voldoende bewijs voor een herbeoordeling van de conclusies van het IARC met betrekking tot het carcinogene potentieel van RFR bij de mens.

In vitro studies

/

Opmerkingen bij de Falcioni et al. studie

Falcioni en collega's melden een toename van de incidentie van hersen- en harttumoren in Sprague-Dawley ratten na levenslange blootstelling aan RF in het verre veld. Volgens de auteurs zijn deze waarnemingen in lijn met de gedeeltelijke resultaten van de NTP-studie (2016) en van enkele epidemiologische studies. Er kunnen echter een aantal belangrijke opmerkingen bij deze studie worden gemaakt:

- *De auteurs verwijzen naar de tussentijdse resultaten van de NTP-studie, waarbij een verhoogde incidentie werd gerapporteerd van tumoren in ratten blootgesteld aan RF (near field) in vergelijking met controles (2016). De gediagnosticeerde tumoren waren kwaadaardige gliomen in de hersenen en schwannoma's van het hart. In de tussentijd werden echter de definitieve resultaten van het NTP-onderzoek gepubliceerd. Volgens het eindrapport is het initiële verband tussen blootstelling aan RFR en de verhoogde incidentie in hersentumoren bij ratten niet langer significant en valt dit nu onder de categorie 'geen significante effecten'. Verder kunnen er nog andere opmerkingen worden gemaakt over de resultaten van de NTP-studie (zie ook de opmerkingen over de NTP-studie in het document 2018_11_20 NTP Sciensano).*
- *Er kunnen ook ernstige bedenkingen worden geuit met betrekking tot het gebruikte blootstellingssysteem en de uiteindelijke blootstelling van dieren aan RF. Ten eerste is de verklaring van de auteurs dat "het blootstellingssysteem positief is beoordeeld door vertegenwoordigers van het Amerikaanse National Institute of Standards and Technology (NIST)"*

onjuist. Volgens onze informatie hebben de vertegenwoordigers van NIST de auteurs laten weten dat zij zich grote zorgen maakten over de controle van de blootstelling. Inderdaad, het gebruik van een vlakke golf in een echovrije kamer met meerdere dieren per kooi leidt tot een zeer variabele blootstelling. Ten tweede is het RF-veld de waaraan ratten werden blootgesteld in de studie van Falcioni en collega's verschillend van de methodologie die wordt angewend in goed ontworpen studies om de 'power control' na te bootsen.

- Belangrijk om op te merken is ook dat alleen de verhoogde incidentie in de hart Schwannoma's waargenomen bij de mannelijke ratten blootgesteld aan de hoogste dosis statistisch significant is in vergelijking met de controles. Alle andere conclusies zijn gebaseerd op trends, niet op statistiek. Interpretatie van de resultaten wordt ook bemoeilijkt door de zeer lage incidentie van de tumoren in de controlegroepen. Hoewel de auteurs aangeven dat het Schwannoma van het hart een zeldzame kwaadaardige tumor is die vaker voorkomt bij mannen dan bij vrouwen, lijkt dit bovendien in de huidige studie het tegenovergestelde te zijn (0 bij mannelijke controles; 4 bij vrouwelijke controles). Tot slot ontbreekt belangrijke informatie om de kwaliteit van het onderzoek goed te kunnen beoordelen:

o Informatie over hoe (inclusief de frequentie) de dieren werden geobserveerd (lichaamsgewicht, voedsel/waterconsumptie, voedsel-efficiëntie, hematologie, klinische biochemie,...) en het pathologische onderzoek werd uitgevoerd, ontbreekt. Bijgevolg is het moeilijk om te beoordelen of het onderzoek is uitgevoerd volgens bijvoorbeeld de OESO TG 451 over carcinogeniteitsstudies. Bovendien worden gegevens over water- en voedselconsumptie slechts gerapporteerd tot week 104 en voor het lichaamsgewicht tot week 136, terwijl de overleving - voor sommige dieren - tot week 152 lijkt voort te duren.

o Waarom worden 2x zoveel dieren in de controlegroep en de lage dosisgroep opgenomen in vergelijking met de twee hogere dosisgroepen? Hoe werd het aantal dieren voor deze studie geselecteerd? Werd er een statistische 'power'-analyse uitgevoerd?

o Het is niet duidelijk of alle analyses blind werden uitgevoerd (alleen aangegeven voor pathologische diagnose van Schwann celhyperplasie en Schwannoma van het hart).

Op basis van bovenstaande argumenten concluderen we dat de IARC-conclusie van 'beperkt bewijs bij dieren' nog steeds geldig is en er dus geen noodzaak is voor een herevaluatie van deze conclusie, zoals wordt gesuggereerd door de auteurs van deze studie.

Effecten op zenuwstelsel en neurologische aandoeningen

In vivo studies

Korte termijn blootstelling aan 2.1 GHz radiofrequente straling induceert significante veranderingen in de 'auditive evoked potentials' bij volwassen ratten.

Hidisoglu E, Kantar-Gok D, Ozen S, Yargicoglu P.

International journal of radiation biology. 2018 Aug 21:1-4.

Er is groeiende belangstelling voor het gebruik van radiofrequente straling (RF) als een niet-invasieve hersenstimulatiemethode. Eerder gerapporteerde gegevens toonden aan dat blootstelling aan RF een verandering in hersentrillingen veroorzaakte. Het doel van deze studie was daarom om de effecten van RF op hersenosillatie te onderzoeken door de auditieve respons van verschillende hersengebieden bij ratten te meten.

Ratten werden willekeurig ingedeeld in drie groepen (n = 12 per groep): Kooi controle (C), ratten met schijnblootstelling (Sh) en ratten blootgesteld aan een RF van 2,1 GHz gedurende 2 uur/dag over een periode van 7 dagen. Aan het einde van de blootstellingsperiode, werden de 'auditive evoked potentials (AEPs)' geregistreerd op verschillende plaatsen bij de ratten. Latentieperiodes en amplitudes van AEPs, opgeroepen vermogen, inter-trial fase synchronisatie en auditief uitgelokte gamma reacties werden verkregen in reactie op een auditieve stimulus. Bovendien werden de TBARS-gehaltenes en de expressieniveaus van 4-HNE, GFAP, iNOS en nNOS geëvalueerd in alle groepen.

Piek-tot-piek amplitudes van AEPs waren significant hoger in de RF-groep in vergelijking met de Sh-groep. Er was geen significant verschil in piek latenties van AEPs tussen groepen. Bovendien waren het opgeroepen vermogen, de inter-trial fase synchronisatie, en de auditief uitgelokte gamma reacties significant hoger in de RF-groep in vergelijking met de Sh-groep. Daarnaast vertoonde de RF-groep significant lagere TBARS en 4-HNE-waarden dan de Sh-groep. Er waren geen significante verschillen in de expressieniveaus van GFAP, nNOS en iNOS tussen de groepen, en in geen enkel van de parameters tussen de C- en RF-groepen.

De huidige bevindingen suggereren dat de korte termijn RF-behandeling onder de huidige experimentele omstandigheden een statistisch significant effect heeft op de neuronale netwerken van de rat vermoedelijk door het verminderen van de oxidatieve schade. Dit effect moet echter verder worden bestudeerd voor mogelijke niet-invasieve hersenstimulatie.

Hippocampus lipidoom en transcriptoom profielwijzigingen veroorzaakt door acute blootstelling van muizen aan GSM 1800 MH z mobiele telefoon straling: Een verkennende studie.

Fragopoulou AF, Polyzos A, Papadopoulou MD, Sansone A, Manta AK, Balafas E, Kostomitsopoulos N, Skouroliahou A, Chatgialiloglu C, Georgakilas A, Stravopodis DJ.

Brain and behavior. 2018 Jun: e01001.

Het wijdverspreide gebruik van draadloze apparaten gedurende de laatste decennia geeft aanleiding tot bezorgdheid over de negatieve gezondheidseffecten van de radiofrequente elektromagnetische straling (RF-EMR) die door deze apparaten wordt uitgezonden. Recent onderzoek richt zich op het ontrafelen van de onderliggende mechanismen van RF-EMR en potentiële cellulaire doelwitten. De "omics" high-throughput benaderingen zijn krachtige instrumenten om de globale effecten van RF-EMR op de cellulaire fysiologie te onderzoeken.

In deze studie werden C57BL/6 volwassen mannelijke muizen gedurende 2 uur blootgesteld ($n_{\text{Exp}} = 8$) aan GSM 1800 MHz mobiele telefoon straling met een gemiddeld elektrisch veld intensiteitsbereik van 4,3-17,5 V/m. Er werd ook een schijnblootstellingsgroep opgenomen in de studie ($n_{\text{SE}} = 8$). Na 6 uur werden de RF-EMR-effecten op de hippocampale lipidoom en transcriptoom profielen beoordeeld.

Analyse van de gegevens van de fosfolipide vetzuur residuen toonde aan dat er significante wijzigingen zijn ($p < 0,05$) in de niveaus van vier vetzuren [16:0, 16:1 (6c + 7c), 18:1 9c, eicosapentaenzuur omega-3 (EPA, 20:5 ω 3)] en in de som van zowel de verzadigde en mono-onverzadigde vetzuren (SFA en MUFA) in de blootgestelde groep. De waargenomen veranderingen wijzen op een membraan remodellerende reactie van de weefselfosfolipiden na blootstelling aan niet-ioniserende straling, wat leidt tot een vermindering in de SFA en EPA, daar waar er een verhoging optreedt in de MUFA-residuen. De analyse van de microarray gegevens toonde aan dat de expressie van 178 genen significant veranderde ($p < 0.05$) tussen de twee groepen. De betrokken genen spelen een rol bij kritieke biologische processen, zoals celcyclus, DNA-replicatie en herstel, celdood, cel signalering, ontwikkeling en functie van het zenuwstelsel, immuunsysteem respons, vetmetabolisme, en carcinogenese.

Conclusie: Deze studie levert voorlopig bewijs dat mobiele telefoon straling hippocampus lipidoom en transcriptoom veranderingen induceert die een verklaring zouden kunnen geven voor de proteoom veranderingen in de hersenen en de geheugenstoornissen die eerder werden aangetoond door deze onderzoeksgroep.¹

In vitro studies

Verminderde spontane elektrische activiteit in neuronale netwerken blootgesteld aan radiofrequente 1800 MHz stralingssignalen.

El Khoueir C, Moretti D, Renom R, Camera F, Orlacchio R, Garenne A, Poullétier de Gannes F, Poque-Haro E, Lagroye I, Veyret B, Lewis N.

J Neurophysiol. 2018 Aug 22. doi: 10.1152/jn.00589.2017. [Epub ahead of print]

De enige biologische effecten van radiofrequente velden (RF) die tot nu toe werden geïdentificeerd, worden veroorzaakt door opwarming ten gevolge van de straling. Er blijven echter vragen bestaan over de potentiële niet-thermische biologische effecten, vooral op het centrale zenuwstelsel (CNS). Er werd reeds een daling gerapporteerd in de 'bursting and firing rates' in neuronale culturen die gedurende 3 min werden blootgesteld aan een gsm-RF-veld van 1800 MHz (Moretti et al. 2013). Het doel van de huidige

¹ Zie bij voorbeeld :

Fragopoulou AF, Samara A, Antonelou MH, Xanthopoulou A, Papadopoulou A, Vougas K, Koutsogiannopoulou E, Anastasiadou E, Stravopodis DJ, Tsangaris GT, Margaritis LH. Brain proteome response following whole body exposure of mice to mobile phone or wireless DECT base radiation. *Electromagn Biol Med*. 2012 Dec;31(4):250-74.
Fragopoulou AF, Miltiadous P, Stamatakis A, Stylianopoulou F, Koussoulakos SL, Margaritis LH. Whole body exposure with GSM 900MHz affects spatial memory in mice. *Pathophysiology*. 2010 Jun;17(3):179-87.

studie was om de dosis-responsrelatie voor dit effect te evalueren, en daarnaast de potentiële differentiële respons te identificeren die wordt opgewekt door puls-gemoduleerde gsm- en continuous wave (CW) RF-velden. De spontane 'bursting' activiteit in neuronale culturen afkomstig van de embryonale cortex van de rat werd opgenomen met behulp van 60-elektrode Multi Electrode Arrays (MEAs). Op dag 17-28 na het opstarten van de in vitro cultuur, werden de neuronale culturen blootgesteld aan RF-straling gedurende 15 minuten met SARs (Specific Absorption Rates), variërend van 0,01 tot 9,2 W/kg. Zowel gsm- als CW-signalen veroorzaakten een duidelijke daling van de 'bursting' snelheid tijdens de RF-blootstellingsfase. Dit effect werd nog duidelijker bij toenemende SAR en bleef bij de hoogste SAR-niveaus zelfs aanhouden na het beëindigen van de blootstelling. Bovendien was de amplitude van het effect groter met het gsm-sigitaal. Deze experimentele resultaten leveren bewijs voor dosisafhankelijke effecten van RF-signalen op de 'bursting rate' van neuronale culturen en suggereren dat een deel van het mechanisme niet-thermisch is.

Beschermend effect van een 1950 MHz elektromagnetisch veld in menselijke neuroblastoom cellen blootgesteld aan menadione.

Falone S, Sannino A, Romeo S, Zeni O, Rispoli R, Amicarelli F, Scarfi MR.
Scientific reports. 2018 Sep 5;8(1):13234.

Deze studie heeft tot doel na te gaan of een 1950 MHz-radiofrequent (RF) elektromagnetisch veld de menselijke neuroblastoom SH-SY5Y cellen zou kunnen beschermen tegen een latere behandeling met menadione (MD), een chemisch agens dat DNA-schade veroorzaakt door de vorming van reactieve soorten zuurstof. Cellen werden vooraf gedurende 20 uur blootgesteld aan een specifieke absorptiesnelheid van 0,3 of 1,25 W/kg. Drie uur na het beëindigen van de blootstelling werden de cellen gedurende 1 uur behandeld met 10 μ M MD. Er werden geen verschillen waargenomen tussen schijn- en RF-blootgestelde cellen. Er werd wel een statistisch significante vermindering gedetecteerd in de door MD veroorzaakte DNA-schade bij cellen die vooraf werden blootgesteld aan 0,3 of 1,25W/kg ($P < 0,05$). Bovendien toonden de analyses van de genexpressie aan dat de voorafgaande blootstelling aan RF het dramatische verlies van glutathionperoxidase gebaseerde antioxidanten die door MD werd geïnduceerd, bijna volledig onderdrukte en tegelijkertijd de genexpressie van op katalase-gebaseerde antioxidantenbescherming sterk verbeterde. Daarnaast onderdrukte RF- de MD-afhankelijke down-regulatie van oxoguanine DNA-glycosylase, een kritisch DNA-herstellend enzyme. Deze resultaten suggereren dat voorafgaande blootstelling aan RF, de MD-afhankelijke oxidatieve DNA-schade vermindert, vermoedelijk door het verbeteren van de antioxidant scavenging efficiëntie en het DNA-herstelvermogen. De studie geeft meer inzicht in de moleculaire mechanismen die aan de basis liggen van de RF-geïnduceerde adaptieve respons in menselijke neuroblastoomcellen die worden blootgesteld aan MD.

Opmerkingen over effecten op zenuwstelsel en neurologische aandoeningen

Er werden verschillende In vitro en in vivo studies over zowel potentieel gunstige als schadelijke effecten van RF op het zenuwstelsel gepubliceerd. Geen van de studies laat echter toe om directe conclusies te trekken over de impact van RF op het zenuwstelsel, aangezien ze ofwel verkennend van aard zijn, ofwel de experimentele condities niet duidelijk beschrijven. Sommige van de gerapporteerde effecten zijn van voorbijgaande aard en komen alleen voor op het moment van blootstelling. Bovendien moeten in het bijzonder de resultaten van in vitro studies met de nodige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd, aangezien de complexiteit van het zenuwstelsel op dit moment niet kan worden nagebootst in een celsysteem. In het algemeen kan worden gesteld dat verder onderzoek nodig is, om de verschillende hypothesen van de onderzoekers te testen.

Reproductieve en ontwikkelingseffecten

In vivo studies

1800 MHz radiofrequentievelden inhiberen testosteronproductie via CaMKI /ROR α -route.

Qin F, Cao H, Yuan H, Guo W, Pei H, Cao Y, Tong J.

Reprod Toxicol. 2018 Oct;81:229-236. doi: 10.1016/j.reprotox.2018.08.014. Epub 2018 Aug 17.

Blootstelling aan radiofrequente velden (RF) werd reeds gelinkt met aan negatieve effecten op de testosteronproductie en het dagelijkse ritme. De onderliggende mechanismen van deze effecten blijven echter onbekend. In deze studie werden mannelijke muizen over een periode van 32 dagen, gedurende 2 uur per dag blootgesteld aan 1800 MHz radiofrequente velden (RF, 40 μ W/ m² vermogen intensiteit en 0,0553 W/kg SAR). De resultaten suggereren dat RF-blootstelling: (i) detestosteronniveaus significant vermindert, (ii) de expressie van genen die betrokken zijn bij de testosteroonsynthese (Star, P450scc, P450c17 en 3 β -Hsd) in het testikelweefsel wijzigt, (iii) het regulerende eiwit CaMKI/ROR α significant vermindert. Gelijkaardige veranderingen werden waargenomen in culturen van primaire Leydig cellen die in vitro werden blootgesteld aan RF. Al deze effecten werden echter geblokkeerd door de CaMK-inhibitor, KN-93, en ionomycine draaide de down-regulerende effecten op intracellulaire [Ca²⁺]_i en de CaMKI/ROR α expressie veroorzaakt door RF-blootstelling om. Deze gegevens leveren zo het bewijs dat RF-geïnduceerde inhibitie van de testosteroonsynthese mogelijk wordt gemedieerd via de CaMKI/ROR α signaalweg. Conclusie: de CaMKI/ROR α signaalweg is betrokken bij de inhibitie van de testosteroonsynthese veroorzaakt door RF-blootstelling.

Meting van de *in vivo* effecten van 100 MHz EMF-straling op de embryonale ontwikkeling van zebrafish D. rerio: Een multidisciplinaire studie.

Piccinetti CC, De Leo A, Cosoli G, Scalise L, Randazzo B, Cerri G, Olivotto I.

Ecotoxicol Environ Saf. 2018 Jun 15;154:268-279. doi: 10.1016/j.ecoenv.2018.02.053. Epub 2018 Feb 22.

De toegenomen blootstelling van zowel het milieu als de mens aan elektromagnetische golven en het daarmee gepaard gaande gebrek aan een duidelijke kennis over de biologische effecten van deze straling, heeft geleid tot een groeiende publieke belangstelling voor elektromagnetische pollutie. Het doel van de huidige studie is daarom om de biologische effecten van 100 MHz radiofrequente blootstelling aan elektromagnetische velden (RF-EMF) op zebravisembryo's (ZF) te evalueren via een multidisciplinair protocol. Op basis van de gedeelde 'synteny' tussen het genoom van de mens en ZF wordt ZF vaak gebruikt in biomedisch onderzoek, de toxicologie en biologische ontwikkelingsstudies. Ook in de huidige studie werd ZF geselecteerd als experimenteel model en er werden een meetprotocol en biologische analyses opgezet, om een duidelijk onderscheid te kunnen maken tussen RF-EMF biologische en thermische effecten. De resultaten tonen aan dat een 100 MHz EMF in staat is om de embryonale ontwikkeling van ZF te beïnvloeden, van 24 tot 72 uur na de bevruchting (hpf) in alle geanalyseerde pathways. In het bijzonder op 48 uur na de bevruchting, werd een verminderde groei, een verhoogde transcriptie van oxidatieve stressgenen, het begin van apoptotische/autofagische processen en een wijziging in het cholesterol metabolisme gedetecteerd. ZF-embryo's reageerden op de stress geïnduceerd door EMF-straling door het activeren van detoxificatiemechanismen. 72u na de bevruchting vertoonden de ZF een gedeeltelijk herstel van de stress waardoor ze de broedtijd bereikten op een vergelijkbare manier de de controlegroep. De resultaten van de huidige studie tonen duidelijk de in vivo effecten van RF-EMF aan in een diermodel waarbij thermische effecten worden uitgesloten. Bijgevolg kan de studie worden beschouwd als uitgangspunt voor meer uitgebreide studies naar de dosis-respons effecten van elektromagnetische velden straling.

In vitro studies

In vitro onderzoek naar de oorsprong van 1.800 MHz radiofrequentie-elektromagnetische straling geïnduceerde schade in onsterfelijke muis kiemcellen en spermatozoön.

Houston BJ, Nixon B, King BV, Aitken RJ, De Iuliis GN.

Front Public Health. 2018 Sep 21;6:270. doi: 10.3389/fpubh.2018.00270. eCollection 2018.

Aangezien mobiele telefoontoestellen nu zeer courant worden gebruikt, hebben veel studies getracht om de effecten van de radiofrequentie-elektromagnetische straling (RF-EMR) op de gezondheid en de biologie van de mens te evalueren. Hoewel verschillende van dergelijke studies hebben aangetoond dat RF-EMR in staat is om cellulaire stress te induceren, blijft de fysiobiologische oorsprong van deze stress grotendeels onbekend. Om het effect van RF-EMR op het mannelijke voortplantingssysteem te onderzoeken, werden daarom zowel muis spermatogoniale GC1 en spermatoct GC2 cellen als cauda epididymale spermatozoa blootgesteld aan een golfgeleider die continue RF-EMR golven (1,8 GHz; 0,15 en 1,5 W/kg) genereert. De huidige studie toont aan dat een blootstelling van 4 uur in staat is om de vorming van mitochondriale reactieve zuurstofsoorten (ROS) te induceren in populaties van GC1- (7 vs. 18%; $p < 0.001$) en GC2-cellen (11,5 vs. 16 %; $p < 0,01$), met Complex III van de elektronen transportketen (ETC) als mogelijke bron van elektronen-producerende ROS. Door de vorming van ROS te evalueren in de

aanwezigheid van een antioxidant, penicillamine, en de lipidenperoxidatie te bepalen door het meten van de 4-hydroxynonenal gehaltes, kon eveneens worden aangetoond dat de verhoogde vorming van ROS onder deze blootstellingsomstandigheden niet noodzakelijk een duidelijke cellulaire oxidatieve stressrespons induceert. Blootstelling aan RF-EMR bij 0,15 W/kg gedurende 3 uur resulteerde echter in een significante fragmentatie van het DNA in spermatozoa (deze was niet langer significant na 4 uur) in de alkalische komeetttest ($p < 0,05$). Bovendien ging deze fragmentatie gepaard met een inductie van oxidatieve DNA-schade in de vorm van 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine. Deze stijging was significant ($p < 0,05$) nadat spermatozoön gedurende 4 uur werden blootgesteld aan RF-EMR. Op dit moment van blootstelling werd ook een afname in de motiliteit van het sperma ($p < 0,05$) waargenomen. Deze studie levert nieuwe gegevens voor het ontrafelen van de mechanismen die verantwoordelijk zijn voor de effecten van RF-EMR op biologische systemen, waarbij Complex III van de mitochondriale ETC werd geïdentificeerd als een mogelijk doelwit van deze straling.

Opmerkingen over reproductieve en ontwikkelingseffecten

Er werden twee in vivo studies en één in vitro studie gepubliceerd over de mogelijke schadelijke reproductieve of ontwikkelingseffecten van RF-straling. De effecten op de ontwikkeling waren van voorbijgaande aard en er zijn bijgevolg meer gegevens nodig om de relevantie van deze effecten voor de mens te onderzoeken. In het algemeen is verder onderzoek nodig om de verschillende verklarende hypothesen van de onderzoekers te testen.

Andere effecten

In vivo studies

Effecten van een 1.8 GHz radiofrequentieveld op de microstructuur en het botmetabolisme van de femur bij muizen.

Guo L, Zhang JP, Zhang KY, Wang HB, Wang H, An GZ, Zhou Y, Meng GL3 Ding GR.

Bioelectromagnetics. 2018 Jul;39(5):386-393. doi: 10.1002/bem.22125. Epub 2018 Apr 30.

Om de effecten van een 1,8 GHz radiofrequentie (RF) veld op de botmicrostructuur en het metabolisme van de femur bij muizen te onderzoeken, werden C57BL/6 muizen (mannelijk, leeftijd 4 weken) blootgesteld aan een 1,8 GHz RF-veld. Specifieke absorptiesnelheden van het hele lichaam en het bot waren ongeveer 2,70 en 1,14 W/kg (6 uur/dag, gedurende 28 dagen). Na blootstelling werden de microstructuur en de morfologie van het dijbeen bestudeerd aan de hand van microcomputertomografie (micro-CT) en de hematoxyline en Eosine (HE) en Massonkleuringen. Vervolgens werden de botparameters direct berekend op basis van de gereconstrueerde beelden, waaronder de structuurmodelindex, botmineraaldichtheid, connectiviteitsdichtheid, trabeculair aantal, trabeculair

botvolume/totaal volume, trabeculaire dikte en trabeculaire scheiding. Biomerkers die het botmetabolisme weerspiegelen, zoals totaal alkalische fosfatase in het serum (ALP), bot-specifiek alkalische fosfatase (BALP), en tartraat-resistent zuurfosfatase 5b (TRACP-5b), werden bepaald met biochemische testmethoden. Micro-CT en histologische resultaten toonden aan dat er geen significante verandering was in de botmicrostructuur en de bovenstaande parameters in de RF-groep in vergelijking met de schijnblootstellingsgroep. De activiteit van serum ALP en BALP steeg met 29,47% en 16,82%, respectievelijk in de RF-groep ten opzichte van de schijnblootstellingsgroep ($P < 0,05$). Bovendien waren er geen significante verschillen in de activiteit van serum TRACP-5b tussen de RF-groep en de schijnblootstellingsgroep. Bijgevolg werden onder de huidige experimentele omstandigheden geen aanwijzingen gevonden voor een effect van een 1,8 GHz RF-veld op de botmicrostructuur. De straling zou echter wel de metabole functie van osteoblasten in muizen kunnen bevorderen.

Radiofrequentiestraling uitgezonden door Wi-Fi (2,4 GHz) veroorzaakt een verstoorde insulinesecretie en verhoogde oxidatieve stress in de pancreas-eilandjes van de rat.

Masoumi A, Karbalaeei N, Mortazavi SM, Shabani M.

International journal of radiation biology. 2018 Aug 10:1-8.

Er bestaat grote bezorgdheid over de mogelijke ongewenste effecten van elektromagnetische straling (EMR). Deze studie onderzocht de effecten van EMR geïnduceerd door wifi (2,45 GHz) op de insulinesecretie en de antioxidant redox systemen in de pancreas van de rat.

Volwassen mannelijke Sprague-Dawley ratten (230 - 260g) werden verdeeld in controle-, schijn- en wifi blootgestelde groepen. Na langdurige blootstelling (4 uur/dag gedurende 45 dagen) aan wifi-EMR, werden de plasmagehaltes aan glucose en insuline bepaald tijdens een intraperitoneale glucosetolerantietest. De insulineafscheiding en inhoud van de eilandjes, de lipidenperoxidatie, en de anti-oxiderende status in de pancreas van de ratten werden bepaald.

De gegevens toonden aan dat de gewichtstoename in de aan wifi blootgestelde groep significant lager was dan in de controlegroep ($p < 0,05$). De wifi (2,45 GHz) - blootgestelde groep vertoonde hyperglykemie. De plasma-insulinespiegel en de glucosegestimuleerde insulinesecretie door de pancreaseilandjes waren significant gedaald in de aan wifi blootgestelde groep. EMV uitgezonden door wifi veroorzaakte een significante toename in de lipidenperoxidatie en een significante afname in het GSH-gehalte, SOD en GPx activiteiten van de pancreas.

Deze gegevens toonden aan dat EMR van wifi leidt tot hyperglykemie, verhoogde oxidatieve stress en verminderde insulinesecretie in de pancreaseilandjes van de rat.

In vitro studies

/

Opmerkingen over andere effecten

De relevantie van beide studies voor de beoordeling van de mogelijke schadelijke gevolgen van RF-straling voor de menselijke gezondheid is zeer beperkt. Voor de tweede studie kunnen bijvoorbeeld geen goede conclusies worden getrokken door het gebrek aan informatie over voedsel- en waterconsumptie en het ontbreken van blinde omstandigheden.